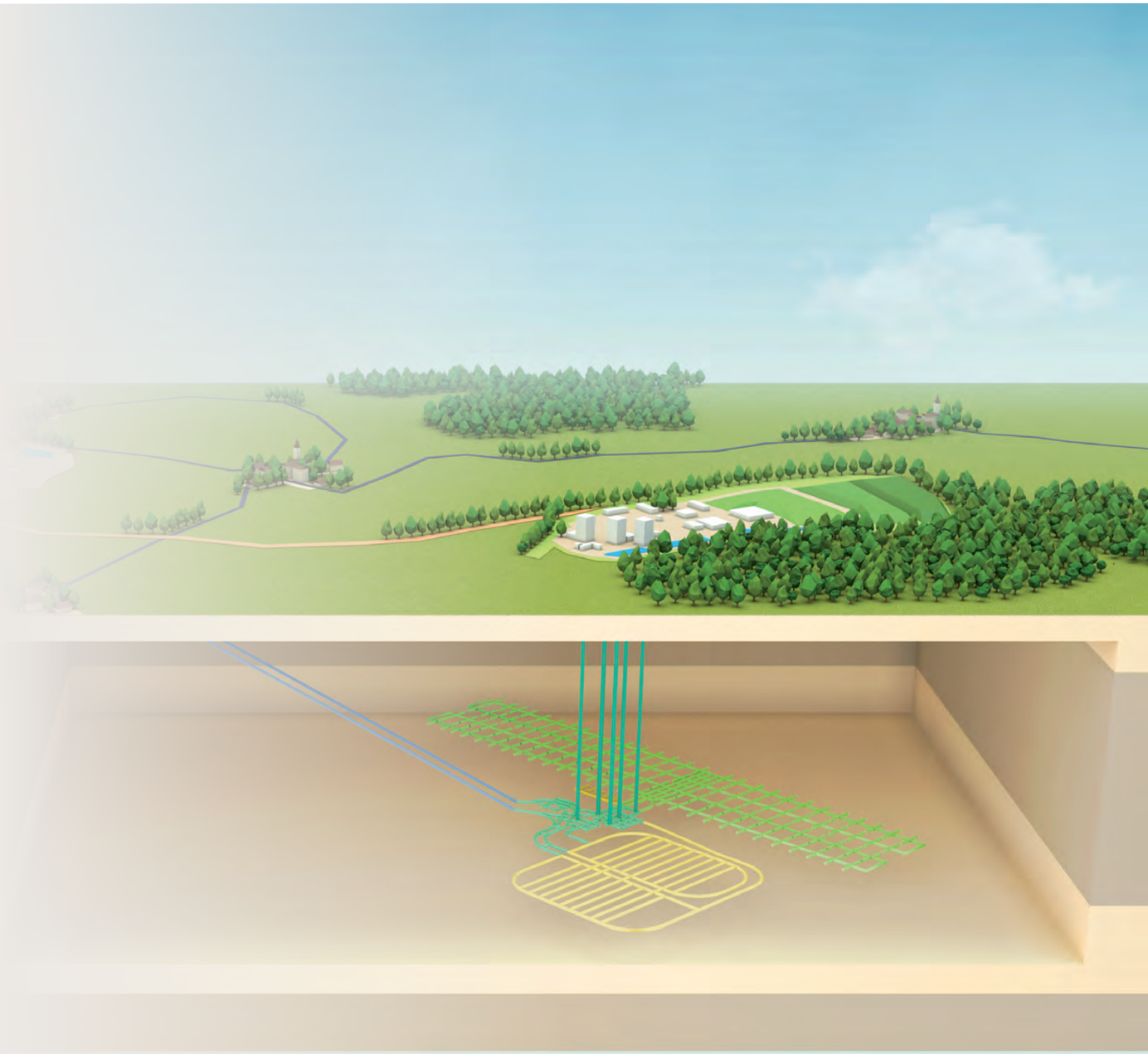
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ANDRA
Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Décembre 2022

DOSSIER D'AUTORISATION DE CRÉATION DE L'INSTALLATION NUCLÉAIRE DE BASE (INB) CIGÉO



PIÈCE 6

Étude d'impact du projet global Cigéo

Volume 3

État actuel de l'environnement
et facteurs susceptibles d'être affectés
par le projet

Chapitres 1 à 5

Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo

Pièce 6 : Étude d'impact du projet global Cigéo
Volume 3 : État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet
Chapitres 1 à 5

CG-TE-D-EDM-AMOA-ESE-0000-22-0005/A

Sommaire

1. Méthodologie d'analyse de l'état initial 7

1.1 Définition de l'état initial 8
1.2 Hiérarchisation des enjeux 8
1.3 Typologie des aires d'étude 8

2. Atmosphère – État initial 11

2.1 Aires d'étude et stations de référence 12
2.1.1 Aires d'étude 12
2.1.2 Les stations météorologiques de référence 12
2.2 Documents de planification climat – air – énergie 12
2.2.1 Contexte 12
2.2.2 Les plans nationaux 13
2.2.3 Les plans locaux 14
2.2.4 Synthèse sur les documents de planification climat – air – énergie 18
2.3 Conditions météorologiques locales 19
2.3.1 Précipitations 19
2.3.2 Températures 21
2.3.3 Vitesse et direction du vent 22
2.3.4 Hygrométrie 23
2.3.5 Durée d'ensoleillement 24
2.3.6 Évapotranspiration 24
2.3.7 Risques météorologiques 25
2.3.8 Effet du changement climatique sur les risques météorologiques 26
2.3.9 Synthèse des conditions météorologiques locales 26
2.4 Énergie et gaz à effet de serre 27
2.4.1 Profil énergétique 27
2.4.2 Potentiel en énergies renouvelables 28
2.4.3 Émissions de gaz à effet de serre 30
2.4.4 Séquestration carbone 31
2.4.5 Synthèse sur l'énergie et les gaz à effet de serre 34
2.5 Qualité de l'air 34
2.5.1 Paramètres conventionnels 35
2.5.2 Radioactivité dans l'air 48
2.5.3 Synthèse de l'état initial de la qualité de l'air 52

3. Sol – État initial 53

3.1 Définitions et aires d'étude 54
3.2 Géomorphologie 54
3.2.1 Détails du relief dans l'aire d'étude éloignée 54
3.2.2 Détails du relief de l'aire d'étude rapprochée 57
3.2.3 Détails du relief de l'aire d'étude immédiate 57
3.3 Occupation des sols 60
3.4 Pédologie 62
3.4.1 Formation des sols 62
3.4.2 Distribution des types de sols 62
3.4.3 Caractéristiques physiques des sols 63
3.4.4 Caractéristiques chimiques des sols 63
3.4.5 Caractéristiques biologiques des sols 69
3.4.6 Caractéristiques radiologiques des sols 69
3.5 Sites et sols pollués ou potentiellement pollués 71
3.5.1 Sites BASIAS 71
3.5.2 Sites BASOL 74
3.5.3 Secteurs d'information sur les sols (SIS) 74
3.5.4 Autres sources de pollutions potentielles au niveau des emprises du projet global Cigéo 74
3.6 Synthèse concernant les sols 75

4. Sous-Sol – État initial 77

4.1 Aires d'étude 78
4.2 Tectonique 79
4.2.1 Rappel sur le contexte tectonique de la France 80
4.2.2 Contexte tectonique de l'aire d'étude éloignée 80
4.2.3 Contexte tectonique de la zone d'Intérêt pour la recherche approfondie et de la zone d'Implantation des ouvrages souterrains 82
4.2.4 Contexte tectonique de l'aire d'étude rapprochée 82
4.3 Stratigraphie 84
4.3.1 Formations affleurantes le long de la ligne électrique 400 kV 86
4.3.2 Stratigraphie dans l'aire d'étude éloignée 87
4.4 Caractéristiques radiologiques du sous-sol 93
4.4.1 Potassium 40 (^{40}K) 93
4.4.2 Isotopes du thorium (Th) et de l'uranium (U) 93
4.4.3 Synthèse de l'état initial radiologique des couches géologiques 93
4.5 Caractéristiques radiologiques des eaux porales du Callovo-Oxfordien 94
4.6 Ressources naturelles potentielles du sous-sol 94
4.6.1 Ressources naturelles au droit de la ligne électrique 400 kV 94
4.6.2 Les matériaux de carrière dans l'aire d'étude éloignée 94
4.6.3 Les minerais dans l'aire d'étude éloignée 95
4.6.4 Le charbon dans l'aire d'étude éloignée 95
4.6.5 Les hydrocarbures dans l'aire d'étude éloignée 95
4.6.6 La géothermie dans l'aire d'étude éloignée 95
4.7 Risques naturels liés à la géologie 97
4.7.1 Risques de mouvements de terrain 97
4.7.2 Risque sismique d'origine naturelle ou anthropique 100
4.8 Synthèse concernant le sous-sol 102

5. Eaux – État initial 105

5.1 Aires d'étude 106
5.2 Outils de planification et de réglementation de la gestion des eaux 108
5.2.1 Directive-cadre européenne sur l'eau (DCE) 108
5.2.2 Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 108
5.2.3 Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau 110

5.2.4 Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires Grand Est 110
5.2.5 Contrat de milieu 111
5.2.6 Directive Nitrates 111
5.2.7 Classement des cours d'eau réservoir de biodiversité et corridor 111
5.2.8 Zone de répartition des eaux superficielles et souterraines 111
5.2.9 Plan de gestion des risques d'inondation 111
5.2.10 Synthèse concernant les outils de planification de gestion des eaux 112

5.3 Eaux souterraines 113

5.3.1 Les « masses d'eaux » souterraines 113
5.3.2 Les aquifères 118
5.3.3 Caractérisation de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines 125
5.3.4 Utilisation des eaux souterraines 134
5.3.5 Risque d'inondation par remontée de nappe 150
5.3.6 Interfaces eaux souterraines et eaux superficielles 152
5.3.7 Synthèse concernant l'état actuel des eaux souterraines 157

5.4 Eaux superficielles 158

5.4.1 Réseau hydrographique 158
5.4.2 Caractéristiques hydrologiques et hydromorphologiques des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo 180
5.4.3 Caractéristiques des plans d'eau concernés par le projet global Cigéo 210
5.4.4 Qualité des eaux superficielles 213
5.4.5 Utilisation des eaux superficielles 231
5.4.6 Risques d'inondation 238
5.4.7 Synthèse concernant les eaux superficielles 255

Tableau de traçabilité des principales évolutions de fond de l'étude d'impact 257

Tables des illustrations 261

Références bibliograpiques 267

Préambule

L'étude d'impact du projet global Cigéo est constituée de sept volumes pour l'étude elle-même et d'un résumé non technique de ces sept volumes.

	ÉTUDE D'IMPACT	
RNT	Résumé non technique de l'étude d'impact	
VOLUME I	Introduction et contexte réglementaire	
VOLUME II	Justification et description du projet global Cigéo	
VOLUME III	**État initial de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet**	
	Partie 1 : chapitres 1 à 5	**1 - Méthodologie d'analyse de l'état initial/2 – Atmosphère/3 – Sol/4 - Sous-sol/ 5 - Eaux**
	Partie 2 : chapitres 6 à 8	6 - Biodiversité et milieu naturel/7 – Population, emploi, activités économiques et habitat/8 - Activités agricoles et sylvicoles
	Partie 3 : chapitres 9 à 17	9 – Réseaux/10 - Déchets radioactifs et conventionnels/11 – Risques/12 - Infrastructures de transport/13 - Cadre de vie/14 - Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs/15 - Planification territoriale et aménagement du territoire/16 - Interactions entre les différents milieux de l'environnement/17 - Synthèse des facteurs susceptibles d'être affectés par le projet global Cigéo et hiérarchisation des enjeux
	Partie 4	Annexes au volume III
VOLUME IV	Évaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences	
	Partie 1 : chapitres 1 à 5	1 - Méthodologie d'analyse des incidences/2 – Atmosphère/3 – Sol/4 - Sous-sol/ 5 - Eaux
	Partie 2 : chapitres 6 à 8	6 - Biodiversité et milieu naturel/7 – Population, emploi, activités économiques et habitat/8 - Activités agricoles et sylvicoles
	Partie 3 : chapitres 9 à 22	9 – Réseaux/10 - Déchets radioactifs et conventionnels/11 – Risques/12 - Infrastructures de transport/13 - Cadre de vie/14 - Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs/15 - Planification territoriale et aménagement du territoire (y compris urbanisme) - Compatibilité avec les documents de planification territoriales/16 - Interactions et effets cumulés/17 - Meilleures techniques disponibles/18 - Incidences des opérations de démantèlement et de fermeture et incidences après fermeture définitive/19 - Nature et modalités de suivi des mesures environnementales et de surveillance/20 - Estimation des dépenses liées aux mesures prises pour l'environnement/21 - Évolution de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet et en son absence/22 - Synthèse des incidences du projet global Cigéo sur l'environnement
	Partie 4	Annexes au volume IV
VOLUME V	Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000	
VOLUME VI	Évaluation des incidences sur la santé humaine	
VOLUME VII	Présentation des méthodes de réalisation de l'étude d'impact	

Conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement, ce **volume III** décrit l'état initial de l'environnement sur les périmètres concernés par le projet global Cigéo et son évolution.

Afin de mettre en lumière les spécificités du territoire, il s'organise autour des chapitres présentés dans le tableau ci-contre.

Chaque facteur, présenté dans les chapitres 2 à 15, est décrit de manière proportionnée à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet. Les éléments exposés s'appuient sur des données fournies par les organismes publics et sont approfondis chaque fois que nécessaire par des études menées par l'Andra et ses partenaires.

Les éléments relatifs à l'évolution future des facteurs de l'environnement sont présentés dans le volume IV où sont analysées en parallèle l'évolution sans le projet et l'évolution avec le projet.

Le présent document constitue la partie 1 du Volume III.

ÉTUDE D'IMPACT ET PROJET GLOBAL CIGÉO

La présente étude d'impact jointe au dossier de demande d'autorisation de création (DAC) du centre de stockage Cigéo est la première actualisation de l'étude d'impact du projet global Cigéo. La version initiale était jointe au dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo, délivrée en juillet 2022 (1). Cette nouvelle version apporte notamment plus de détails sur les incidences de la création de l'installation nucléaire de base (INB).

L'étude d'impact identifie et apprécie les incidences sur l'environnement du projet global Cigéo comprenant le centre de stockage Cigéo et l'ensemble des opérations (activités, installations, ouvrages, travaux et aménagements) nécessaires à la réalisation et à l'exploitation du centre de stockage Cigéo. Ces opérations sont menées par l'Andra et par d'autres maîtres d'ouvrage.

En raison de la nature et de la dimension du centre de stockage Cigéo, ses incidences sur l'environnement constituent la part majeure des incidences du projet global, même si les opérations des autres maîtres d'ouvrages sont également susceptibles d'avoir des incidences sur l'environnement.

Au stade de cette première actualisation de l'étude d'impact, les opérations des autres maîtres d'ouvrages liées au fonctionnement du centre de stockage Cigéo ne sont pas aux mêmes stades d'avancement de leurs conceptions et de leurs processus de concertation et de validation. L'analyse de leur impact est donc proportionnée à leur stade d'avancement respectif. Une des évolutions majeures de cette première actualisation est l'intégration des éléments en lien avec l'étude de maitrise des risques (cf. « Pièce 8 – Étude de maîtrise des risques » de la présente demande d'autorisation de création (DAC) de l'INB Cigéo (2)), qui présente l'inventaire des risques de l'installation projetée ainsi que l'analyse des dispositions prises pour prévenir ces risques et des mesures propres à limiter la probabilité des accidents et leurs effets.

Compte tenu des nombreuses autorisations qui sont nécessaires à la réalisation du projet global Cigéo (autorisation de création d'une installation nucléaire de base, autorisations environnementales, permis de construire…), la présente étude d'impact sera actualisée préalablement à chaque dépôt de demande d'autorisation à venir. Ces actualisations permettront d'assurer la qualité de l'évaluation des incidences environnementales du projet global Cigéo, à chaque étape de sa conception et de sa réalisation.

Les maîtres d'ouvrage assureront collectivement, au travers desdites actualisations, l'évaluation des incidences du projet global Cigéo, y compris la définition des mesures d'évitement, de réduction, et le cas échéant de compensation.

1

Méthodologie d'analyse de l'état initial

1.1 Définition de l'état initial 8
1.2 Hiérarchisation des enjeux 8
1.3 Typologie des aires d'étude 8

1.1 Définition de l'état initial

L'analyse de l'état initial de l'environnement consiste à faire le diagnostic de l'existant et du fonctionnement global et dynamique du territoire d'implantation du projet global Cigéo. L'état initial aborde tous les thèmes et facteurs de l'environnement, de façon à disposer des données nécessaires et suffisantes à l'évaluation des incidences du projet.

Ce caractère exhaustif de l'état initial de l'environnement n'implique pas pour autant de mener le même degré d'approfondissement géographique ou thématique pour tous les facteurs. L'état initial s'affine également selon la progressivité des études et des incidences potentielles. Conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement, « *Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet*, à *l'importance et la nature des travaux, ouvrages et autres interventions* » et de « *leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine* ».

L'état initial est basé sur des connaissances bibliographiques et des investigations de terrain.

Les données collectées et les études réalisées permettent de qualifier, voire quantifier, l'état de l'environnement pour la thématique étudiée (appelée dans cette étude d'impact « facteur », conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement) et d'en apprécier, si possible, les dynamiques d'évolution, afin de mettre en évidence les enjeux territoriaux.

1.2 Hiérarchisation des enjeux

» L'ENJEU

L'enjeu est la valeur environnementale intrinsèque des milieux traversés au vu de leur état et de leur dynamique d'évolution, l'évolution naturelle des milieux et de l'évolution en fonction des pressions extérieures. Cet enjeu est aussi dépendant de l'intérêt que porte la société aux différents facteurs de l'environnement du fait des avantages et ressources qu'elle en retire. Ainsi, la société humaine préfère par exemple un climat équilibré et régulier qui facilite son activité. Le maintien d'une bonne qualité de l'air ou de l'eau est une des préoccupations sociétales principales du fait de son lien direct avec la santé humaine et le bon état des écosystèmes. L'enjeu environnemental du territoire ou du milieu est indépendant du projet. Sur un même territoire, des zones présentant des niveaux d'enjeu différents peuvent être identifiées.

Une hiérarchisation des enjeux est réalisée, intégrant les expertises et les retours des concertations publiques. L'échelle de valeurs des enjeux utilisée dans la présente étude d'impact comprend cinq niveaux, tels que présentés ci-dessous. La présence d'un milieu de bonne qualité ou d'une ressource importante relève d'un enjeu modéré à fort. Les enjeux très forts découlent de la présence d'éléments très exceptionnels et rares sur la planète. Enfin, plus un facteur suscite un fort intérêt sociétal, plus son enjeu est fort.

Enjeux très forts
Enjeux forts
Enjeux modérés
Enjeux faibles
Enjeux très faibles

Le démarche d'analyse de l'état initial est présentée pour chaque facteur dans le volume VII de la présente étude d'impact.

1.3 Typologie des aires d'étude

La caractérisation de l'état initial de l'environnement, l'appréciation de son évolution probable en l'absence de projet et l'évaluation des incidences du projet sont réalisées au travers de différentes aires d'étude, au sein desquelles les facteurs de l'environnement sont susceptibles d'être affectés par le projet de façon positive ou négative, directe ou indirecte secondaire, temporaire ou permanente, cumulative le cas échéant, et à court, moyen et long terme.

Les aires d'étude ont été définies pour chaque facteur en prenant en compte le principe de proportionnalité indiqué à l'article R. 122-5 du code de l'environnement : « *Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, installations, ouvrages, ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine* ».

Trois catégories d'aires d'étude sont définies en fonction des types d'effets potentiels envisagés :

- **l'aire d'étude immédiate** (cf. Figure 1-1 correspond à la zone permettant d'appréhender les effets directs d'emprise des ouvrages et installations du projet global Cigéo ainsi que par les perturbations majeures liées aux travaux et activités.

  Par précaution, cette aire d'étude immédiate a été étendue jusqu'à 500 mètres de part et d'autre de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo et des opérations des autres maîtres d'ouvrage du projet global, dont l'implantation ou les variantes d'implantation sont connues (cf. Chapitre 1.1.1 du volume VII de la présente étude d'impact).

  Elle inclut les potentielles zones de travaux et de fonctionnement du centre de stockage Cigéo et des opérations suivantes des autres maîtres d'ouvrage : les variantes d'alimentation électrique en dehors des travaux sécurisation de la ligne 400 kV Houdreville-Méry (cf. Volume VII de la présente étude d'impact), la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et les variantes de déviation de la route départementale D60/960. Elle est commune à tous les facteurs de l'environnement sauf pour les activités agricoles et sylvicoles où elle est restreinte aux installations du centre de stockage ;
- **l'aire d'étude rapprochée**, qui varie en fonction des facteurs de l'environnement, correspond à une extension de l'aire d'étude immédiate, mieux adaptée à l'évaluation de certains effets du projet ou concernant des opérations encore peu définies. Elle est décrite et représentée, selon les facteurs, au chapitre 1.2.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

  C'est par exemple dans cette aire d'étude que sont intégrés les éléments relatifs à l'adduction d'eau pour le facteur eaux ou les facteurs relatifs au milieu humain ;
- **l'aire d'étude éloignée**, qui varie en fonction des facteurs de l'environnement, correspond à la zone permettant d'appréhender tous les effets potentiels ou éloignés directs et indirects secondaires du projet global Cigéo. Cette aire d'étude a été définie en tenant compte de l'ensemble des incidences potentielles que pourraient avoir les installations, ouvrages, travaux et activités d'après les connaissances disponibles. L'aire d'étude éloignée contient les aires d'étude rapprochée et immédiate. Elle est décrite et représentée, selon les facteurs, au chapitre 1.2.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

  C'est dans cette aire d'étude que sont caractérisées les incidences potentielles de l'opération d'adduction d'eau pour de nombreux facteurs où les enjeux relatifs à cette opération ne sont pas notables. C'est aussi dans cette aire d'étude que sont analysées les incidences éloignées de l'opération d'expédition et de transport des colis radioactifs qui ne concernent que quelques facteurs spécifiques comme les infrastructures de transport et la gestion des déchets radioactifs.

L'adaptation de cette typologie à chaque facteur est décrite et justifiée dans le chapitre 1.2.2 du volume VII de la présente étude d'impact. Les aires d'étude de chaque facteur sont définies de manière proportionnée aux enjeux de ces facteurs et aux incidences potentielles des différentes opérations du projet global Cigéo pour chaque facteur.

Une aire d'étude spécifique a également été définie pour les travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV qui s'étendent sur 124 km d'est en ouest (cf. Figure 1-1). Pour de nombreux facteurs, cette étendue est largement en dehors de la zone susceptible d'être affectée par le reste du projet global Cigéo. Pour d'autres facteurs, l'aire d'étude éloignée suffisamment vaste intègre les travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV.

Aucune incidence potentielle n'est envisagée en dehors de la France que ce soit en fonctionnement normal ou accidentel. Ainsi, le projet global Cigéo n'est pas susceptible de présenter d'incidences transfrontalières.

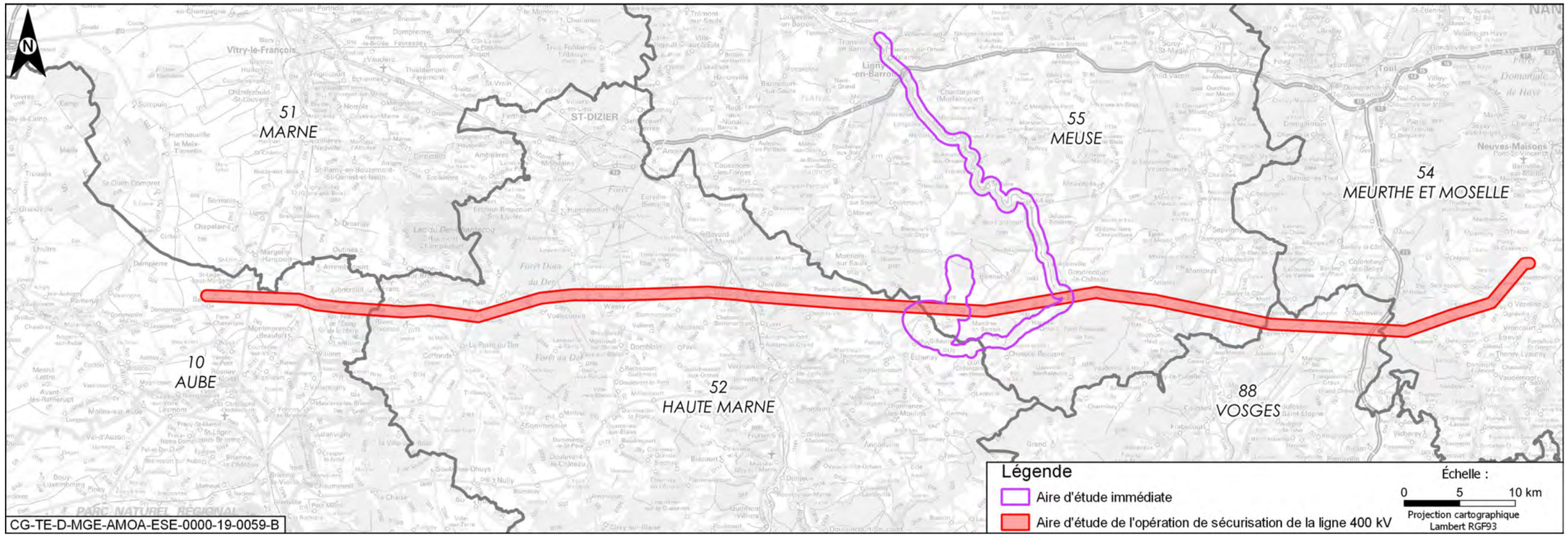


Figure 1-1 Aire d'étude immédiate et aire d'étude spécifique à l'opération de sécurisation de la ligne aérienne 400 kV

2

Atmosphère – État initial

2.1	Aires d'étude et stations de référence	12
2.2	Documents de planification climat – air – énergie	12
2.3	Conditions météorologiques locales	19
2.4	Énergie et gaz à effet de serre	27
2.5	Qualité de l'air	34

» ATMOSPHÈRE

L'atmosphère est un milieu fluide, mélange de gaz et particules, décrit par ses propriétés chimiques, optiques, dynamiques et thermodynamiques telles que composition, température, pression, précipitations, vitesse… L'atmosphère interagit avec les autres milieux l'environnant, les sols, les surfaces couvertes en eau (rivières, lacs, mers…), mais aussi avec les organismes vivants.

Les propriétés atmosphériques, paramètres météorologiques (vent, température, couverture nuageuse…), mais aussi la composition gazeuse et particulaire de l'atmosphère varie à de nombreuses échelles spatio-temporelles sous l'effet de processus naturels, mais également de perturbations anthropiques. Les fluctuations météorologiques locales dépendent de processus de grandes échelles liés aux grands équilibres climatiques et à la circulation générale de l'atmosphère, mais intègrent également des effets locaux liés notamment aux hétérogénéités de surface (topographie, type d'occupation de sol, de couvert, etc.).

2.1 Aires d'étude et stations de référence

2.1.1 Aires d'étude

L'atmosphère est étudiée dans le cadre du projet global Cigéo, à l'échelle de plusieurs aires d'étude suivantes et détaillées dans le volume VII de la présente étude d'impact :

- l'aire d'étude immédiate, commune à tous les facteurs, qui correspond à la zone susceptible d'être affectée directement par les effets d'emprise des ouvrages et installations du projet global Cigéo ainsi que par les perturbations majeures liées aux travaux et activités ;
- l'aire d'étude rapprochée du milieu physique, commune aux facteurs atmosphère, sol, sous-sols. Elle intègre toutes les populations potentiellement soumises à des modifications de la qualité de l'air ;
- l'aire d'étude éloignée, qui met en perspective les données locales relatives à l'atmosphère au regard des connaissances régionales.

Une aire d'étude spécifique décrite dans le volume VII de la présente étude d'impact est utilisée pour décrire l'état initial le long de l'opération de sécurisation de la ligne aérienne 400 kV.

2.1.2 Les stations météorologiques de référence

La climatologie locale a été déterminée grâce aux relevés de stations météorologiques exploitées par Météo-France et présentes dans le voisinage du projet global Cigéo, à savoir :

- la station météorologique de Saint-Dizier, située à 35 km du centre de stockage Cigéo ;
- la station atmosphérique d'Houdelaincourt, implantée par l'Andra à environ 2,5 km de la ligne ferroviaire 027000, environ 10 km de la zone puits et environ 15 km de la zone descenderie ;
- la station météorologique de Cirfontaines-en-Ornois, installée à environ 7 km de la zone puits et 5 km au sud de la zone descenderie.

Des détails sur ces stations sont apportés dans le volume VII de la présente étude d'impact.

La station atmosphérique d'Houdelaincourt a vocation à servir pour le suivi de la qualité de l'air tout au long des différentes phases de vie du centre de stockage Cigéo. La localisation de cette station a fait l'objet d'une analyse approfondie avec des experts pour garantir la représentativité des mesures réalisées. Cette station est intégrée dans plusieurs réseaux nationaux et internationaux de suivi de la qualité de l'air et notamment le réseau national de suivi de la radioactivité de l'air dénommé Observatoire permanent de la radioactivité (OPERA) de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). De par sa situation (altitude, éloignée des sources de pollution), elle est à ce jour également une référence pour le quart nord-est de la France.

L'exploitation de cette station de mesure est réalisée en partenariat avec Météo-France, l'IRSN et ATMO Grand Est.

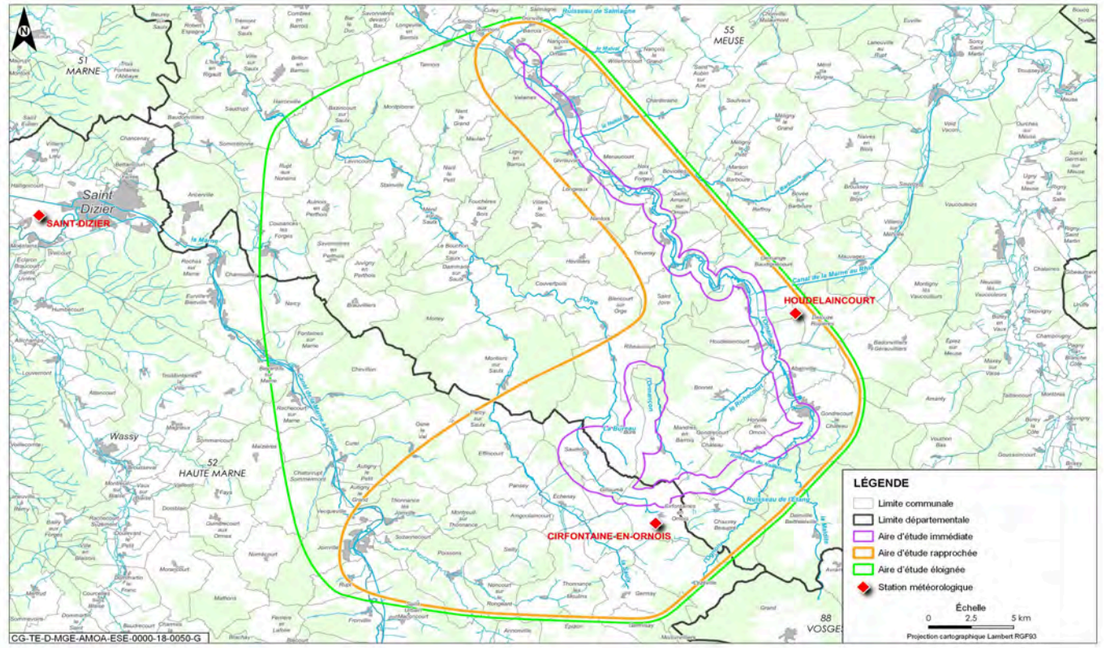


Figure 2-1 Localisation des stations météorologiques de référence

2.2 Documents de planification climat – air – énergie

2.2.1 Contexte

La France s'est dotée dès 2 000 d'objectifs et de plans stratégiques pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) et amorcer sa transition énergétique avec le Plan national de lutte contre le changement climatique, puis à travers les Plans climats successifs. Par la suite, la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 (3) relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) a fixé l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et de les diviser par 4 en 2050 par rapport à 1990 (facteur 4). La France s'est également fixée d'autres objectifs ambitieux en termes de baisse de la consommation d'énergie, de développement des énergies renouvelables, afin d'atteindre 32 % en 2030, et de diversification de son mix électrique, avec l'objectif de baisser la part du nucléaire à 50 %. Tous ces objectifs concourent à la baisse de nos émissions de gaz à effet de serre.

Au niveau international, la France s'est engagée, avec les autres pays européens, à réduire les émissions de l'Europe de 40 % en 2030 par rapport à 1990 dans le cadre de l'accord de Paris. La loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (4) actualise les objectifs de la politique énergétique française pour tenir compte du Plan climat adopté en 2017 et des travaux réalisés dans le cadre de la préparation de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) et de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

La loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite « loi Climat et Résilience » (5), vise à accélérer la transition écologique de la société et de l'économie françaises. Elle s'articule autour de cinq thématiques (consommation, production et travail, déplacements, logement et artificialisation des sols et alimentation). La politique énergétique est abordée dans son titre III « Produire et travailler », où la loi prévoit notamment :

- la mise en cohérence de la stratégie nationale de la recherche avec la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) ;
- la modification de plusieurs dispositions du code minier ;
- la déclinaison de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) en objectifs régionaux de développement des énergies renouvelables.

Les objectifs actualisés sont les suivants :

- la neutralité carbone à l'horizon 2050 ;
- la baisse de 40 % de la consommation d'énergies fossiles par rapport à 2012 d'ici à 2030 (contre 30 % précédemment) ;
- l'arrêt de la production d'électricité à partir du charbon d'ici 2022 ;
- le report à 2035 (au lieu de 2025) de la réduction à 50 % de la part du nucléaire dans la production électrique (fermeture de 14 réacteurs).

Avant le 1er juillet 2023, puis tous les cinq ans, il est désormais prévu qu'une loi *« détermine les objectifs et fixe les priorités d'action de la politique énergétique nationale pour répondre à l'urgence écologique et climatique »*.

2.2.2 Les plans nationaux

Les chapitres suivants présentent les plans nationaux et leurs objectifs à atteindre à plus ou moins long terme en matière de « climat – air – énergie ». Le projet global Cigéo veillera à intégrer ces objectifs lors de sa conception, sa construction et pendant son fonctionnement.

2.2.2.1 Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) (6), outil de pilotage de la politique énergétique, est encadrée par les articles L. 141-1 à L. 141-6 du code de l'énergie. Elle définit les modalités d'action des pouvoirs publics pour la gestion de l'ensemble des formes d'énergie sur le territoire métropolitain continental afin d'atteindre les objectifs de la politique énergétique fixée par la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 (4) relative à l'énergie et au climat. La PPE décrit les mesures qui permettront à la France de décarboner l'énergie afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050.

Le décret n° 2020-456 du 21 avril 2020, pris en application de l'article L. 141-1 du code de l'énergie, fixe la programmation pluriannuelle de l'énergie pour la période 2019-2028 (7).

L'objectif de la nouvelle PPE est de diminuer très fortement nos émissions de CO_2 en décarbonant notre production d'énergie *via* deux grands leviers : la réduction de notre consommation d'énergie et la diversification de notre mix énergétique.

Le tableau 2-1 synthétise les principaux objectifs chiffrés de la PPE 2019-2028 (8).

Tableau 2-1 Le PPE 2019-2028 en quelques chiffres

Thématique	Objectifs chiffrés
Consommation finale d'énergie	Baisse de 7,6 % en 2023 et de 16,5 % en 2028 par rapport à 2012
Consommation primaire des énergies fossiles	Baisse de 20 % de la consommation primaire d'énergies fossiles en 2023 et de 35 % en 2028 par rapport à 2012
Émissions de gaz à effet de serre issues de la combustion d'énergie	277 $MtCO_2$ en 2023 227 $MtCO_2$ en 2028 Soit une réduction de 14 % en 2023 et de 30 % en 2028 par rapport à 2016 (322$MtCO_2$)
Consommation de chaleur renouvelable	Consommation de 196 TWh en 2023 Entre 218 et 247 TWh en 2028 Soit une augmentation de 25 % en 2023 et entre 40 % et 60 % en 2028 de la consommation de chaleur renouvelable de 2017 (154 TWh)
Production de gaz renouvelables	Production de biogaz à hauteur de 24 à 32 TWh en 2028 sous l'hypothèse d'une baisse des coûts (4 à 6 fois la production de 2017)
Capacités de production d'électricité renouvelables installées	73,5 GW en 2023, soit +50 % par rapport à 2017 101 à 113 GW en 2028, doublement par rapport à 2017
Capacités de production d'électricité nucléaire	4 à 6 réacteurs nucléaires fermés d'ici 2028 dont ceux de Fessenheim Fermeture de 14 réacteurs nucléaires d'ici 2035, date d'atteinte d'une part de 50 % d'électricité nucléaire dans le mix électrique
Croissance économique	Hausse de 1,3 point de PIB en 2023 par rapport au scénario tendanciel, et de 2,1 points en 2028
Emplois	Création d'environ 238 000 emplois en 2023 par rapport au scénario tendanciel et de 440 000 emplois en 2028
Revenu disponible brut des ménages	Hausse du pouvoir d'achat des ménages de 1 point en 2023, par rapport au scénario tendanciel et de 2,2 points en 2028

2.2.2.2 Stratégie nationale bas carbone (SNBC)

La Stratégie nationale bas-carbone (9), prévue par l'article L. 222-1 B du code de l'environnement décrit la feuille de route de la France pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre jusqu'à atteindre la « neutralité carbone » à l'horizon 2050. La nouvelle version de la SNBC et les budgets carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033 ont été adoptés par le décret n° 2020-457 du 21 avril 2020 (10).

Le scénario prospectif d'atteinte de la neutralité carbone prévoit alors :

- à moyen terme à l'horizon 2030, un objectif de réduction de 40 % des émissions de GES. Pour cela elle impose trois « budgets carbone » :
  - ✓ budget carbone 2019-2023 : plafond de 422 $MtCO_2eq$ en moyenne annuelle ;
  - ✓ budget carbone 2024-2028 : plafond de 359 $MtCO_2eq$ en moyenne annuelle ;
  - ✓ budget carbone 2029-2033 : plafond de 300 $MtCO_2eq$ en moyenne annuelle ;
- à long terme à l'horizon 2050, la neutralité carbone, à savoir l'équilibre entre les émissions de GES sur le territoire national et l'absorption de carbone par les écosystèmes et par les procédés industriels.

Pour parvenir à la neutralité carbone en 2050, la SNBC décline par secteur d'activité les objectifs de réduction des GES. Ainsi, le secteur de l'industrie doit réduire de 35 % ses émissions de GES à l'horizon 2030 et de 81 % à l'horizon 2050.

2.2.2.3 Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA)

Le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) est instauré par l'article L 222-9 du code de l'environnement. Il s'agit d'un dispositif national de surveillance de la qualité de l'air qui reprend des mesures déjà en vigueur ou des obligations européennes. Les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques pour les années 2020, 2025 et 2030, sont fixés dans le décret n° 2017-949 du 10 mai 2017 (11) – codifié dans le code de l'environnement aux articles D. 222-37 à 40. L'arrêté du 10 mai 2017 établissant un plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques approuve le plan pour la période 2017-2021, publié en mai 2017 (12). En 2021, un groupe de travail a été constitué pour débattre de sa révision. Un avis sera rendu en séance plénière.

Il regroupe dans un document unique les orientations de l'État en faveur de la qualité de l'air sur les moyens et longs termes, avec une combinaison de mesures réglementaires, fiscales et incitatives dans tous les secteurs : industrie, transport, résidentiel, tertiaire, agriculture.

Le « PREPA » établit les mesures sectorielles les plus efficaces en termes de réduction des émissions de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxydes d'azote (NOx), de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), d'ammoniac (NH3) et les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm ($PM_{2,5}$). Dans les secteurs de l'industrie et des transports, il s'agit essentiellement de renforcer les exigences réglementaires et leur contrôle pour réduire les émissions de polluants. Cela se traduit par :

- l'application des meilleures techniques disponibles ;
- le renforcement de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) sur les émissions de polluants atmosphériques ;
- la mise en place de plans de mobilité par les entreprises et les administrations ;
- la réduction des pollutions liées aux engins mobiles non routier (EMNR), c'est-à-dire les engins autorisés à utilisés du gazole non routier, soit principalement les engins de chantiers, les engins agricoles et les bateaux de plaisance.

2.2.2.4 Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse

Cette stratégie prévue par l'article L. 211-8 du code de l'énergie a pour vocation de développer les externalités positives liées à la mobilisation et à l'utilisation accrue de la biomasse, notamment pour l'atténuation du changement climatique :

- la valorisation de la biomasse en énergie permet une utilisation moindre d'énergies fossiles (effet de substitution) ;
- la mobilisation de la biomasse et du bois, en particulier, s'articule avec la gestion durable de la ressource et ainsi à l'augmentation de son potentiel de captage du carbone (stockage net du carbone) ;
- la France possédant une importante ressource en biomasse, la présente stratégie a également pour objectif de permettre une meilleure indépendance énergétique du pays ;
- la résilience économique agricole et forestière, par le développement de filières compétitives et rémunératrices, pour les producteurs ainsi que pour l'ensemble de la chaîne de valeur.

La stratégie est adoptée par arrêté conjoint des ministres chargés de l'agriculture, de la forêt, de l'environnement, de l'énergie, de la construction et de l'industrie. Elle n'est pas prescriptive et n'a donc pas de portée juridique particulière du type « compatibilité » ou « conformité ».

2.2.2.5 Plan national santé environnement (PNSE)

L'élaboration d'un plan national de prévention des risques pour la santé et l'environnement, sa déclinaison en régions et sa mise à jour tous les cinq ans est prévue par le code de la santé publique (article L. 1311-6 du code de la santé publique).

Le plan national santé-environnement vise à programmer et à organiser un ensemble d'actions de nature à prévenir ou à faire cesser les atteintes environnementales à la santé humaine, notamment les pollutions de l'air, de l'eau ou des sols et l'exposition des populations à des facteurs toxiques.

Il comprend des mesures relatives à la réduction de substances toxiques dans l'air (benzène et composés organiques volatils associés, hydrocarbures aromatiques polycycliques, etc.), des mesures « santé transports » qui visent en particulier une meilleure prise en compte de l'impact sur la santé des différents modes de transport et encouragent le développement des modes de transport sains et actifs (marche, vélo, etc.) et des mesures concernant la lutte contre les « points noirs environnementaux », qui correspondent aux zones où se concentre une surexposition à des facteurs environnementaux.

Le plan national santé environnement en vigueur (PNSE4), qui couvre la période 2020-2024, a été lancé le 7 mai 2021 (13). Ce quatrième plan est le fruit d'une concertation menée depuis janvier 2019 avec l'ensemble de parties prenantes.

Il s'articule autour de quatre grands axes :

- axe 1 : s'informer, se former et informer sur l'état de mon environnement et les bons gestes à adopter ;
- axe 2 : réduire les expositions environnementales affectant notre santé ;
- axe 3 : démultiplier les actions concrètes menées par les collectivités dans les territoires ;
- axe 4 : mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations.

Les actions prévues par ce plan sont à destination des administrations et collectivités territoriales. C'est à travers des plans régionaux santé environnement qu'elles peuvent s'appliquer aux porteurs de projets industriels et d'aménagement.

2.2.3 Les plans locaux

Les plans nationaux présentés ci-avant sont ensuite déclinés à l'échelle locale afin d'être adaptés aux enjeux territoriaux.

2.2.3.1 Plan climat air énergie territorial (PCAET)

Le Plan climat air énergie territorial (PCAET) est un outil de planification, à la fois stratégique et opérationnel, qui permet aux collectivités d'aborder l'ensemble de la problématique climat-air-énergie sur leur territoire. Il a pour but d'atténuer le changement climatique, de développer les énergies renouvelables et maîtriser la consommation d'énergie. Il impose également de traiter le volet spécifique de la qualité de l'air.

Ce plan est obligatoire pour l'ensemble des intercommunalités de plus de 20 000 habitants à l'horizon du 1er janvier 2019.

Sur l'aire d'étude rapprochée, aucun Plan climat air énergie territorial (PCAET) n'a été adopté au moment du dépôt du dossier. Un PCAET est néanmoins engagé, depuis octobre 2019, à l'échelle du Pays Barrois, qui englobe les communautés de communes de Bar-le-Duc sud Meuse (obligation d'élaboration d'un PCAET), des Portes de Meuse et du Pays de Revigny (élaborations volontaires du Plan climat air énergie territorial) (14). Un diagnostic Plan climat air énergie territorial a été élaboré en 2020-2021 et des ateliers de travail sont organisés depuis août 2021 dans le cadre sa concertation.

2.2.3.2 Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) Grand Est

2.2.3.2.1 Présentation générale

Le SRADDET est un document de planification qui, à l'échelle régionale, précise la stratégie, les objectifs et les règles fixées par la Région dans plusieurs domaines de l'aménagement du territoire.

Il fixe les objectifs de moyens et longs termes de la région en matière :

- d'équilibre et d'égalité des territoires ;
- d'implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional ;
- de désenclavement des territoires ruraux ;
- d'habitat ;

- de gestion économe de l'espace ;
- d'intermodalité et de développement des transports ;
- de maîtrise et de valorisation de l'énergie, de lutte contre le changement climatique et la pollution de l'air ;
- de protection et de restauration de la biodiversité ;
- de prévention et de gestion des déchets.

Il s'inscrit dans la continuité des anciens schéma régionaux climat air énergie (SRCAE) et dans le respect des objectifs fixés par la loi pour la transition énergétique et la croissante verte (TECV) ainsi que la stratégie nationale bas carbone (SNBC), la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) ou encore le plan de réduction des polluants atmosphériques (PREPA). Il poursuit des objectifs d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.

Il se substitue aux schémas de planifications sectoriels actuellement en vigueur suivants (cf. Figure 2-2) :

- schéma régional de cohérence écologique (SRCE) ;
- schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) ;
- schéma régional de l'intermodalité (SRI) ;
- schéma régional des infrastructures et des transports (SRIT) ;
- plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD).

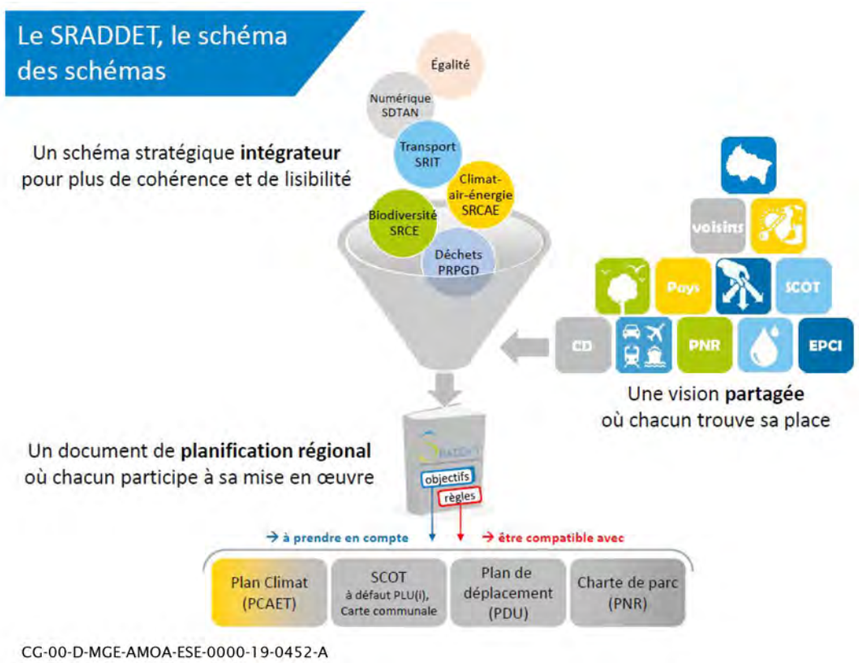


Figure 2-2 SRADDET, le schéma des schémas

Le SRADDET de la région Grand Est a été approuvé le 24 janvier 2020 (15).

Il fixe 30 objectifs, présentés sur la figure 2-3, organisés autour de deux axes stratégiques qui sont « *Changer de modèle pour un développement vertueux de nos territoires* » et « *Dépasser les frontières et renforcer la cohésion pour un espace européen connecté* » en « *Impliquant chacun pour un élan collectif* ».

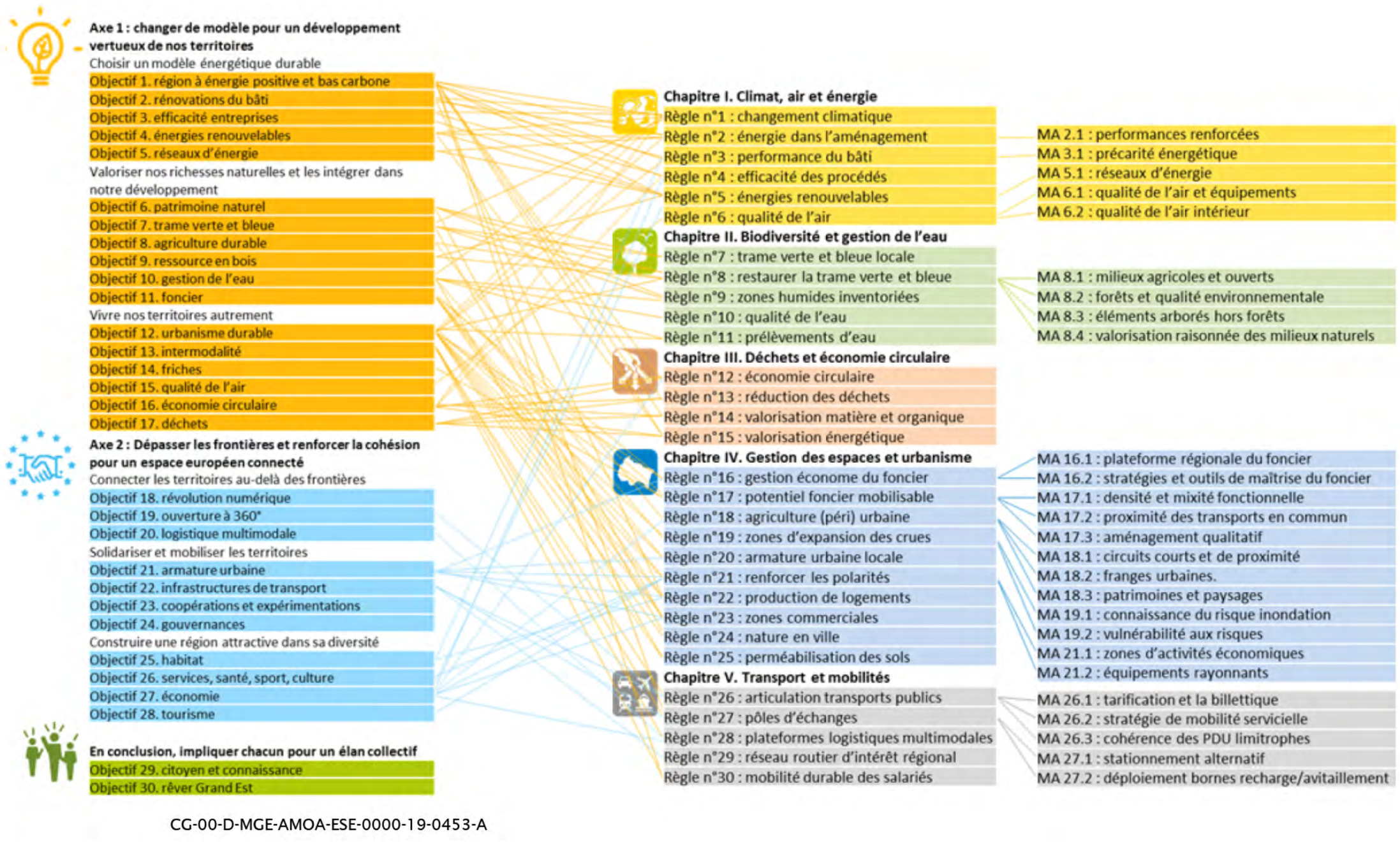


Figure 2-3 Axes, règles et mesures d'accompagnement présentés dans le SRADDET Grand Est

2.2.3.2.2 Chapitre Climat-Air-Énergie

Le SRADDET fixe les objectifs de moyens et longs termes de la région dans le domaine de la maîtrise et de valorisation de l'énergie, de lutte contre le changement climatique et la pollution de l'air et se substitue notamment au Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE).

Le chapitre « Climat-Air-Energie » du SRADDET est composé de six règles qui concernent :

- le changement climatique ;
- l'énergie dans l'aménagement ;
- la performance du bâti ;
- l'efficacité des procédés ;
- les énergies renouvelables ;
- la qualité de l'air.

Pour cette thématique, la région Grand Est ambitionnée de :

- réduire la consommation énergétique finale de 29 % en 2030 et 55 % en 2050 ;
- réduire la consommation en énergie fossile de 48 % en 2030 et 96 % en 2050 ;
- couvrir la consommation par les énergies renouvelables et de récupération de 41 % en 2030 et 100 % en 2050 ;
- réduire les émissions de gaz à effet de serre de 54 % en 2030 et 77 % en 2050 ;
- réhabiliter 100 % du parc résidentiel en bâtiment basse consommation (BBC) d'ici 2050 ;
- respecter les lignes directrices de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) d'ici 2030 sur la concentration en particules fines et ultrafines (20 µg/m³ en moyenne annuelle pour les PM_{10}, au lieu de 40 µg/m³ dans la réglementation française) ;
- réduire à la source les émissions de polluants, en lien avec les objectifs nationaux du Plan de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) en prenant pour cible les objectifs issus de la scénarisation climat-air-énergie à horizon 2030 : réduction de 84 % des SO_2, de 72 % des NOx, de 14 % des NH^3, de 56 % des $PM_{2,5}$ et de 56 % des COVNM (Composés organiques volatils non méthaniques).

Les règles et les mesures d'accompagnements qui permettront d'atteindre les objectifs en matière de « climat-air-énergie » sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-2 Règles et mesures du chapitre climat-air-énergie du SRADDET Grand Est

Règle	Mesure d'accompagnement
1. Atténuer et s'adapter au changement climatique	/
2. Intégrer les enjeux climat-air-énergie dans l'aménagement	1.1. Conditionner l'urbanisation à l'atteinte de performances environnementales et énergétiques renforcées
3. Améliorer la performance énergétique du bâti existant	3.1. Lutter contre la précarité énergétique
4. Rechercher l'efficacité énergétique des entreprises	/
5. Développer les énergies renouvelables et de récupération	5.1. Adapter et optimiser les réseaux d'énergie
6. Améliorer la qualité de l'air	6.1. Prendre en compte la qualité de l'air dans la localisation des équipements
	6.2. Améliorer la qualité de l'air intérieur

2.2.3.3 Plan régional santé environnement (PRSE) Grand Est

Le plan régional santé environnement (PRSE) constitue le cadre de référence de l'action en santé environnement. Il vise à promouvoir un environnement favorable à la santé en agissant sur tous les moments de la vie quotidienne. Le PRSE est porté conjointement par l'État, le Conseil régional et l'Agence régionale de santé. Outre le fait de décliner régionalement tout ou partie des actions définies dans le PNSE, le PRSE peut définir des actions régionales spécifiques.

Le PRSE Grand Est (16) actuellement en vigueur a été signé le 9 novembre 2017 pour la période 2017-2021.

Élaboré dans une dynamique partenariale avec les acteurs locaux de la santé environnementale, le PRSE Grand Est vise à promouvoir un environnement favorable à la santé des citoyens, en développant des actions autour des trois axes suivants :

- des activités humaines préservant l'environnement et la santé ;
- un cadre de vie et de travail favorable à la santé ;
- les clés pour agir en faveur de la santé environnement au quotidien.

2.2.3.4 Plan de prévention de l'atmosphère (PPA)

Les plans de prévention de l'atmosphère (PPA) permettent de planifier des actions pour reconquérir et préserver la qualité de l'air dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants et les zones où les valeurs limites réglementaires nationales sont dépassées ou risquent de l'être, comme en Île-de-France.

Les communes de l'aire d'étude rapprochée ne sont pas concernées par les PPA car leur population est inférieure à 250 000 habitants.

2.2.3.5 Schéma régional de biomasse Grand Est

Le schéma régional biomasse (SRB) définit les objectifs de développement de l'énergie biomasse. Il détermine les orientations et actions à mettre en œuvre pour favoriser le développement des filières de production et de valorisation de la biomasse susceptibles d'avoir un usage énergétique, en veillant au respect de la multifonctionnalité des espaces naturels, notamment les espaces agricoles et forestiers. Il veille en particulier à atteindre le bon équilibre régional et la bonne articulation des différents usages du bois, afin d'optimiser l'utilisation de la ressource dans la lutte contre le changement climatique.

Ce schéma est élaboré, conformément à l'article L. 222-3-1 du code de l'environnement conjointement par le président du conseil régional et le préfet de région.

Le schéma régional de biomasse Grand Est (17), a été approuvé par le conseil régional le 10 septembre 2021et arrêté par le préfet de région le 20 octobre 2021.

2.2.3.6 Schéma de cohérence territoriale (SCoT) du Pays Barrois

Le schéma de cohérence territoriale (SCoT) est un outil d'urbanisme et de planification stratégique intercommunale au service des collectivités territoriales destiné à servir de cadre de référence pour les différentes politiques sectorielles, notamment celles centrées sur les questions d'habitat, de déplacements, de développement commercial, d'environnement, d'organisation de l'espace….

Le SCoT du Pays Barrois, qui couvre le projet global Cigéo, a été approuvé le 19 décembre 2014 (19). La problématique du changement climatique est au cœur de sa stratégie. À ce titre, le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) fixe notamment comme objectif la conservation d'une bonne qualité de l'air (objectif 2.5) et la lutte contre le réchauffement climatique (objectif 2.6) qui se traduisent par les mesures suivantes dans le document d'orientation et d'objectifs (DOO) :

- encourager les démarches de certifications environnementales des industries pour lutter contre les rejets de cheminées d'industries ;
- lutter contre l'étalement urbain ;
- favoriser le recours aux énergies renouvelables.

Un certain nombre d'actions a déjà été engagé dans le cadre du plan climat territorial du Pays Barrois (voir ci-après).

2.2.3.7 Plan climat territorial (PCT) du Pays Barrois

Un Plan climat territorial (PCT) est un cadre volontaire pour tout territoire afin d'y regrouper et d'y rendre visible l'ensemble de ses politiques visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre. C'est une démarche de développement durable axée sur l'effet de serre, qui permet de mobiliser l'ensemble des partenaires et des acteurs locaux de la collectivité.

Le but du Plan climat territorial du Pays Barrois (14) est d'anticiper les crises climatiques en divisant par quatre les rejets des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire, à l'horizon 2050. Il a été élaboré à partir d'un état des lieux des émissions de gaz à effet de serre sur son territoire, réalisé en 2007.

La mise en œuvre du PCT vise à :

- préserver les ressources naturelles et lutter contre l'effet de serre ;
- garantir le développement économique local et l'emploi en favorisant l'émergence de nouvelles filières d'emplois ;
- réduire les dépenses des collectivités ;
- lutter contre la précarité énergétique (permettre à tout le monde un confort minimum à travers l'isolation des logements, par exemple) ;
- réduire la vulnérabilité énergétique et climatique du territoire (contre les prix élevés de l'énergie et les crises d'approvisionnement) ;
- renforcer l'attractivité du territoire (image du territoire, qualité de vie).

Il a notamment permis d'identifier les potentialités de développement des filières énergétiques renouvelables :

- la filière bois-énergie, qui dispose d'une marge de développement encore importante ;
- les ressources géothermales, qui présentent un fort potentiel au niveau des sous-sols calcaires du Tithonien à l'est et au nord du Pays Barrois ;
- le potentiel éolien, qui bénéficie déjà d'une exploitation importante.

Le programme est animé par un chargé de mission qui conseille et accompagne techniquement les collectivités locales dans leurs projets, pour permettre la réalisation des objectifs de réduction des gaz à effet de serre sur le territoire.

2.2.4 Synthèse sur les documents de planification climat – air – énergie

En adéquation avec les accords internationaux, la France traduit sa politique de lutte contre le réchauffement climatique et de préservation de la qualité de l'air dans des lois et règlements qui se déclinent en documents de planification au niveau national et au niveau local.

Tous ces documents visent une baisse importante des émissions anthropiques de gaz à effet de serre par :

- la réduction des consommations énergétiques ;
- le recours aux énergies renouvelables ;
- l'amélioration de l'isolation des bâtiments ;
- la baisse de la consommation des ressources ;
- la réduction des déchets.

Ils visent aussi la réduction de l'émission de polluants atmosphériques par :

- l'innovation technologique ;
- l'évolution de l'offre de mobilité.

Ces objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants atmosphériques ont été intégrés à la conception du projet global Cigéo, et ont également vocation à être pris en compte lors de sa construction et pendant son fonctionnement.

2.3 Conditions météorologiques locales

Le climat actuel régional est de type continental marqué par l'influence de passages de perturbations arrivant de l'océan par le sud-ouest. Le climat continental, plus sec que le climat océanique, présente des saisons bien marquées avec un grand écart de températures entre l'été et l'hiver. L'influence océanique adoucit ce climat en installant des masses d'air plus humides et plus tempérées presque un jour sur trois.

2.3.1 Précipitations

» PRÉCIPITATIONS

Sont dénommées précipitations, toutes les formes physiques de l'eau de l'atmosphère qui tombent sur la surface de la terre. Toute précipitation nécessite la condensation de la vapeur d'eau : lorsque les gouttelettes d'eau des nuages ont assez grandi, elles deviennent trop lourdes pour être supportées dans le nuage ; elles se mettent donc à chuter vers la terre.

Les précipitations peuvent tomber sous trois formes :

- les précipitations liquides comme la pluie et la bruine ;
- les précipitations solides telles que la neige, le grésil, la grêle, la pluie verglaçante ;
- les précipitations déposées ou occultes que sont la rosée, la gelée blanche, le givre.

2.3.1.1 Cumul annuel de précipitations

Les cumuls annuels moyens des précipitations à Houdelaincourt, Saint-Dizier et Cirfontaines-en-Ornois sont indiqués dans le tableau 2-3.

Tableau 2-3 Cumuls annuels de précipitations à Houdelaincourt, Saint-Dizier et Cirfontaines-en-Ornois (2012-2019)

Années	Houdelaincourt (mm)	Saint-Dizier (mm)	Cirfontaines-en-Ornois (mm)
2012	904	710	888
2013	1 014	942	1 030[1]
2014	744	783	816
2015	715	621	718
2016	884	807	957
2017	800	831	830
2018	854	717	941
2019	824	693	788
Cumul annuel moyen	**842**	**763**	**871**

Les stations d'Houdelaincourt et de Cirfontaines-en-Ornois sont plus représentatives des précipitations locales que Saint-Dizier car elles sont plus proches du projet global Cigéo et à une altitude comparable. Elles montrent un cumul annuel moyen sur la période 2012-2019 légèrement supérieur à 850 mm.

Les hauteurs de précipitations moyennes annuelles françaises varient de 500 mm pour les régions les plus sèches (côtes méditerranéennes, Anjou, Bassin parisien) à plus de 1 500 mm pour les régions de montagne. Le cumul annuel moyen à Houdelaincourt se situe dans la moitié inférieure de cette fourchette.

Le cumul annuel varie de façon similaire entre les stations. Depuis 2012, l'amplitude maximum de la variation est de 300 mm à la station d'Houdelaincourt, soit environ un tiers du cumul annuel de précipitations. Le minimum est de 715 mm en 2015 et le maximum est de 1 014 mm en 2013. Cette année est en effet marquée par un cumul de précipitations important.

La station de Saint-Dizier présente une chronique de précipitations plus longue (1980-2019) (cf. Figure 2-4). Sur cette période.

Le cumul annuel moyen des précipitations est de 824 mm.

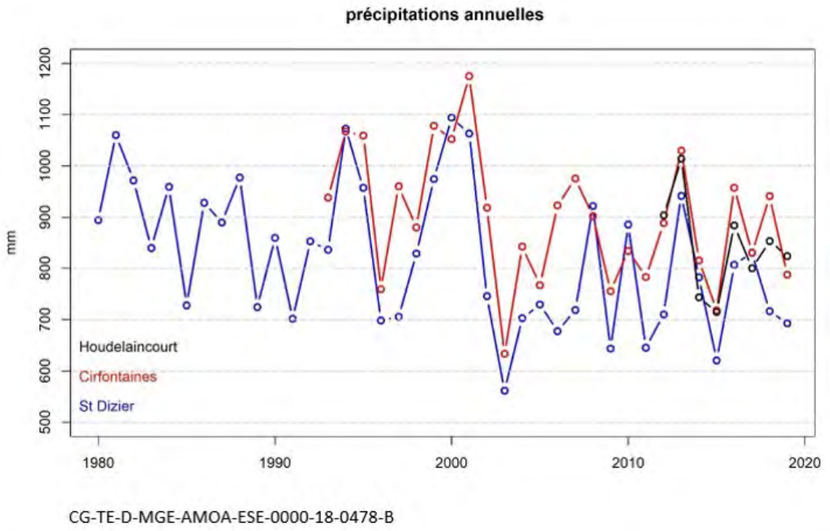


Figure 2-4 Évolution du cumul annuel moyen de précipitations à Houdelaincourt et à Saint-Dizier (1980-2019)

[1] Les données de précipitations mensuelles pour les mois de novembre et décembre 2013 de la station de Cirfontaines sont manquantes. Ces valeurs manquantes ont été estimées à partir de la moyenne climatologique de chaque mois complété de l'anomalie moyenne des stations proches (Villers le sec, Sailly, Grand, Erneville aux bois, Chevillon, Boviolles, Biencourt, Bazincourt, Aillianville, Maxey et Houdelaincourt). En novembre 2013 l'anomalie moyenne est de 47 mm et en décembre 2013 elle est de 56,5 mm. Le cumul moyen de novembre et de décembre à Cirfontaines est en moyenne sur la période 1993-2019 de respectivement 80,6 mm et de 88,3 mm. Ainsi les cumuls mensuels manquants de novembre et de décembre 2013 à Cirfontaines sont respectivement estimés aux valeurs de 127,6 mm et 131,8 mm. Il est alors possible d'estimer le cumul annuel de 2013 pour Cirfontaines : 1 030 mm.

2.3.1.2 Variations mensuelles des précipitations

La figure 2-5 présente le cycle saisonnier moyen des précipitations mensuelles de la station d'Houdelaincourt et de Saint-Dizier pour la période 2012-2019. Il indique pour Houdelaincourt que le mois le plus pluvieux est le mois de novembre, suivi de janvier puis de mai, avec des précipitations de l'ordre de 85 mm à presque 100 mm. Le mois le plus sec est le mois de juillet, suivi des mois de février à avril à Houdelaincourt avec environ 50 mm de pluie. À Saint-Dizier, les précipitations sont plus équitablement réparties tout au long de l'année avec un déficit plus marqué également de février à avril et un maximum en octobre. La situation plus vallonnée et plus en altitude d'Houdelaincourt apporte plus de variabilité des précipitations.



Figure 2-5 *Moyennes des précipitations mensuelles (mm) à Houdelaincourt et Saint-Dizier pour la période 2012-2019*

Le nombre moyen de jours pluvieux par mois est présenté dans le tableau 2-4 pour la station de Saint-Dizier, sur la période 1981-2010. En moyenne ont été enregistrés 131 jours de pluie par an, dont 24 avec des pluies dont le cumul journalier est supérieur à 10 mm. Les jours de pluies sont répartis de manière assez régulière tout au long de l'année : entre 9 et 13 jours de pluies supérieures à 1 mm chaque mois et 1,6 à 2,8 jours de pluies supérieures à 10 mm. Le mois de décembre compte le plus de jours pluvieux avec le cumul quotidien le plus important.

Tableau 2-4 *Nombre de jours pluvieux moyen par mois à Saint-Dizier (1981 - 2010)**

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Rr[2] > = 1 mm	12,2	10,6	11,8	10,4	11,0	10,3	9,6	9,0	9,6	11,4	12,2	13,1	131,1
Rr > = 10 mm	1,9	1,6	1,6	1,6	2,3	1,9	2,2	2,1	2,1	2,3	1,8	2,8	24,3

(*) La période de temps présentée dans ce tableau (1981-2010) n'est pas identique à celle prise en compte dans les résultats précédents (2012-2019), car les sources des données sont différentes : les données climatiques sont calculées sur des périodes de 30 ans.

[2] Rr : cumul quotidien de précipitations en mm.

2.3.1.3 Statistiques quotidiennes et évènements extrêmes

Les données concernant les évènements extrêmes sont disponibles à Saint-Dizier (cf. Figure 2-8) sur la période 1954-2020.

Les hauteurs quotidiennes maximales de précipitations en mm enregistrées sur la période d'avril 1954 à septembre 2020 à la station de Saint-Dizier sont présentées dans le tableau 2-5. Un record maximum de 100 mm a été enregistré le 11 septembre 2005. La hauteur maximale la plus basse (30,7 mm) a été enregistrée en avril 1983.

Tableau 2-5 *Hauteurs quotidiennes maximales de précipitations (mm) enregistrées à Saint-Dizier (avril 1954- septembre 2020)*

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
Rr (mm)	31,1	51,6	32,4	30,7	45,8	73,2	69,9	58,1	100	66	33,6	43,2	100
Jour an	12-1962	25-1997	16-1978	08-1983	08-2004	23-1974	05-1972	15-2010	11-2005	28-1998	02-2002	30-1978	2005

Le tableau 2-6 rapporte les nombres moyens de jours ayant connu un épisode de brouillard, d'orage, de grêle ou de neige à la station de Saint-Dizier en moyenne entre 1981 et 2010.

Les phénomènes orageux se produisent essentiellement entre juin et août avec en moyenne quatre à cinq jours d'orages durant cette saison.

Les épisodes neigeux se produisent entre novembre et avril avec une moyenne de 4,4 jours de neige par mois en janvier. L'absence de nombre en février ne signifie pas l'absence d'épisodes neigeux mais que les données recueillies n'ont pas permis d'établir de moyenne.

Les épisodes de brouillard apparaissent toute l'année avec en moyenne autour de cinq à six jours d'octobre à janvier et en moyenne environ deux jours de mai à août.

Tableau 2-6 *Nombre moyen de jour de brouillard, d'orage, de grêle ou de neige à Saint-Dizier (1981-2010)**

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Brouillard	4,9	4,0	3,3	2,9	2,0	1,9	1,8	2,2	4,2	5,6	6,3	-
Orage	0,1	0,3	0,8	-	-	4,7	4,7	4,3	-	1,0	0,2	-
Grêle	-	0,2	0,6	0,3	0,4	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	-
Neige	4,4	-	2,4	0,6	0	0	0	0	0	0	1,9	-

(-) données manquantes (liées à des problèmes d'instrumentation)

(*) La période de temps présentée dans ce tableau (1981-2010) n'est pas identique à celle prise en compte dans les résultats précédents (2012-2019), car les sources des données sont différentes : les données climatiques sont calculées sur des périodes de 30 ans.

2.3.2 Températures

TEMPÉRATURE

Pour déterminer la grandeur physique de la température, plusieurs échelles ont été définies. En France et dans la majorité des pays, le degré Celsius est utilisé. Le 0 °C de cette échelle correspond au point de congélation de l'eau, et le 100 °C au point d'ébullition de l'eau. La température est habituellement mesurée avec un thermomètre.

2.3.2.1 Températures moyennes

L'évolution des températures moyennes annuelles à Saint-Dizier, Cirfontaines et Houdelaincourt est présentée sur la figure 2-6. La température moyenne annuelle sur la période 1980-2019 est de 11,3 °C. à Saint Dizier et de 10,25 °C à Cirfontaines. Les températures les plus élevées sont enregistrées en juillet et août et les plus basses en janvier et février. À Saint Dizier, le cycle annuel présente une amplitude moyenne de 16,6 °C et l'amplitude thermique journalière moyenne est plus importante en été (11,3 °C en août) qu'en hiver (5,4 °C en décembre).

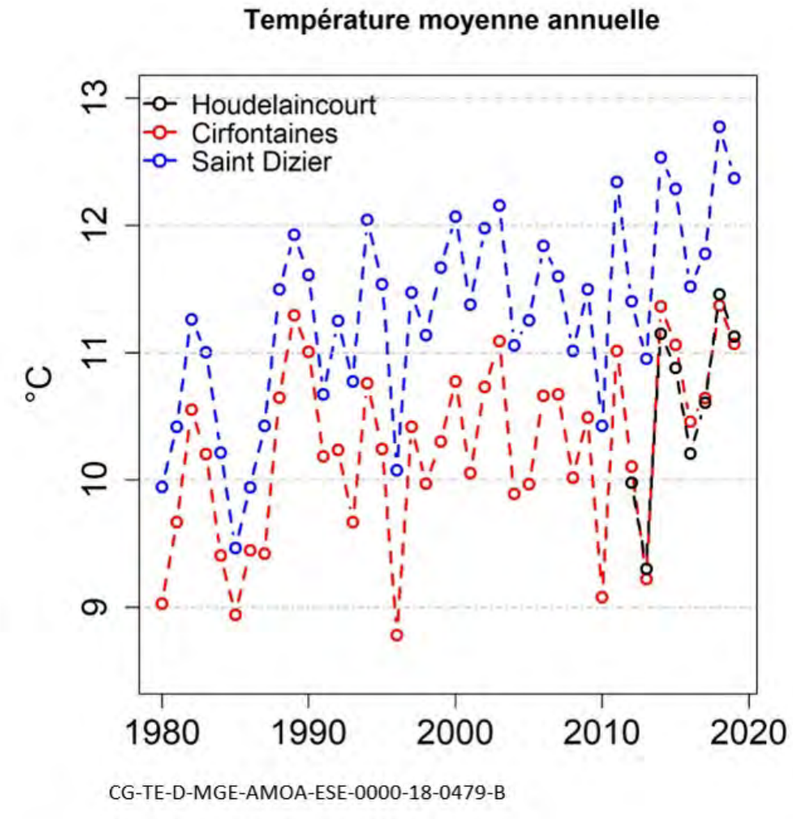


Figure 2-6 Évolution des températures moyennes annuelles (en degrés °C) mesurées à Saint-Dizier (1981-2019), à Cirfontaines (1981-2019) et à Houdelaincourt (2012-2019)

La comparaison des températures moyennes annuelles mesurées entre 2012 et 2019 à Saint-Dizier et à Houdelaincourt est présentée dans le tableau 2-7. Les résultats indiquent une température moyenne annuelle plus élevée à Saint-Dizier. Ce phénomène s'explique notamment par les différences topographiques existantes entre Saint-Dizier et Houdelaincourt.

Tableau 2-7 Températures moyennes annuelles enregistrées à Saint-Dizier et à Houdelaincourt (2012-2019)

Année	Température moyenne annuelle Saint-Dizier (°C)	Température moyenne annuelle Houdelaincourt (°C)
2012	11,4	10,0
2013	11	9,3
2014	12,5	11,1
2015	12,3	10,9
2016	11,5	10,2
2017	11,8	10,6
2018	12,8	11,5
2019	12,4	11,1
Moyenne annuelle	**11,9**	**10,6**

2.3.2.2 Statistiques quotidiennes et évènements extrêmes

À Saint-Dizier, les températures maximales ont atteint 41,4 °C en juillet 2019 et 40,4 °C en août 2003 (en rouge dans tableau 2-8). Les températures minimales (en bleu dans le tableau 2-8) sont descendues jusqu'à -20,5 °C en janvier 1985 et -22,5 °C en février 1956.

Tableau 2-8 Extrema de température enregistrés à Saint-Dizier sur la période de juin 1953 à septembre 2020

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T°C la plus élevée	17,7	22,6	25,2	29,4	33.1	38,1	41,4	40,4	35,5	29,2	23,4	18,6
Date	05-1999	28-1960	28-1968	25-2007	28 2017	26-2019	25-2019	12-2003	14-2020	01-1985	07-1955	16-1989
T°C la plus basse	-20,5	-22,5	-13,6	-6	-3	2,2	3,2	3,7	0,2	-5,1	-11,7	-17,3
Date	09-1985	14-1956	01-2005	12-1986	06-1957	04-2001	01-1962	26-1966	21-1962	20-1972	23-1956	20-2009

À Houdelaincourt, la température moyenne mensuelle maximale, enregistrée entre 2012 et 2019, est atteinte au mois de juillet et correspond à une valeur de 25,4 °C. La température moyenne mensuelle minimale, enregistrée entre 2012 et 2019, est atteinte au mois de février et correspond à -0,6 °C.

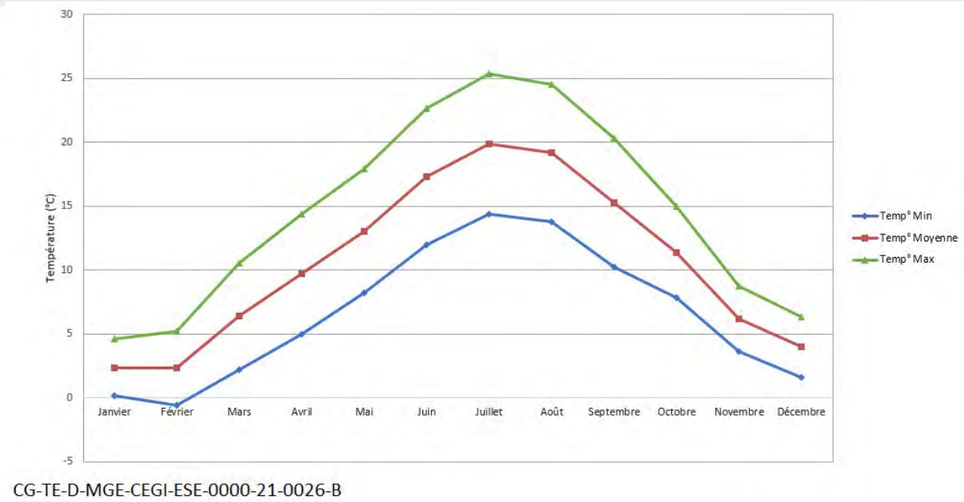


Figure 2-7 *Variation moyenne mensuelle de la température sur la période du 01/01/2015 au 31/12/2019, à la station d'Houdelaincourt*

2.3.3 Vitesse et direction du vent

» VENT

Les météorologues distinguent le vent « instantané » et le vent « moyen ». Le vent « instantané » est une moyenne des mesures sur une période de trois secondes, alors que le vent « moyen » est une moyenne des mesures sur une période de 10 minutes.

Une rafale est une brusque augmentation du vent instantané, dépassant le vent moyen de plus de 10 nœuds (18 km.h^{-1}).

2.3.3.1 Vitesse et direction du vent moyennes

Les roses des vents générales par classe de vitesse aux stations météorologiques d'Houdelaincourt et de Saint-Dizier sont présentées sur la figure 2-8.

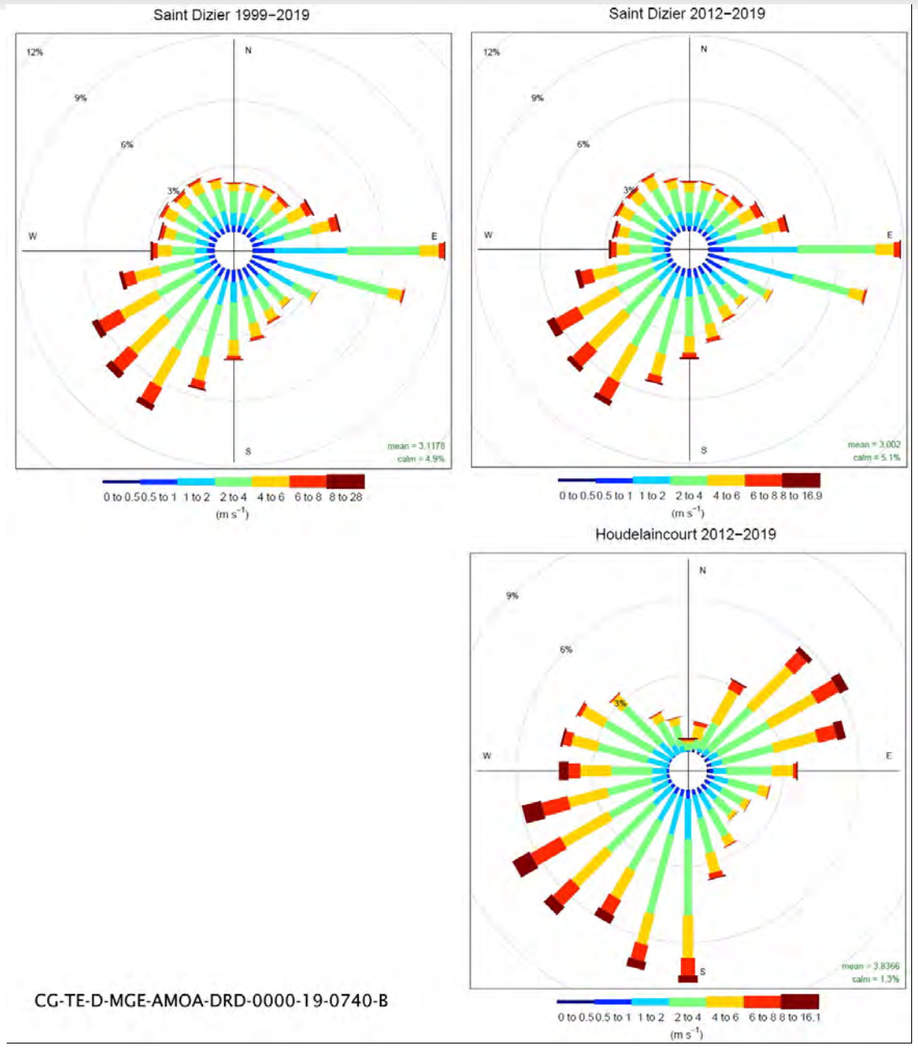


Figure 2-8 *Rose des vents de Saint-Dizier, période 1999-2019 (haut à gauche), période 2012-2019 (haut à droite), et de Houdelaincourt période 2012-2019 (bas)*

Sur la période 1999-2019, la vitesse moyenne des vents est de 3,1 m.s^{-1} et le pourcentage de vents calmes (inférieur à 1 m.s^{-1}) est faible, représentant 8,7 % des occurrences. Environ 58,2 % des vents se situent entre 1 m.s^{-1} et 4 m.s^{-1}, ce sont des vents modérés. Les vents forts, supérieurs à 10 m.s^{-1}, représentent moins de 1 %. Le vent moyen le plus fort mesuré sur la période 1999-2019 a atteint une vitesse de 28 m.s^{-1}.

Deux régimes de vents distincts sont identifiés :

- un régime de vent de sud-ouest (entre 180° et 260° est), représentant 32,2 % des occurrences, et associé à des vents bien établis (4 m.s^{-1} en moyenne) ;
- un régime de vent d'est (entre 60° et 120° est), moins marqué, représentant 23 % des cas et associé à des vents plus faibles : une moyenne de 2,7 m.s^{-1} avec très peu de vent au-dessus de 6 m.s^{-1}.

Sur la période 2012-2019, la comparaison des données acquises à Saint-Dizier et à Houdelaincourt (cf. Figure 2-8) montre des vents moyens (3,8 m.s^{-1}) plus forts à Houdelaincourt qu'à Saint-Dizier (3 m.s^{-1}). Le nombre de situations de vent calme est également beaucoup plus faible (4 %) à Houdelaincourt qu'à Saint-Dizier (12,4 %).

Sur la période 2012-2019 à la station de Houdelaincourt, la vitesse moyenne des vents est de 3,9 $m.s^{-1}$. Le pourcentage de vent calme est faible, représentant 3,8 % des occurrences. Les vents les plus fréquents se situent entre 3 $m.s^{-1}$ et 6 $m.s^{-1}$. Enfin, les vents forts (vitesse supérieure à 10 m/s) représentent 1,1 % des occurrences.

Trois directions privilégiées sont identifiées :

- une direction dominante sud-ouest, avec 43,8 % des occurrences, qui ont une direction comprise entre 180° et 280° ;
- une direction dominante d'est/nord-est, avec 21,9 % des occurrences, qui ont une direction comprise entre 40° et 80° ;
- une direction secondaire du nord-ouest.

La comparaison des régimes de vent des deux stations révèle plusieurs effets locaux. Le régime de sud-ouest se retrouve dans les deux stations mais il présente une composante sud à Houdelaincourt clairement marquée. Le régime d'est est présent à Houdelaincourt comme à Saint-Dizier mais à Houdelaincourt, il s'agit d'un régime de nord-est alors qu'à Saint-Dizier le régime est orienté est/sud-est.

Distante d'environ 35 km du projet global Cigéo et à 139 mètres d'altitude, la station de Saint-Dizier est située dans un contexte topographique différent du plateau barrois sur lequel est implanté le centre de stockage Cigéo. Les statistiques climatiques ainsi que les observations météorologiques seront influencées par cette différence de contexte. La station de Saint-Dizier seule ne peut donc pas être considérée comme représentative des statistiques climatiques mais elle est utile pour définir des conditions extrêmes ou historiques puisqu'elle existe depuis 1953. Pour les modélisations de dispersion atmosphérique des polluants chimiques et radioactifs, les conditions de vent sont déterminantes et doivent être représentatives du site étudié. Ce sont donc les valeurs des paramètres météorologiques de la station d'Houdelaincourt qui sont les plus représentatives des conditions de vents dans l'aire d'étude et donc retenues pour les calculs de dispersion atmosphérique dont les résultats sont présentés dans les volumes IV et VII.

2.3.3.2 Évènements extrêmes

La rafale maximale de vent ($m.s^{-1}$) enregistrée à Saint-Dizier sur la période 1981-2019 a atteint 44 $m.s^{-1}$ (soit près de 160 $km.h^{-1}$) le 26 décembre 1999. Cet évènement a conduit à de nombreux dégâts, en particulier à de nombreuses chutes d'arbres sur les parcelles forestières d'implantation des futures installations de surface du centre de stockage Cigéo.

2.3.4 Hygrométrie

DÉFINITIONS

L'hygrométrie désigne la teneur en humidité de l'air.

L'humidité absolue d'une masse d'air est la quantité de vapeur d'eau qu'elle contient. Elle est exprimée en gramme de vapeur par kilogramme d'air.

La température de rosée est la température à partir de laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air se transforme en goutte d'eau.

L'humidité relative s'exprime en pourcentage. Elle correspond au rapport entre la quantité de vapeur d'eau que contient une masse d'air (humidité absolue) et la quantité maximale de vapeur d'eau qu'elle peut contenir pour une température et une pression donnée…

À Saint-Dizier, la moyenne des humidités relatives mensuelles sur la période 1980-2019 varie entre 70 % en juillet et 87 % en novembre (cf. Tableau 2-9).

Tableau 2-9 Moyenne des humidités relatives mensuelles (en %) à Saint-Dizier (1980-2019)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Saint-Dizier	85,8	80,8	75,8	70,6	72,6	72,3	70,0	72,7	78,4	84,0	86,8	86,8	78,1

La moyenne annuelle est de 78 %. Sur la période 1980-2019, elle a varié entre 70 % en 2019 et 84 % en 1981.

Sur la période 2012-2019 elle a été de 76 % à Saint-Dizier et de 80 % à Houdelaincourt.

2.3.5 Durée d'ensoleillement

DUREE D'ENSOLEILLEMENT

La durée d'ensoleillement est la durée pendant laquelle un lieu est soumis à un rayonnement solaire suffisamment intense et puissant pour produire des ombres bien distinctes. Cet indicateur est directement lié à la nébulosité, soit la part du ciel couvert par les nuages. Il sert de référence pour évaluer la fréquence du « beau temps ».

La durée d'ensoleillement est mesurée aux stations météorologiques de Saint-Dizier et d'Houdelaincourt. À Saint-Dizier, elle varie en moyenne de 51,2 heures en décembre à 236,7 heures en juillet sur la période 1981-2019 (cf. Figure 2-9). Sur cette période la durée annuelle moyenne est de 1 732 heures.

À Houdelaincourt, la durée annuelle moyenne d'ensoleillement est de 1 797,1 heures, et varie de 55,4 heures en novembre à 244,3 heures en juillet entre 2012 et 2020 (cf. Figure 2-10).

Le nombre d'heures moyen annuel d'ensoleillement croît du nord de la France (environ 1 500 heures) vers le sud (environ 2 800 heures).



Figure 2-9 Durées d'ensoleillement moyen (en heures) à Saint-Dizier (1981-2019)

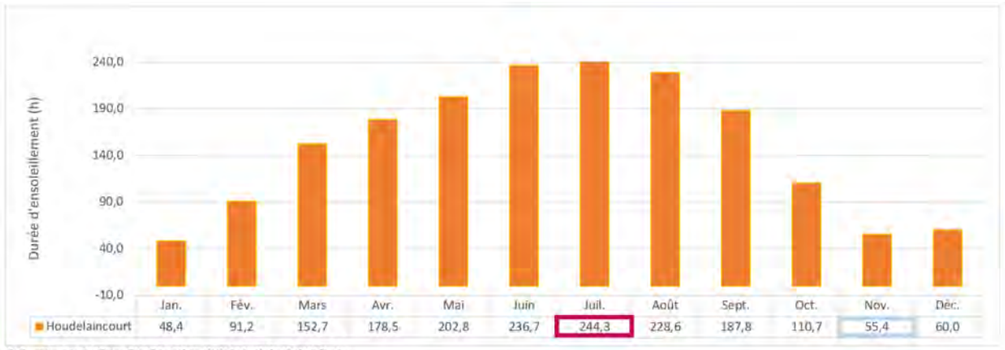


Figure 2-10 Durées d'ensoleillement moyen (en heures) à Houdelaincourt (2012-2020)

2.3.6 Évapotranspiration

ÉVAPOTRANSPIRATION

L'évapotranspiration est la quantité d'eau transférée à l'atmosphère par l'évaporation de l'eau au niveau du sol et de la transpiration des plantes comme le montre la figure 2-11. Elle est exprimée en mm.

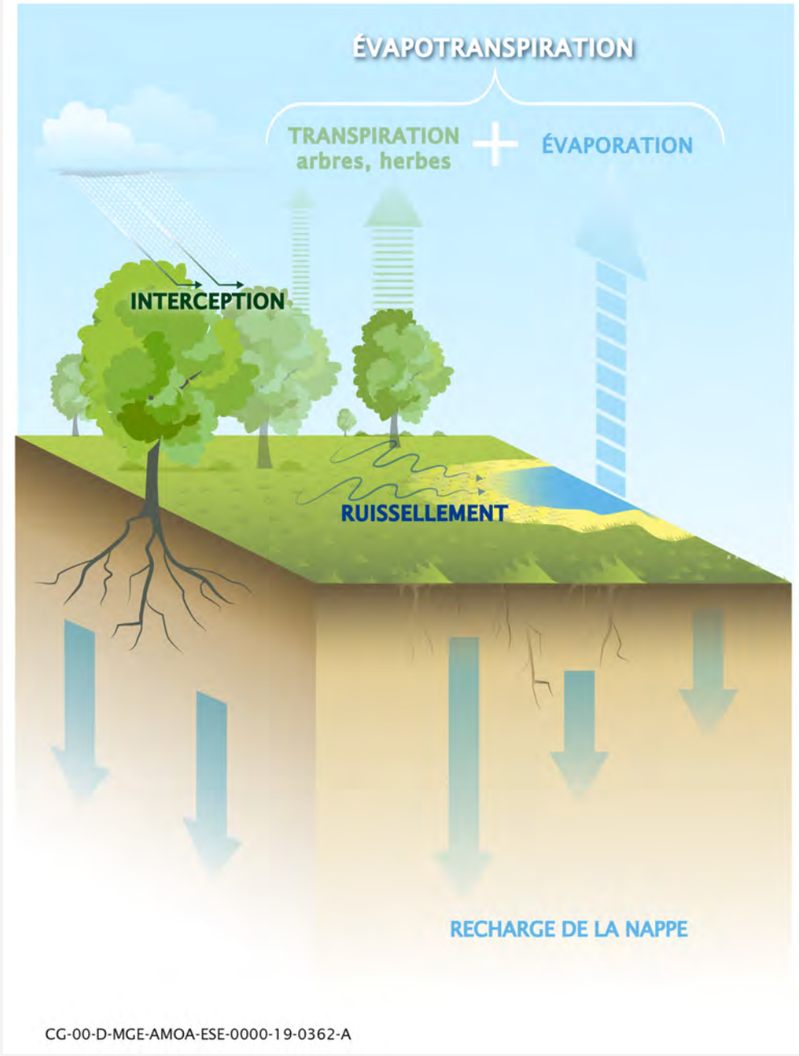


Figure 2-11 Schématisation de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par évapotranspiration sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau.

L'évapotranspiration réelle (ETR) est la quantité d'eau effectivement consommée, en fonction du stade phénologique (évènement périodique déterminé par les variations saisonnières) de la culture et de la disponibilité de l'eau dans le sol.

L'évapotranspiration potentielle, calculée à la station météorologique Saint-Dizier, est en moyenne de 774 mm.an^{-1} ce qui correspond à une évapotranspiration potentielle de 2,1 mm.j^{-1} sur la période 1981-2019 Sur la période 2012-2019, l'évapotranspiration moyenne a respectivement été de 827 mm.an^{-1} à Saint-Dizier et de 758 mm.an^{-1} à Houdelaincourt.

L'évapotranspiration est minimale en hiver (0,3 mm.j^{-1} en décembre à Saint-Dizier) et maximale en été (4,4 mm.j^{-1} en août à Saint-Dizier).

2.3.7 Risques météorologiques

» RISQUES

Les **risques météorologiques** sont les éventuelles conséquences graves sur les populations, sur l'intégrité des biens et sur l'activité économique engendrées par des phénomènes météorologiques exceptionnels.

Le **risque majeur** est généralement caractérisé par la faible occurrence d'un phénomène météorologique exceptionnel et par la forte gravité de ces conséquences.

Les risques météorologiques majeurs identifiés sur l'aire d'étude éloignée à partir des données Météo-France et Géorisques (site internet répertoriant les risques naturels et technologiques en France) sont les suivants :

- les tempêtes ;
- les orages et phénomènes associés (foudre, grêle, bourrasque, tornade, pluie intense) ;
- les fortes pluies susceptibles de provoquer des inondations ;
- les chutes de neige et le verglas ;
- les périodes de grand froid ;
- les canicules ;
- les périodes de sécheresse.

Depuis 1980, les évènements météorologiques intenses suivants ont été enregistrés à la station météorologique de Saint-Dizier :

- 100 mm de précipitation en un jour en 2005 ;
- température maximale de 41,4 °C en 2019, minimale de -22,5 °C en 1956 ;
- rafale maximale de vent de 160 km.h^{-1} en décembre 1999 ;
- chute de neige : le cumul maximal sur 24 heures mesuré à Saint-Dizier sur la période 2007-2016 est de 7 cm.

Les tempêtes de décembre 1999 correspondent au passage de deux systèmes dépressionnaires successifs venus de la façade océanique à l'ouest. Elles font l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle nationale. Le 26 décembre 1999 au matin, des vents d'une violence exceptionnelle ont traversé très rapidement le nord de la France en suivant d'ouest en est une bande d'une largeur de 150 km environ au-dessus d'un axe « Pointe de Bretagne - sud de la Normandie - Île-de-France - Champagne-Ardenne - Lorraine - Alsace » puis l'Allemagne (cf. Figure 2-12). La deuxième tempête, qui a eu moins d'impact sur l'aire d'étude éloignée, a suivi une ligne Nantes - Romorantin - Dijon – Alsace dans la nuit du 26 au 27 décembre.

La première tempête a engendré des dégâts sur une importante parcelle du bois Lejuc en régénération naturelle depuis cette date. Elle a aussi été à l'origine de plusieurs inondations, coulées de boues et mouvements de terrains répertoriés dans des arrêtés de catastrophe naturelle sur plusieurs communes de l'aire d'étude éloignée.

Ce type de tempête reste très exceptionnel. C'est pourquoi, les dossiers départementaux sur les risques majeurs (DDRM) de Marne et de Haute Meuse (20, 21) évoquent les tempêtes de 1999.

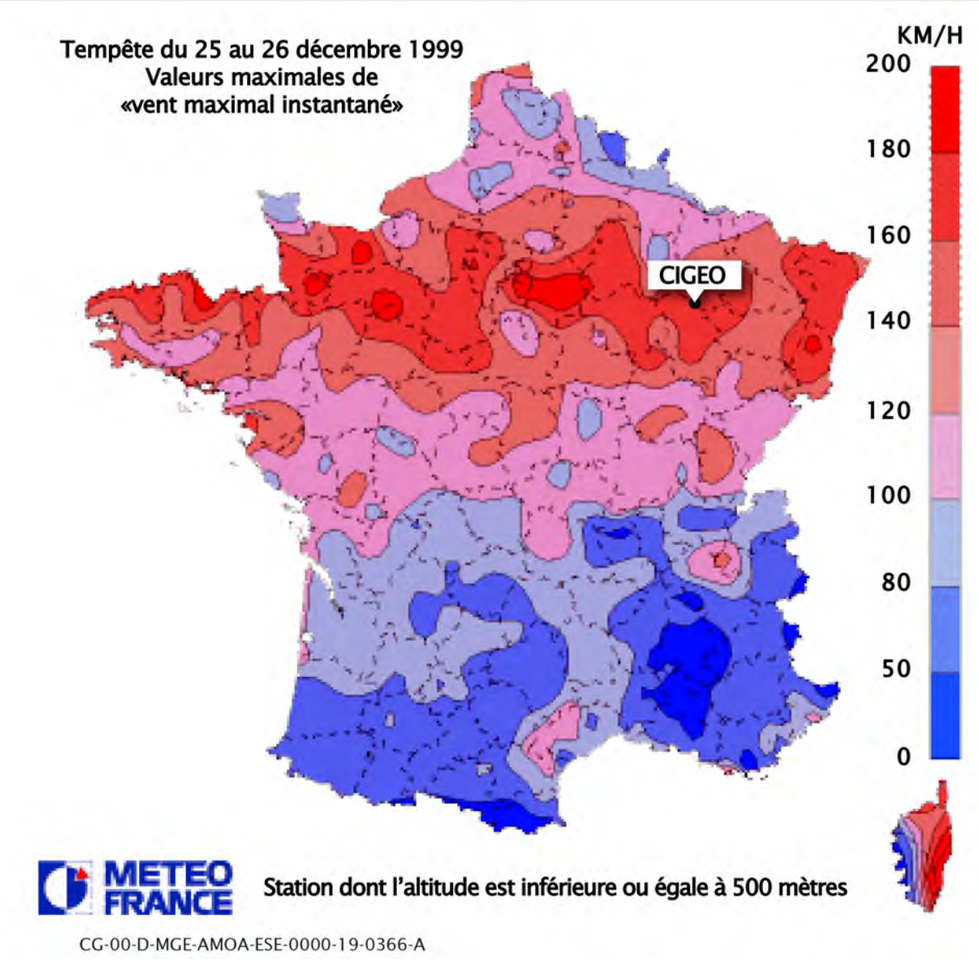


Figure 2-12 Vents maximums enregistrés en France le 26/12/1999

2.3.8 Effet du changement climatique sur les risques météorologiques

L'évolution du climat a été analysée sur la base des conclusions du rapport de la Direction Générale de l'Energie et du Climat intitulé « Le climat futur en France » (22). Ce rapport présente des projections à différents horizons :

- horizon proche 2021-2050.
- horizon lointain 2050-2100.

Ce rapport (22) conclut que la France dans un horizon proche (2050), pourrait subir :

- une hausse des températures moyennes comprise entre 0,6 °C et 1,3 °C ;
- une augmentation du nombre de jours de vague de chaleur en été (en particulier dans les régions du sud-est) ;
- une diminution du nombre de jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble de la France métropolitaine (en particulier dans les régions du quart nord-est) ;

Pour la période comprise en 2050 et 2100, le rapport indique que les tendances observées en début de siècle pourraient s'accentuer, avec l'observation notamment :

- d'une forte hausse des températures moyennes pour certains scénarios :
  - ✓ de 0,9 °C à 1,3 °C pour le scénario de plus faibles émissions (RCP[3] 2,6) ;
  - ✓ de 2,6 °C à 5,3 °C en été pour le scénario de croissance continue des émissions (RCP 8,5) ;
- d'un nombre de jours de vagues de chaleur qui pourrait dépasser les 20 jours au sud-est du territoire métropolitain pour le scénario RCP 8,5 ;
- de la poursuite de la diminution des extrêmes froids ;
- de l'augmentation des épisodes de sécheresse dans une large partie sud du pays, pouvant s'étendre à l'ensemble du pays ;
- d'un renforcement des précipitations extrêmes sur une large partie du territoire, mais avec une forte variabilité des zones concernées.

Ces horizons ne couvrent pas la totalité de la vie du centre de stockage Cigéo mais permet de percevoir la progressivité des changements possibles tout en montrant les premiers impacts perceptibles.

D'autres études prospectives en particulier celles conduites dans le cadre du programme de recherche européen BIOCLIM 2003, programme qui étudie les changements à plus long terme, ne mettent pas en évidence d'élévation de température supérieure à celle indiquée dans le rapport de de la Direction Générale de l'Energie et du Climat, sur une période d'environ 300 ans.

[3] Le RCP ou « *Représentative Concentration Pathways* » ou « Profils représentatifs d'évolution de concentration » désigne les profils d'évolution des concentrations des gaz à effet de serre retenus par les experts du GIEC.

2.3.9 Synthèse des conditions météorologiques locales

La climatologie locale a été déterminée grâce aux relevés de trois stations météorologiques exploitées par Météo-France et présentes dans le voisinage du projet global Cigéo, à savoir :

- la station météorologique de Saint-Dizier, située à environ 35 km au nord-ouest du centre de stockage Cigéo ;
- la station atmosphérique d'Houdelaincourt, implantée par l'Andra à environ 2,5 km de la ligne ferroviaire 027000, environ 10 km de la zone puits et environ 15 km de la zone descenderie ;
- la station météorologique de Cirfontaines-en-Ornois, installée à environ 7 km de la zone puits et 5 km au sud de la zone descenderie.

Lorsqu'elles étaient disponibles, les données météorologiques ont été étudiées sur la période 1980-2019.

Le projet global Cigéo s'insère dans un secteur présentant une tendance climatique de type continental influencé par des temps doux et humides, associés aux passages de perturbations venues de l'océan.

- **Précipitations**

Le cumul annuel moyen des précipitations est de l'ordre de 850 mm. Les précipitations subissent de fortes variations interannuelles allant de 562 mm à 1 175 mm (selon les observations faites sur les stations d'Houdelaincourt, Saint-Dizier et Cirfontaines-en-Ornois entre 1980 et 2019).

L'automne et l'hiver connaissent régulièrement des épisodes de neige (4,4 jours en moyenne en janvier) et de brouillard (cinq à six jours en moyenne mensuelle) (selon les observations faites sur la station de Saint-Dizier, entre 1981 et 2010).

- **Températures**

Selon les observations faites sur la station de Saint Dizier entre 1980 et 2019, la température moyenne annuelle est de 11,3 °C. L'amplitude thermique annuelle moyenne est de 16,6 °C. Les températures extrêmes sont de -22,5 °C en 1956 à +41,4 °C en 2019.

- **Vitesse et direction du vent**

Selon les observations faites sur la station de Houdelaincourt entre 2012 et 2019, les vents sont essentiellement du sud-ouest, avec quelques périodes de vent d'est à nord-est. La vitesse moyenne des vents est de 3,9 m/s, soit 13,9 km/h, avec une dominance des vents modérés compris entre 3 m/s et 6 m/s.

Des rafales ont atteint une vitesse mesurée de 44 m/s (160 km/h), à la station de Saint-Dizier, lors de la tempête de décembre 1999.

- **Hygrométrie**

L'humidité relative moyenne est de 78,1 % (relevés de la station de Saint-Dizier, 1980-2019).

- **Durée d'ensoleillement**

La durée d'ensoleillement annuelle moyenne est de 1 727 heures à Saint-Dizier (selon les données récoltées entre 1981 et 2019) et de 1 797,1 h à Houdelaincourt (données 2012-2019).

- **Évapotranspiration**

L'évapotranspiration potentielle annuelle est de 774 mm/an, correspondant à une évapotranspiration potentielle de 2,1 mm par jour (relevés de la station de Saint-Dizier, 1980-2019).

- **Risques météorologiques**

Les risques météorologiques majeurs identifiés sur l'aire d'étude éloignée sont les tempêtes, les orages et phénomènes associés, les fortes pluies, les chutes de neige et le verglas, les périodes de grand froid, les canicules et les périodes de sécheresse.

- **Changement climatique**

Les projections sur l'évolution du climat à un horizon proche (2021-2050) et à un horizon lointain (2050-2100) indiquent que la France pourrait notamment subir une accentuation de la hausse des températures moyennes, de l'augmentation du nombre de jours de vague de chaleur en été (en particulier dans les régions du sud-est),

de la diminution du nombre de jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble de la France métropolitaine (en particulier dans les régions du quart nord-est).

Enjeux

Les conditions météorologiques locales sont conformes aux normales régionales. Elles présentent des variabilités annuelles et interannuelles moyennes. Les évènements exceptionnels sont rares. Plusieurs risques météorologiques majeurs sont identifiés sur l'aire d'étude éloignée. Les effets du changement climatique peuvent aggraver les situations de risques appliquées au projet global Cigéo, notamment par l'augmentation des températures de fonctionnement des équipements, l'augmentation du risque incendie et la survenue de précipitations extrêmes.

Enjeu faible

2.4 Énergie et gaz à effet de serre

2.4.1 Profil énergétique

ÉNERGIE PRIMAIRE, SECONDAIRE ET FINALE

Selon l'Insee, **l'énergie primaire** est l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés. Ce sont principalement le pétrole brut, les schistes bitumineux, le gaz naturel, les combustibles minéraux solides, la biomasse, le rayonnement solaire, l'énergie hydraulique, l'énergie du vent, la géothermie et l'énergie tirée de la fission de l'uranium.

L'énergie secondaire est l'ensemble des produits énergétiques transformés avant son transport vers l'utilisateur final, tels les produits pétroliers raffinés, la transformation du vent en électricité par les éoliennes, etc.

L'énergie finale est l'énergie livrée à l'utilisateur final. Pour certaines sources d'énergie, l'énergie finale est équivalente à l'énergie primaire. C'est le cas de l'énergie solaire, du bois-énergie utilisé dans le résidentiel-tertiaire, le gaz naturel si l'on considère les pertes de transport comme négligeables et les réseaux de chaleur/froid.

2.4.1.1 De la région Grand Est

Le SRADDET (15) indique que la région Grand Est se caractérise par une consommation d'énergie globalement plus élevée qu'à l'échelle nationale, qui s'explique en partie par un climat plus froid que dans le reste de la France et par la forte présence du secteur industriel. La région est la première consommatrice de gaz naturel à l'échelle nationale, directement en lien avec son activité industrielle.

Selon les chiffres clés régionaux sur l'énergie et les GES édités par ATMO Grand Est en 2020 (23), la production d'énergie primaire en Grand Est s'élève en 2018 à 121 742 GWh, avec 66 % de la production d'origine nucléaire. Cette production représente environ 12 % de la production d'énergie primaire en France. Avec 182 871 GWh, soit 11,2 % de la consommation française en 2018, le Grand Est présente une balance consommation-production déficitaire. Très dépendant des énergies fossiles, le Grand Est importe la quasi-totalité du gaz et des carburants qu'il consomme. En revanche, son parc nucléaire lui permet d'exporter une part importante de sa production d'électricité.

En termes d'énergie renouvelable (ENR), le Grand Est se caractérise par une forte consommation du bois énergie, qui est la première source d'ENR. La région possède le troisième parc d'installations de production d'électricité renouvelable et produit 15 % de l'électricité renouvelable française, essentiellement grâce à l'hydroélectricité et à l'éolien.

2.4.1.2 Du Pays Barrois

L'édition 2020 des chiffres clés des consommations et productions d'énergie 2018 (24) indique que 798 GWh d'énergie primaire sont produits dans le Pays Barrois en cumulant tous les vecteurs d'énergie de ce territoire (cf. Tableau 2-10). Parmi cette énergie primaire, seulement 5 GWh sont issus d'énergies non renouvelables (incinération de déchets). Les deux principales sources d'énergie dans le Pays Barrois sont les éoliennes (47 %) et la filière bois énergie (46 %).

Tableau 2-10 Bilan de la production énergétique (GWh) du Pays Barrois (2018) par vecteur

Vecteurs	Production 2018 - GWh
Électricité	378,9
Chaleur	53,8
Carburant ou combustible	364,9
Total	**798**

La production d'électricité atteint un total de 378,9 GWh, soit 48 % de la production énergétique globale du territoire.

La consommation totale d'électricité est de 434,8 GWh sur le territoire (cf. Tableau 2-11) ; l'électricité produite représente 87 % des consommations du territoire. Celle-ci provient en très grande majorité des éoliennes qui en assurent 98 %. Néanmoins, le territoire ne peut être considéré comme autonome étant donné la fluctuation de la production d'énergie par éolienne.

L'énergie thermique produite par la filière bois-énergie sur le territoire s'élève à 364,9 GWh, en prenant comme hypothèse que le territoire est autonome sur l'utilisation du bois énergie. Cela veut dire que l'ensemble de la ressource en bois utilisée est directement disponible sur le territoire. Le bois constitue une ressource énergétique considérable dans le Pays Barrois, il est notamment utilisé comme moyen de chauffage de nombreux foyers. La production d'énergie par le bois n'est cependant pas exploitée entièrement dans le Pays Barrois, seule 55 % de la production énergétique est consommée sur le territoire.

Tableau 2-11 Consommation d'énergie (en GWh) dans le Pays Barrois (2018) par source

	Produit pétrolier	Gaz naturel	Électricité	Bois	Autres EnR	Chaleur et froid issus de réseaux	TOTAL
Tous secteurs	751,2	425,5	434,8	201,3	87,1	28	1 928
Part de l'énergie	**39 %**	**22 %**	**23 %**	**10 %**	**5 %**	**1 %**	**100 %**

Tableau 2-12 Consommation d'énergie (en GWh) dans le Pays Barrois (2018) par secteur

	Industrie manufacturière	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports	TOTAL
Tous secteurs	405,3	666,2	176,8	74,3	590	15,2	1 928
Part de l'énergie	**21 %**	**35 %**	**9 %**	**4 %**	**31 %**	**1 %**	**100 %**

Le schéma de cohérence territoriale (SCoT) du Pays Barrois (19) précise que, en 2009, 74 % des logements de ce territoire sont des maisons individuelles, ce qui explique la forte consommation d'énergie du secteur résidentiel. Le secteur des transports est responsable de près d'un tiers de la consommation énergétique. Les énergies fossiles telles que les produits pétroliers et le gaz sont très rares dans le territoire français, et *a fortiori* au sein du Pays Barrois. Par conséquent, ce sont des importations sur le marché international qui permettent de subvenir aux besoins locaux pour le chauffage et les déplacements.

2.4.2 Potentiel en énergies renouvelables

ÉNERGIES RENOUVELABLES

Les **énergies renouvelables** (ENR) sont des énergies dérivées de processus naturels en perpétuel renouvellement. Il existe plusieurs formes d'énergies renouvelables, notamment l'énergie générée par le soleil, le vent, la biomasse solide (bois énergie essentiellement), la chaleur terrestre, l'eau des fleuves, des lacs, des mers et des océans, le biogaz et les biocarburants liquides. On distingue l'énergie renouvelable électrique de l'énergie renouvelable thermique.

L'énergie renouvelable électrique comprend l'électricité hydraulique, éolienne, marémotrice, le solaire photovoltaïque et la géothermie à haute température.

L'énergie renouvelable thermique comprend le bois de chauffage (ramassé ou commercialisé), la géothermie valorisée sous forme de chaleur, le solaire thermique actif, les résidus de bois et de récoltes incinérés, les biogaz, les biocarburants et les pompes à chaleur, les déchets urbains et industriels biodégradables (quelle que soit leur nature).

La production de bois de chauffage est considérée comme un service écosystémique d'approvisionnement (service écosystémique de production de bois).

2.4.2.1 Dans la région Grand Est

Le bilan 2019 des chiffres clés des énergies renouvelables en Grand Est (25) indique que les énergies renouvelables ont couvert 24,6 % de la consommation d'énergie de cette région. Cela représente environ 44 000 GWh produits au cours de l'année soit 13,3 % de la production française d'énergies renouvelables (cf. Figure 2-13).

Avec plus de 6 700 MW, la région Grand Est accueillie, au 31 décembre 2019, le troisième parc d'installations de production d'électricité renouvelable le plus important de France, qui permet de couvrir 42,8 % de la consommation électrique régionale.

La production d'énergies renouvelables dans la région Grand Est est répartie selon les filières suivantes (cf. Figure 2-13) :

- le bois-énergie représente la première source d'énergie renouvelable de la région, avec 12 % des surfaces forestières nationales présentes dans la région ;
- l'hydroélectricité est la première source d'électricité renouvelable avec une puissance installée de 1 512 MW ;

- cinq installations ont permis la production de 630 000 tonnes d'agrocarburants ;
- 3 618 MW de puissance éolienne installée, soit 22 % de la puissance installée en métropole, ce qui place la région au 2e de cette filière ;
- environ 92 000 pompes à chaleur aérothermiques vendues ;
- deux sites de géothermie profonde en fonctionnement, ce qui place la région au premier rang national de la filière, avec une production d'environ 200 GWh d'électricité et de chaleur en 2019 (la géothermie est présentée au chapitre 4 « Sous-sol » du présent volume) ;
- 161 installations de production de biogaz, dont 140 méthanisations, pour une puissance installée de 89 MW, ce qui place la région en tête du classement national La région Grand Est est aussi au 1er rang de la production de bio méthane injecté dans le réseau de gaz naturel ;
- 11 installations d'incinération des déchets produisent des ENR ;
- 36 489 installations photovoltaïques en service ;
- 273 000 m² de surface de solaire thermique ;
- 107 réseaux de chaleur représentant 793 km pour une livraison de chaleur de l'ordre de 2 800GWh avec un taux d'ENR moyen de 63 %.

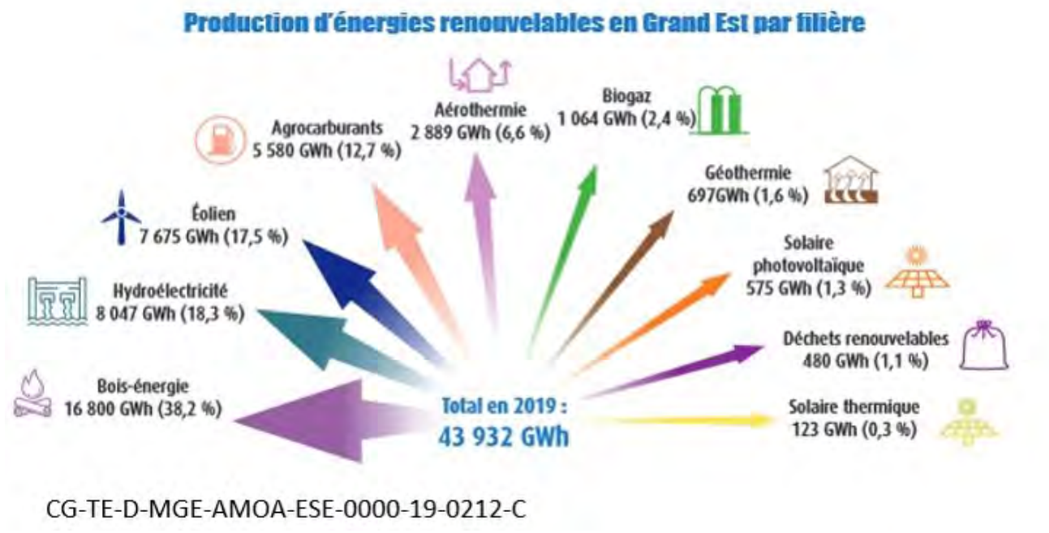


Figure 2-13 Production d'énergie renouvelable en région Grand Est par filière en 2019 (25)

2.4.2.2 Dans le Pays Barrois

L'édition 2020 des chiffres clés des consommations et productions d'énergie 2018 (24) indique que le Pays Barrois produit essentiellement des énergies renouvelables. En effet, la production d'énergies renouvelables représente 99,3 % de la production d'énergie primaire du Pays Barrois, soit 792 ,6 GWh.

Il produit de l'énergie renouvelable grâce, entre autres, aux éoliennes (47 %), à la filière bois-énergie (46 %), aux pompes à chaleur (PACs) aérothermiques, à la géothermie, à l'incinération de déchets, et au photovoltaïque selon la répartition indiquée dans le tableau 2-13. La production d'énergie issue des éoliennes représente à elle seule 98 % de la production totale d'énergie électrique renouvelable sur le Pays Barrois.

Tableau 2-13 Production d'énergies renouvelables dans le Pays Barrois par filière (2018) (24)

ENR	Production (GWh)	Part de la production totale
Éoliennes	371,7	46,9 %
Filière bois-énergie	364,9	46 %
PACs aérothermiques	32,6	4,1 %
Géothermie (chaleur)	7,4	0,9 %
Incinération de déchets	6,6	0,8 %
Photovoltaïque	3,3	0,4 %
Autres (hydraulique renouvelable, solaire thermique, biogaz)	6	0,9 %
TOTAL	793	100 %

En Meuse, les installations éoliennes se regroupent le long d'une ligne qui suit le relief des côtes du Barrois. Le Pays Barrois possède 103 éoliennes réparties sur 21 parcs (14). Des zones potentielles de développement éolien dans le Pays Barrois sont présentes au sud de Gondrecourt-le-Château et autour du Seuil d'Argon.

Les ressources locales d'énergie thermique renouvelable sont issues en grande partie de la filière bois énergie. En 2012, 50 000 tonnes de bois par an sont utilisées comme énergie de base pour le chauffage individuel et 7 800 tonnes par an pour les industries et les équipements publics (26).

Le projet porté par le Pays Barrois vise à structurer la filière bois à travers un plan d'actions défini dans le cadre du Plan Climat Territorial. La production de bois présente un excédent qui peut être exploité sans compromettre les besoins de l'industrie. Deux ressources peuvent être mobilisées pour la filière bois-énergie : la ressource forestière et les rebus de l'industrie de première transformation (scierie). En 2011, le gisement accessible est de 173 milliers de tonnes dont 68 restent inexploitées (27). Avec une plus forte valorisation du prix du bois, les ressources forestières disponibles pourraient encore augmenter de 19 milliers de tonnes. À cette ressource s'additionne le bois issu des activités de première transformation.

La production d'énergie *via* la filière bois-énergie a augmenté de 40 % entre 2005 (261,9 GWh) et 2018 (364,9 GWh).

2.4.2.3 Dans l'aire d'étude rapprochée

Dans l'aire d'étude rapprochée, les ressources d'énergies renouvelables suivantes ont été identifiées :

- une ressource forestière abondante, variée, et en pleine croissance ;
- des gisements importants de méthane issus des effluents d'élevage et des cultures intermédiaires sur ce territoire à dominante agricole ;
- la récupération de l'énergie des industries locales : lactoserum des fromageries, bois mal calibrés des scieries, calories liées à la production de charbon de bois (Carbo-France) ;
- le potentiel géothermique local, de capacité limitée par rapport au besoin en énergie thermique du centre de stockage Cigéo. Les ressources géothermiques locales sont détaillées au sous-chapitre 4.6.6 du présent volume de l'étude d'impact du projet global Cigéo ;
- le potentiel en énergie solaire.

2.4.3 Émissions de gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE

Les gaz à effet de serre (GES) sont des gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations au sein de l'atmosphère terrestre, phénomène appelé effet de serre. Ils sont mesurés en tonnes équivalent CO_2 (t CO_2e).



Figure 2-14 Schématisation de l'effet de serre

Plus d'une quarantaine de gaz à effet de serre a été recensée par le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). L'eau naturellement présente dans l'air est l'élément qui contribue le plus à l'effet de serre « naturel ». L'augmentation de l'effet de serre depuis la révolution industrielle du XIXe siècle est induit par les émissions d'autres gaz à effet de serre provoquées par notre activité parmi lesquels figurent :

- le dioxyde de carbone (CO_2), dont l'accumulation dans l'atmosphère contribue pour deux tiers de l'augmentation de l'effet de serre induite par les activités humaines (combustion de gaz, de pétrole, déforestation, cimenteries, etc.). C'est pourquoi l'effet des autres gaz à effet de serre est usuellement mesuré en équivalent CO_2 (eq. CO_2). Les émissions de CO_2 actuelles auront un impact sur les concentrations dans l'atmosphère et sur la température du globe pendant des dizaines d'années, car leur durée de vie dans l'atmosphère est supérieure à la centaine d'années ;
- le méthane (CH_4), qui est essentiellement généré par l'agriculture (rizières, élevages). Une partie des émissions provient aussi des décharges ainsi que de la production et de la distribution de gaz et de pétrole, de l'extraction du charbon et de leur combustion. La durée de vie du méthane dans l'atmosphère est de l'ordre de 12 ans ;
- le protoxyde d'azote (N2O), qui provient des engrais azotés, de la combustion de la biomasse et des produits chimiques comme l'acide nitrique. Sa durée de vie est de l'ordre de 120 ans ;
- les gaz fluorés, l'hydrofluorocarbures (HFC), le perfluorocarbures (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF_6), qui sont utilisés dans les systèmes de réfrigération et employés dans les aérosols et les mousses isolantes. Les PFC et le SF6 sont utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs. Les gaz fluorés ont un pouvoir de réchauffement 1 300 à 24 000 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone et une durée de vie de 50 000 ans dans l'atmosphère. C'est pourquoi ils représentent un réel danger malgré la modeste part qu'ils représentent dans les émissions totales de GES.

Afin de limiter l'accentuation de l'effet de serre et la hausse des températures à la surface de la planète, des politiques de réduction ou de limitation d'émissions de certains GES ont été mises en place par de nombreux pays, dont la France notamment, dans le cadre du protocole de Kyoto. Les documents de planification français qui en découlent sont détaillés au chapitre 2.2 du présent volume de l'étude d'impact.

2.4.3.1 Émissions de la région Grand Est

Il est indiqué dans les chiffres clés régionaux sur l'énergie et les GES, édités par ATMO Grand Est en 2020 (23), que la région Grand Est totalise 46 718 ktCO_2e en 2018 d'émissions directes de GES, soit environ 8,34 tCO_2e par habitant. Cela représente une diminution de 6 % par rapport à 2017. L'empreinte carbone de la France est de 9,2 tCO_2e par habitant en 2018.

À cela s'ajoutent les émissions indirectes de GES liées aux consommations d'électricité, de chaleur et de froid, qui représentent 1 980 ktCO_2e en 2018 dans la région Grand Est.

En 2018, les secteurs des transports routiers et de l'industrie manufacturière représentent les principaux secteurs émetteurs de GES en Grand Est avec environ un quart chacun des émissions totales (cf. Figure 2-15). La moitié restante des consommations se partage à parts équivalentes entre les secteurs agricole (17 %), du bâtiment (résidentiel et tertiaire à 17 %) et de l'industrie énergétique (10 %).

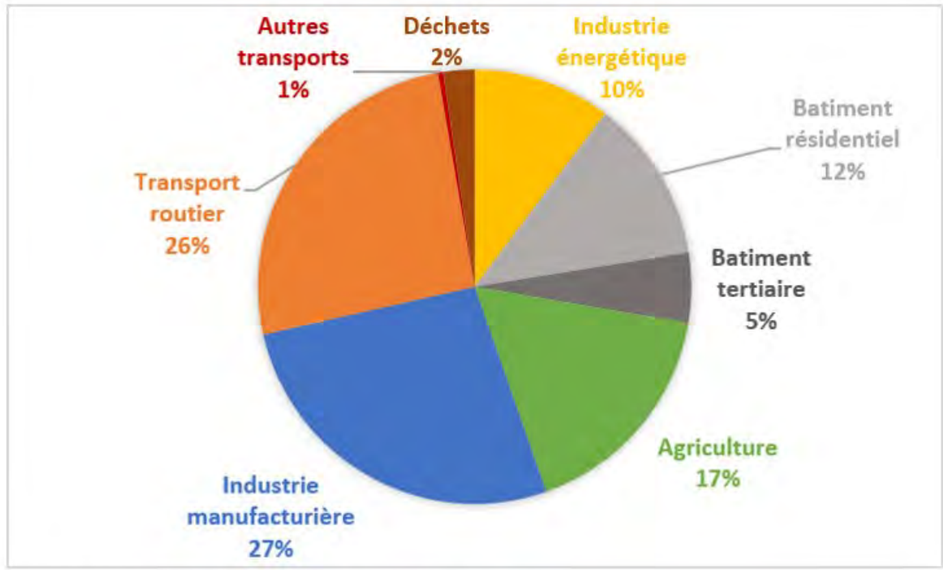


Figure 2-15 Émissions directes de gaz à effet de serre de la région Grand Est en 2018 (tCO_2e)

La prédominance des émissions des secteurs de l'énergie et de l'industrie dans la région) est due à la présence de nombreuses industries lourdes métallurgiques et chimiques, majoritairement en Moselle et Meurthe-et-Moselle.

2.4.3.2 Émissions du Pays Barrois

Les émissions totales de GES du Pays Barrois indiquées dans les chiffres clés du Pays Barrois (SCoT) sur l'énergie et les GES, édités par ATMO Grand Est en 2020 (24), sont évaluées à 463 000 tCO_2e d'émissions directes en 2018, soit environ 7,6 tCO_2e par habitant. Ce territoire émet moins de GES par habitant que la région Grand Est et le territoire national.

À cela s'ajoutent les émissions indirectes de GES liées aux consommations d'électricité, de chaleur et de froid, qui représentent 25 $ktCO_2e$ en 2018 dans le Pays Barrois, soit 0,4 tCO_2e par habitant. L'agriculture est l'activité du Pays Barrois émettant le plus de GES (cf. Figure 2-16). Elle représente un tiers des émissions totales. Ce poste prépondérant est suivi par les postes transport (29 %) et bâtiment résidentiel (16 %). Cela correspond au caractère rural du Pays Barrois où l'activité agricole est prépondérante et où les postes d'émissions de GES liés aux individus sont plus importants du fait d'une grande proportion de logements individuels et de distances de déplacements importantes.

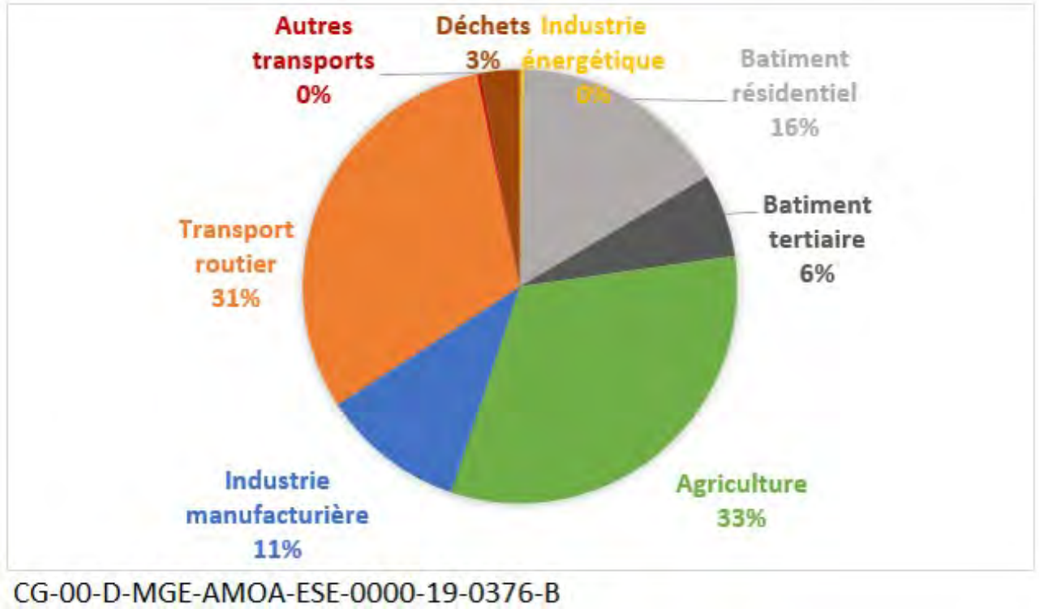


Figure 2-16 Émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre du Pays Barrois en 2018 (tCO_2e)

2.4.4 Séquestration carbone

SEQUESTRATION CARBONE

La **séquestration carbone** désigne l'ensemble des processus extrayant le CO_2 de l'atmosphère et le stockant dans un réservoir. Aujourd'hui, les principaux réservoirs terrestres de carbone sont les océans, les sols (dont les tourbières) et la biomasse végétale, en particulier le bois, qu'il soit en forêt (arbres et bois mort) ou utilisé comme matériau dans la construction ou l'ameublement. Cette capacité des écosystèmes à réguler le climat mondial *via* des processus d'atténuation des flux de gaz à effet de serre et de stockage de carbone est considéré comme un service écosystémique de régulation (service écosystémique de régulation du climat global). À l'échelle mondiale, les sols et la biomasse stockent environ quatre fois plus de carbone que n'en contient l'atmosphère. Leurs évolutions sont donc déterminantes dans le processus de régulation du climat. Les roches sédimentaires sont en réalité le plus grand réservoir de carbone terrestre mais ce réservoir évolue peu à l'échelle du siècle, qui est celle qui nous concerne dans le cadre de la lutte contre le changement climatique.

En France métropolitaine, 3 à 4 milliards de tonnes de carbone sont stockés dans les 30 premiers centimètres de sols et 1,5 milliard dans la biomasse forestière (Source : ATMO Grand Est en 2018 (23)).

Le changement d'usage d'un sol ou un changement de pratiques modifie la capacité de séquestration d'un écosystème. Ainsi, une déforestation dans le cadre d'un aménagement ou le retournement d'une prairie pour la mettre en culture va non seulement décomposer de la matière organique et libérer du CO2 dans l'atmosphère, mais empêchera également la séquestration carbone dans le futur. *A contrario*, le changement de pratiques culturales avec une couverture systématique des sols et l'implantation de bosquets ou de haies, ou encore le reboisement d'une parcelle, favorisera la séquestration de carbone sur un territoire.

2.4.4.1 Les chiffres clés sur la séquestration carbone en 2017

Les chiffres clés sur l'énergie et les GES, édités par ATMO Grand Est en 2019 (28), annoncent pour l'année 2017 les estimations suivantes de séquestration carbone :

- 600 tCO_2e par habitant à l'échelle de la France métropolitaine ;
- 1 800 tCO_2e par habitant à l'échelle de la région Grand Est ;
- 6 000 tCO_2e par habitant à l'échelle du Pays Barrois.

Ces chiffres correspondent aux quantités de carbone séquestrées (en équivalent CO_2) par habitant. La valeur élevée en Pays Barrois s'explique par la faible densité de population et par la présence significative d'espaces boisés.

2.4.4.2 La séquestration carbone sur les aires d'étude éloignée et immédiate

Selon la méthodologie présentée au chapitre 2.4.1.3 du volume VII de la présente étude d'impact, un calcul a été réalisé en croisant les données de séquestration carbone des écosystèmes avec celles relatives à la nature des sols. Cette analyse permet d'affiner la qualification de la capacité de séquestration des écosystèmes de l'aire d'étude éloignée, telle qu'indiquée dans le tableau suivant.

Tableau 2-14 Capacité de séquestration carbone par l'écosystème

Capacité de l'écosystème à séquestrer du carbone	Climat continental			
	Forêts fermées	Prairies	Cultures annuelles	Écosystèmes urbains et artificialisés
Sols peu profonds de coteaux	Modérée	Faible	Nulle	Nulle
Sols peu à moyennement profonds de plateaux	Forte	Modérée	Nulle	Nulle
Sols profonds de plateaux légèrement acides (Valanginien)	Forte	Modérée	Nulle	Nulle
Sols de bas de versants ou de vallons	Forte	Modérée	Nulle	Nulle
Sols de vallées	Très forte	Modérée	Nulle	Nulle

Sur l'aire d'étude éloignée (voir figure 2-17), la moitié de la surface environ présente une capacité de séquestration carbone nulle (cultures et zones urbanisées). Les écosystèmes présentant une capacité de séquestration carbone forte et modérée représentent respectivement de l'ordre de 23 % des surfaces, tandis que les écosystèmes ayant une faible capacité de séquestration carbone (prairies sur sols peu profonds de coteaux) représentent environ 3,5 % de la surface. Ainsi, il y a très peu de surfaces (<1 %) à très forte capacité de séquestration comme les forêts de vallées dans l'aire d'étude éloignée.

La présence de sols forestiers légèrement acides conjuguée à la prédominance de sols cultivés peu à moyennement profonds modèrent la capacité de séquestration carbone de l'aire d'étude éloignée.

Ces résultats ont été obtenus selon la méthodologie développée au chapitre 2.3.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

Sur l'aire d'étude immédiate, plus de la moitié de la surface présente une capacité de séquestration carbone nulle et environ un quart de la surface une capacité de séquestration modérée. Environ 1 % de la surface dispose d'une capacité de séquestration carbone très forte, correspondant à des espaces boisés en fond de vallée. Les surfaces à forte et à faible capacités de séquestration représentent chacune moins de 10 %.

Une représentation cartographique de la capacité de séquestration carbone des écosystèmes de l'aire d'étude éloignée est présentée sur la figure ci-après.

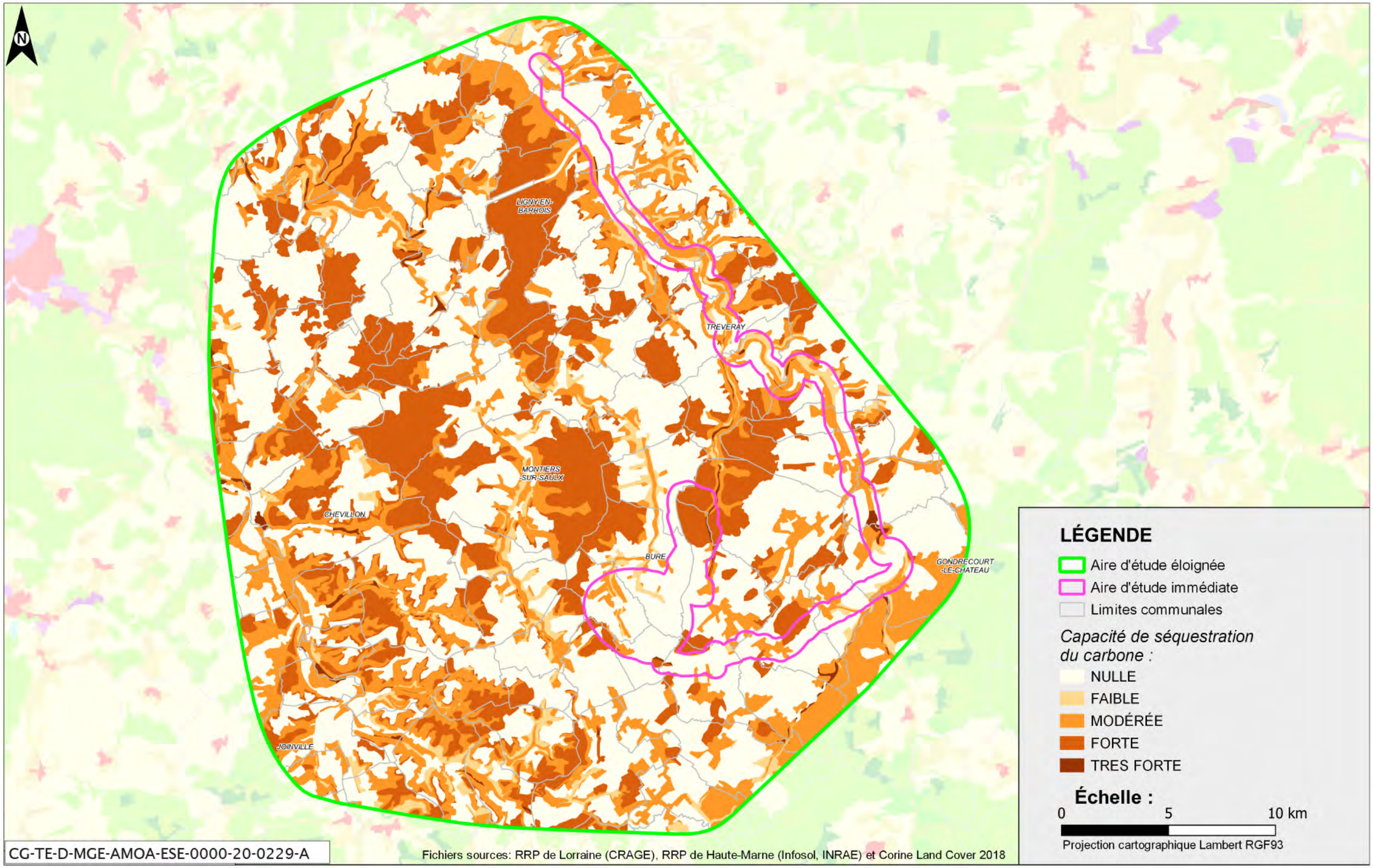


Figure 2-17 Carte de la capacité de séquestration carbone dans les aires d'étude éloignée et immédiate du milieu physique

2.4.5 Synthèse sur l'énergie et les gaz à effet de serre

- **Profil énergétique**

  Le Pays Barrois se caractérise par une consommation importante d'énergie pour le chauffage des habitations et les déplacements. Il importe les énergies fossiles nécessaires aux déplacements automobiles. Ses productions d'électricité éolienne et de chaleur grâce au bois-énergie couvrent les autres besoins. Des apports extérieurs d'électricité viennent compléter l'irrégularité de la production éolienne.

  Ainsi, l'aire d'étude rapprochée se distingue de la région Grand Est. Cette dernière est largement alimentée par l'énergie nucléaire, qui est, pour une part importante, consommée par l'industrie.

- **Potentiel en énergies renouvelables**

  L'énergie éolienne constitue 98 % de la production totale d'électricité du Pays Barrois. Des zones potentielles de développement éolien dans le Pays Barrois sont présentes au sud de Gondrecourt-le-Château et autour du Seuil d'Argon.

  La filière bois-énergie domine la production locale d'énergie thermique renouvelable avec des perspectives de développement importantes.

  Des gisements de bois, de méthane issu de l'agriculture et de récupération de chaleur des industries sont identifiés dans l'aire d'étude rapprochée.

- **Émissions de gaz à effet de serre**

  Au niveau de la région Grand Est, les émissions de gaz à effet de serre sont principalement dues à l'industrie et aux transports routiers.

  De par son profil rural, le Pays Barrois est dominé par des émissions de gaz à effet de serre issues du secteur agricole, des transports routiers et des bâtiments résidentiels.

- **Séquestration carbone**

  De nombreux paramètres influencent la capacité de séquestration carbone : le climat, la nature de l'écosystème, les pratiques de gestion associées et la nature des sols sur lesquels repose l'écosystème. La capacité de séquestration carbone de l'aire d'étude éloignée et immédiate a été étudiée à partir d'une approche croisée entre l'occupation des sols et la nature des sols sur laquelle repose l'écosystème. Ainsi, le taux de boisement relativement important de l'aire d'étude éloignée le fait apparaître comme une zone favorable à la séquestration naturelle du carbone. Toutefois, la présence de sols forestiers légèrement acides conjuguée à la prédominance de sols cultivés peu à moyennement profonds modèrent la capacité de séquestration carbone de l'aire d'étude éloignée. Il y a finalement peu de surfaces à très forte capacité de séquestration : ce sont uniquement des espaces boisés en fond de vallée. Sur l'aire d'étude immédiate, plus de la moitié de la surface présente une capacité de séquestration carbone nulle et environ un quart de la surface une capacité de séquestration modérée. Environ 1 % de la surface dispose d'une capacité de séquestration carbone très forte, correspondant à des espaces boisés en fond de vallée. Les surfaces à forte et à faible capacités de séquestration représentent chacune moins de 10 %.

Enjeux

L'aire d'étude éloignée est uniquement productrice d'énergies renouvelables, principalement d'origine éolienne et bois-énergie. Cette dernière filière présente un potentiel de développement important. Dans l'aire d'étude rapprochée, les ressources d'énergies renouvelables sont essentiellement la forêt, les gisements de méthane issus de l'agriculture et la récupération de l'énergie des industries locales. Le territoire importe des énergies fossiles pour couvrir ses importants besoins liés aux déplacements routiers. La forêt présente une capacité modérée de séquestration du carbone.

Enjeu modéré

2.5 Qualité de l'air

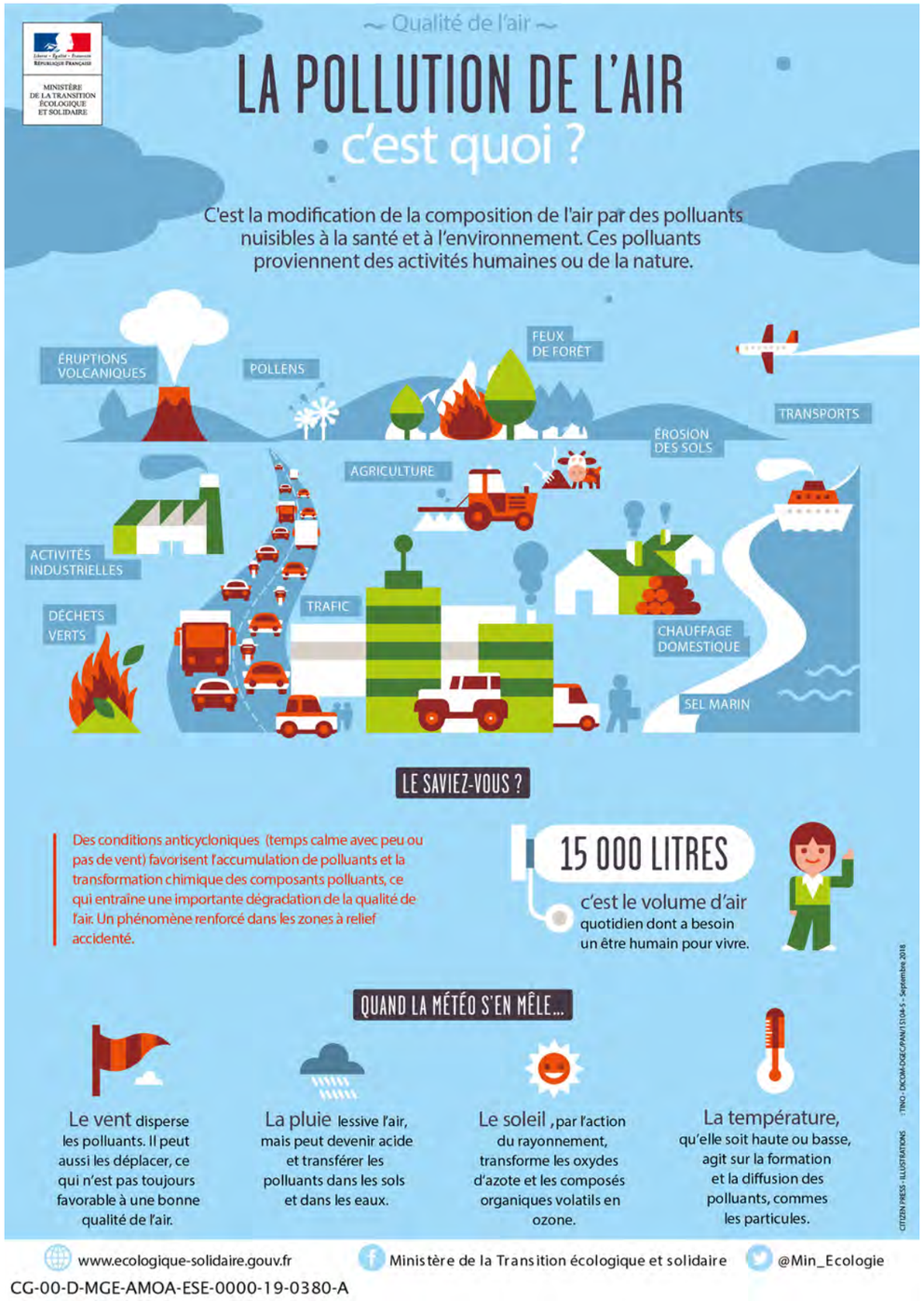


Figure 2-18 Qu'est-ce que la pollution de l'air ?

2.5.1 Paramètres conventionnels

POLLUANTS ET PARAMÈTRES CONVENTIONNELS

Le terme polluant désigne toute substance présente dans l'air ambiant et pouvant avoir des effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble. Les normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement, sont établies par polluant.

Les **paramètres conventionnels** correspondent aux composés chimiques.

L'article R. 221-1 du code de l'environnement fixe des normes de qualité de l'air pour certains polluants dans l'air déterminés à partir d'études épidémiologiques, conduites notamment par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

DÉFINITION DES NORMES DE QUALITE DE L'AIR DEFINIES DANS L'ARTICLE R. 221-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

Le terme « polluant » désigne toute substance présente dans l'air ambiant et pouvant avoir des effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Les normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement, sont établies par polluant. Les différentes normes sont définies ci-dessous.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Les valeurs de ces critères actuellement en vigueur sont présentées en annexe 1 du volume VII de la présente étude d'impact.

2.5.1.1 Aires d'étude et origine des données

Ce chapitre présente les concentrations mesurées à deux échelles : la région Grand Est et au niveau local sur l'aire d'étude rapprochée.

- les concentrations mesurées à l'échelle de la région proviennent des données des stations du réseau régional ATMO Grand Est présentées dans le bilan de la qualité de l'air Grand Est (29) ;
- à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée, les concentrations ont été mesurées à la station atmosphérique d'Houdelaincourt et par des campagnes à proximité des zones puits et descenderie. La localisation de la station atmosphérique d'Houdelaincourt et des campagnes à proximité des zones puits et descenderie sont présentées sur la figure 2-19. Elles sont détaillées au chapitre 2.5.1.1 du volume VII de la présente étude d'impact, l'ensemble des données est issu du rapport d'évaluation de la qualité de l'air ambiant à Houdelaincourt en 2020, réalisé par ATMO Grand Est.

Ces concentrations en polluants sont accompagnées d'une présentation des principaux secteurs émetteurs de polluants. Cette sectorisation est effectuée sur un périmètre intégrant la station atmosphérique d'Houdelaincourt et les zones d'intervention potentielle du projet global Cigéo.

Les concentrations en polluants présentées dans ce chapitre, mesurées à la station atmosphérique d'Houdelaincourt, sont représentatives de l'aire d'étude rapprochée. En effet, du fait de sa situation (altitude, éloignée de toute perturbation telle que des bâtiments ou bosquets), la station atmosphérique d'Houdelaincourt, située à environ quinze kilomètres à vol d'oiseau des installations de surface du centre de stockage Cigéo, est une référence pour le quart nord-est de la France.

Cette station a vocation à servir pour le suivi de la qualité de l'air tout au long des différentes phases de vie du centre de stockage Cigéo. Sa localisation a fait l'objet d'une analyse approfondie avec des experts pour garantir la représentativité des mesures réalisées (située en hauteur, éloignée de perturbation des masses d'air comme les bâtis ou les massifs boisés). Cette station, dont l'exploitation est réalisée en partenariat avec Météo-France et ATMO Grand Est, est intégrée dans plusieurs réseaux nationaux et internationaux de suivi de la qualité de l'air.

La station est installée sous les vents dominants dans une large zone agricole sans activité industrielle. Les habitations et les routes les plus proches sont à plusieurs centaines de mètres.

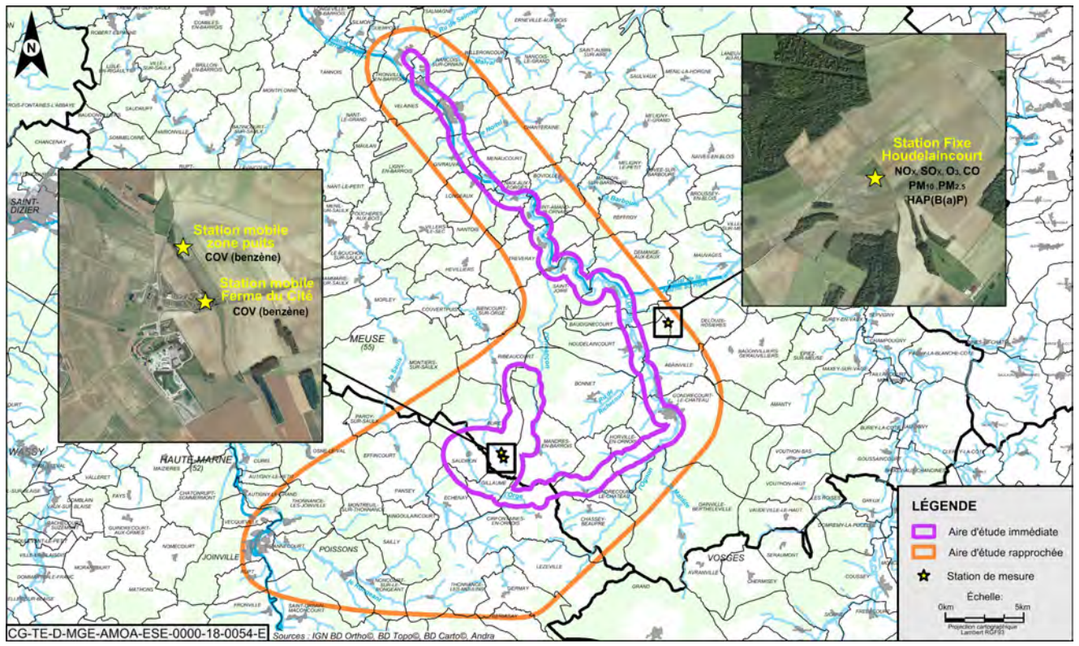


Figure 2-19 Localisation des points de mesures de la qualité de l'air

2.5.1.2 Polluants étudiés

La définition de la qualité de l'air actuelle repose sur la comparaison des concentrations mesurées aux critères nationaux d'évaluation de la qualité de l'air.

UNITÉ DE MESURE DE LA CONCENTRATION DE POLLUANTS

Les concentrations en polluants dans l'air sont souvent exprimées en « µg/m³ » (dit « microgramme par mètre cube ») ou en « ng/m³ » (dit nanogramme par mètre cube).

- 1 µg/m³ équivaut à 0,001 mg/m³ ;
- 1 ng/m³ équivaut à 0,000 001 mg/m³.

Les polluants mesurés, ainsi que leur origine sont indiqués ci-dessous :

- **le dioxyde d'azote (NO_2)** est émis lors de processus de combustion. Le NO_2 est issu de l'oxydation de l'oxyde d'azote (NO). (NO). Les principales sources d'émission de NO_x sont le transport routier et les secteurs de l'industrie et de la production d'énergie. Le NO_2 est le composé représentatif de la famille de NOx, il est donc utilisé comme traceur ;
- **le dioxyde de soufre (SO_2)** est un gaz principalement émis par le secteur industriel, et plus particulièrement par les centrales de production thermique. Il est émis lors de l'utilisation de combustibles fossiles contenant du soufre (fuel, charbon…) ;
- **les composés organiques, volatils (COV)**, regroupent une multitude de substances dont **le benzène, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)** sous forme gazeuse et particulaire comme le benzo(a)pyrène. Émis lors de tout processus de combustion, en particulier dans le secteur industriel (raffineries, usines d'incinération des déchets, centrales thermiques à charbon, fonderies…) ainsi que dans toutes les combustions du secteur tertiaire et résidentiel (bois en foyer ouvert par exemple), ils sont également présents dans les émissions des véhicules, notamment les véhicules diesel ;
- **l'ozone (O_3)** présent dans les basses couches de l'atmosphère (située entre le sol et 10 km d'altitude) agit comme un polluant alors que dans les hautes couches de l'atmosphère, il agit comme une protection contre les radiations nuisibles du soleil. C'est un gaz à effet de serre.

  L'ozone est un gaz incolore et irritant ayant une odeur âcre à laquelle notre odorat s'habitue rapidement L'ozone est un polluant secondaire : il est issu de plusieurs réactions chimiques faisant intervenir des composés précurseurs : les polluants primaires (COV et NO_x principalement émis par les activités humaines), soumis à l'influence des conditions atmosphériques. En effet, ces réactions nécessitent le rayonnement intense du soleil, c'est ce qu'on appelle la pollution photochimique.

  L'ozone a une durée de vie de quelques jours dans les basses couches de l'atmosphère, de sorte qu'il peut être transporté loin de sa zone de formation : cette pollution s'observe en général de manière plus intense en été dans les régions périurbaines et rurales sous le vent des agglomérations ;
- **le monoxyde de carbone (CO)** est un gaz inflammable, inodore et incolore (ce qui accentue sa dangerosité), essentiellement formé de manière anthropique. Ce composé provient de la combustion incomplète des combustibles et des carburants, généralement due à des installations mal réglées (c'est tout particulièrement le cas des toutes petites installations). Il est aussi présent dans les rejets de certains procédés industriels (agglomération de minerai, aciéries, incinération de déchets) mais aussi et surtout présent dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles. Fortement émis par le transport routier et donc présent à proximité immédiate des voies de circulation, le monoxyde de carbone est principalement mesuré sur des sites de trafic routier ;
- **les particules** en suspension de diamètre inférieur à 10 µm et à 2,5 µm (respectivement, PM_{10} et $PM_{2,5}$) , ont de nombreuses origines, naturelles (volcans, érosion, pollens, sels de mer…) et anthropiques (incinération, combustion, activités agricoles, chantiers…). Elles constituent un complexe de substances organiques ou minérales et peuvent véhiculer d'autres polluants. La taille des particules varie, allant de quelques nanomètres à plusieurs dizaines de micromètres ;
- les métaux lourds (arsenic, cadmium, nickel et plomb).

Les chapitres suivants décrivent l'état initial de la qualité de l'air relative à chaque polluant, selon la structure suivante :

- valeurs réglementaires de qualité pour l'élément considéré ;
- état et évolution de la qualité de l'air à l'échelle régionale pour le polluant considéré, décrite selon trois influences : situation de fond, de proximité trafic ou de proximité industrielle ;
- description des émissions au niveau local, par secteur et résultats de mesures.

EMISSIONS CONVENTIONNELLES ET INFLUENCES

Les émissions chimiques dans l'air peuvent être étudiées selon les influences présentes dans leur environnement proche. Leur prise en compte permet une caractérisation plus fine des émissions dans l'air, en croisant les données collectées avec la situation à proximité. La qualité de l'air est décrite selon trois influences :

- en situation de **fond**, correspondant aux zones éloignées des sources d'émissions de polluants ;
- en situation de « **proximité trafic** », dans les zones soumises à des pollutions engendrées directement par les émissions du trafic ;
- en situation de « **proximité industrielle** », dont la pollution est engendrée par les activités industrielles situées à proximité.

2.5.1.3 Dioxyde d'azote (NO_2)

Le tableau 2-15 présente les valeurs réglementaires de qualité pour le dioxyde d'azote.

Tableau 2-15 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote (NO_2)

Objectif de qualité	40 µg/m³ en moyenne annuelle
Valeur cible	-
Valeur limite	En moyenne annuelle : 40 µg/m³ En moyenne horaire : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois par an
Seuil d'information et de recommandation	En moyenne horaire : 200 µg/m³
Seuil d'alerte	En moyenne horaire : 400 µg/m³ dépassé sur 3h consécutives 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain

2.5.1.3.1 À l'échelle de la région

À l'échelle régionale, entre 2016 et 2020, les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote ont diminué de 29 % en situation de fond, 30 % en proximité trafic et 38 % en proximité industrielle (cf. Figure 2-20). En 2020, les niveaux sont établis à 10 µg/m³ en proximité industrielle et 12 µg/m³ en fond urbain. En proximité trafic, les moyennes annuelles en dioxyde d'azote restent nettement plus élevées avec une moyenne de 23 µg/m³ en 2020 (30)

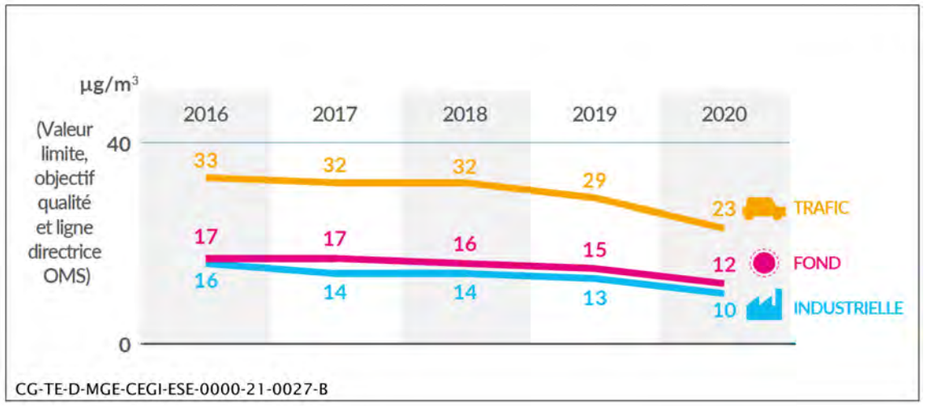


Figure 2-20 Évolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, AtMO Grand Est (30)

2.5.1.3.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Sur l'aire d'étude rapprochée, les oxydes d'azote proviennent pour près de la moitié du secteur regroupant les activités agricoles, sylvicoles et aquacoles (49 %), suivi par le transport routier (28 %) et le secteur regroupant les activités résidentielles, tertiaires, commerciales et institutionnelles (près de 16 %) (cf. Figure 2-21).

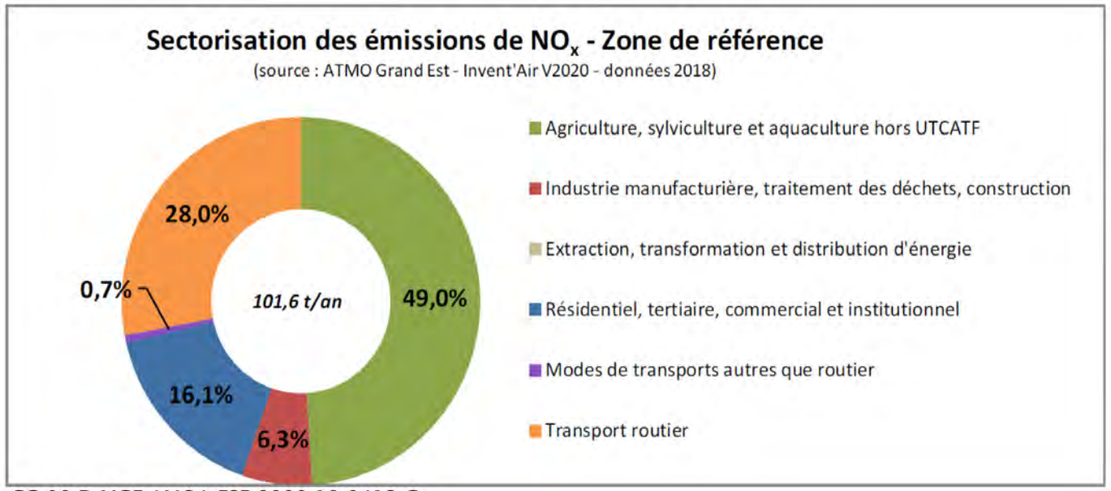


Figure 2-21 Sectorisation des émissions de NOx sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

La figure 2-22 présente l'évolution des moyennes annuelles et des maxima horaires des teneurs en NO_2 depuis la mise en service de la station d'Houdelaincourt.

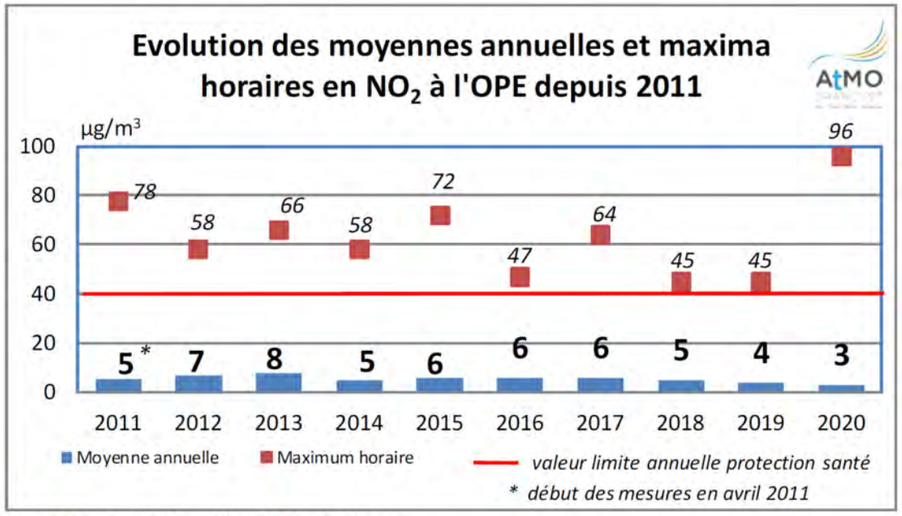


Figure 2-22 Évolution des teneurs annuelles en NO_2 et des maximas horaires à Houdelaincourt (2011-2020)

Pour la période 2011-2020, la concentration moyenne annuelle varie entre 3 et 8 µg/m³, avec des niveaux peu élevés la grande majorité du temps. Quelques légères hausses ponctuelles sont néanmoins observables chaque année ; le maxima horaire observé sur la période est de 96 µg/m³, atteint en 2020. Ces hausses ont lieu essentiellement en période hivernale, à relier avec des conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion des masses d'air. Depuis la mise en service de ce point fixe, le constat est identique chaque année, à savoir de faibles valeurs moyennes annuelles. Aucune évolution significative n'est à relever.

La concentration moyenne annuelle en NO_2 à Houdelaincourt correspond à un niveau de fond rural et est globalement du même ordre de grandeur que celle issue de l'ensemble des sites de typologie rurale de fond de la région Grand Est. Ces teneurs moyennes. À titre comparatif, le niveau moyen annuel en 2020 est cinq fois inférieur à l'ensemble des sites de typologie urbaine du Grand Est, et environ huit fois inférieur à l'ensemble des stations fixes d'influence trafic dans la région.

Les concentrations en NO_2 et en NOx mesurées en 2020 sont largement inférieures aux différentes valeurs réglementaires. Aucun seuil d'information et/ou d'alerte n'a été dépassé pour le NO_2.

2.5.1.4 Dioxyde de soufre (SO_2)

Le tableau 2-16 présente les valeurs réglementaires de qualité pour le dioxyde de soufre.

Tableau 2-16 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le dioxyde de soufre (SO_2)

Objectif de qualité	50 µg/m³ en moyenne annuelle
Valeur cible	-
Valeur limite	En moyenne journalière : 125 µg/m³ ; à ne pas dépasser plus de trois jours par an. En moyenne horaire : 350 µg/m³ ; à ne pas dépasser plus de 24 fois par an.
Seuil d'information et de recommandation	En moyenne horaire : 300 µg/m³
Seuil d'alerte	En moyenne horaire : 500 µg/m³ sur trois heures consécutives

2.5.1.4.1 À l'échelle de la région

À l'échelle régionale, entre 2016 et 2020, les moyennes annuelles des teneurs en dioxyde de soufre sont très faibles (cf. Figure 2-23), en-dessous de 5 µg/m³ en moyenne sur les cinq dernières années, pour tout type d'influence. En 2020, elles se situent entre 1 µg/m³ et 2 µg/m³, les niveaux restant malgré tout plus élevés en proximité industrielle, en lien avec des activités émettrices de dioxyde de soufre (notamment cimenterie, production de produits chimiques) (30).

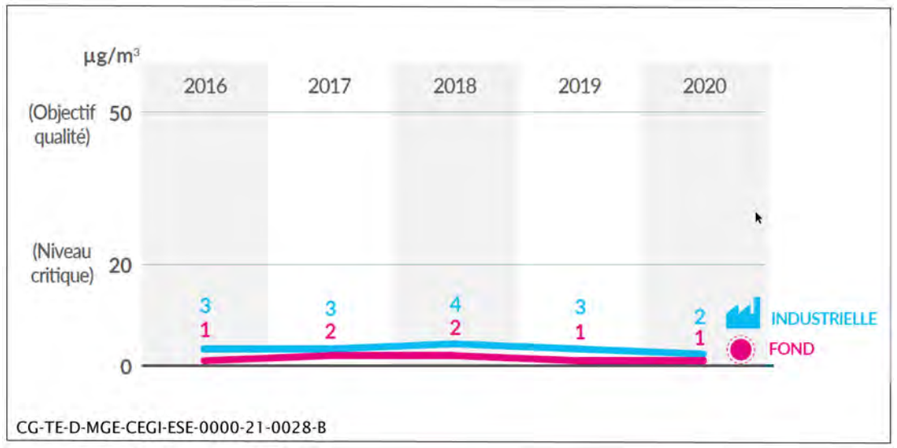


Figure 2-23 Évolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.4.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Avec près de 90 %, le secteur résidentiel-tertiaire-commercial et institutionnel est le principal émetteur de dioxyde de soufre dans l'aire d'étude rapprochée (cf. Figure 2-24). Viennent ensuite les autres secteurs d'activités pour moins de 13 %.

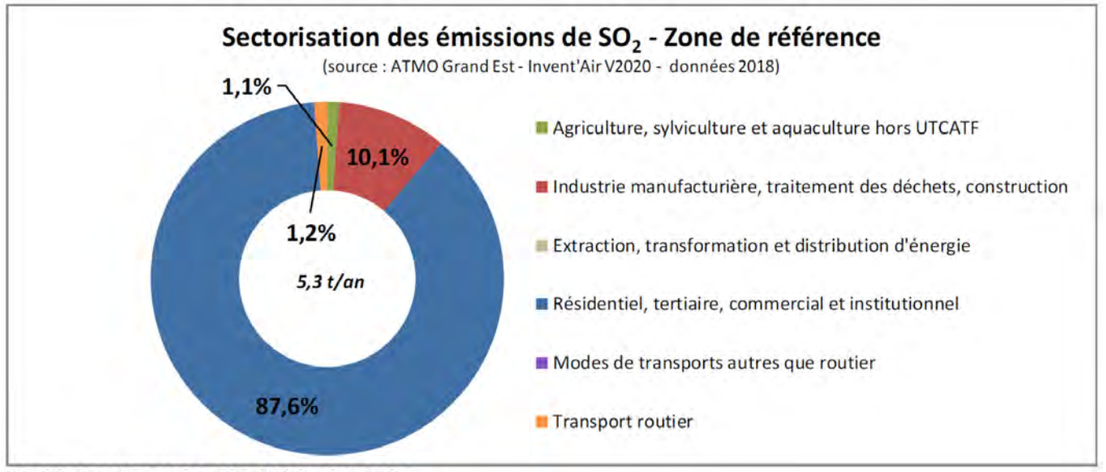


Figure 2-24 Sectorisation des émissions de SO_2 sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

La figure 2-25 présente l'évolution des valeurs moyennes annuelles et des maximas horaires depuis la mise en service de la station d'Houdelaincourt.

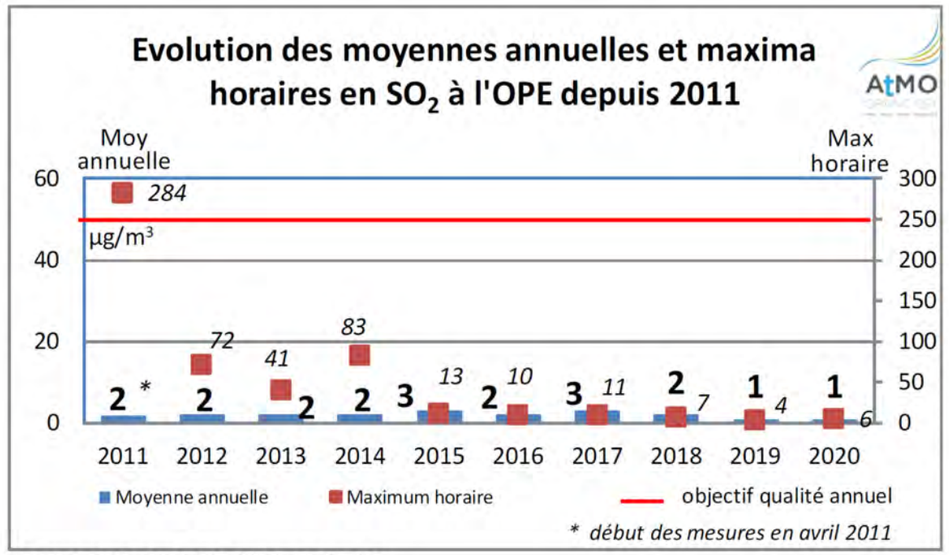


Figure 2-25 Évolution des teneurs moyennes annuelles en SO_2 et des maximas horaires à Houdelaincourt (2011-2020)

Les moyennes annuelles relevées en SO_2 depuis 2011 demeurent identiques et très faibles depuis la mise en service du site (valeurs moyennes annuelles oscillant essentiellement entre 2 et 3 µg/m³). Elles correspondent aux niveaux de fond rural pour ce composé, et sont du même ordre de grandeur que les autres stations fixes sur le Grand Est.

Les concentrations obtenues sont très largement inférieures aux différentes valeurs réglementaires.

Aucun seuil d'information (300 µg/m³ en moyenne horaire) et/ou d'alerte (500 µg/m³ en moyenne horaire) n'a été dépassé pour le SO_2.

2.5.1.5 Ozone (O_3)

Le tableau 2-17 présente les valeurs réglementaires de qualité pour l'ozone.

Tableau 2-17 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour l'ozone (O_3)

Objectif de qualité	120 µg/m³ en maximum journalier de la moyenne sur huit heures pendant une année civile Objectif long terme pour la protection de la végétation AOT40 : 6 000 µg/m³
Valeur cible	En moyenne journalière : 120 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 25 jours par an Valeur cible pour la protection de la végétation AOT40 : 18 000 µg/m³
Valeur limite	-
Seuil d'information et de recommandation	En moyenne horaire : 180 µg/m³ sur une heure
Seuil d'alerte	En moyenne horaire : 240 µg/m³ sur une heure

2.5.1.5.1 À l'échelle de la région

L'ozone est un polluant photochimique secondaire dont les concentrations sont tributaires des conditions météorologiques, notamment de la température et de l'insolation. En raison du mode de formation/destruction de ce composé secondaire, les niveaux de fond en ozone sont plus faibles en période hivernale et plus élevés en période printanière et estivale. À une échelle régionale, les moyennes les plus faibles sont observées en situation de fond urbain, tandis que les plus élevées sont observées en situation de fond rural (cf. Figure 2-26). La présence plus importante de composés participant à la destruction de l'ozone en milieu urbain explique en grande partie ces écarts. L'évolution des niveaux de fond sur les trois typologies est similaire sur les cinq dernières années et représente de 15 % à 23 % d'augmentation sur la période 2016-2020 (30).

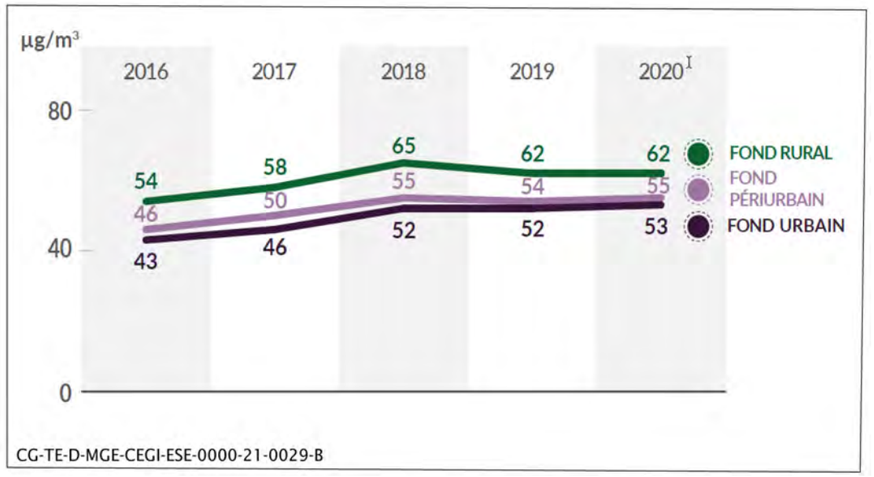


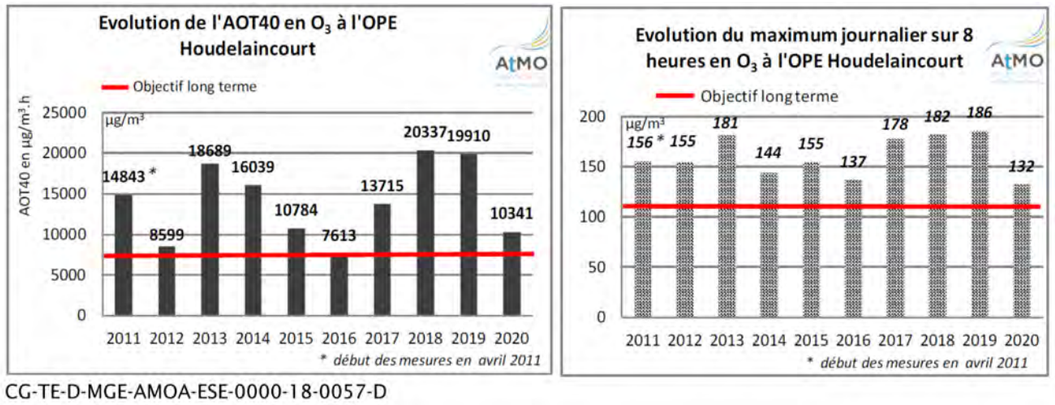
Figure 2-26 Évolution des concentrations moyennes annuelles en ozone selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.5.2 À l'échelle locale

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

La figure 2-22 présente l'évolution, depuis la mise en service de la station d'Houdelaincourt, du maximum journalier sur huit heures en O_3, ainsi que l'évolution de l'AOT40 (*Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 parts per billion*), correspondant à a somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ (40 parties par milliard) et le seuil de 80 µg/m³ durant une période donnée.



CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-18-0057-D

Figure 2-27 Évolution de l'AOT40 et du maximum journalier sur huit heures en O_3 à Houdelaincourt (2011-2020)

Depuis la mise en service de la station d'Houdelaincourt, l'objectif long terme pour la protection de la végétation (AOT40) est systématiquement dépassé. L'AOT40 varie de 7 613 µg/m³ à 20 337 µg/m³, maximum atteint en 2018. L'objectif long terme est également dépassé tous les ans pour le maximum journalier sur huit heures, avec la plus grande valeur atteinte en 2019 (186 µg/m³).

La valeur cible de protection de la santé humaine, à ne pas dépasser plus de 25 jours par an, est respectée en 2020 et en 2019, et s'en approche sur la période 2018-2020 (23 jours). La ligne directrice de l'OMS est également dépassée.

Ces dépassements ne sont pas localisés mais concernent l'ensemble de la région Grand Est. L'ozone est en effet un polluant présentant une problématique plutôt régionale à internationale, que locale.

2.5.1.6 Monoxyde de carbone (CO)

Le tableau 2-18 présente les valeurs réglementaires de qualité pour le monoxyde de carbone.

Tableau 2-18 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le monoxyde de carbone (CO)

Objectif de qualité	-
Valeur cible	-
Valeur limite	En moyenne journalière : 10 mg/m³
Seuil d'information et de recommandation	-
Seuil d'alerte	-

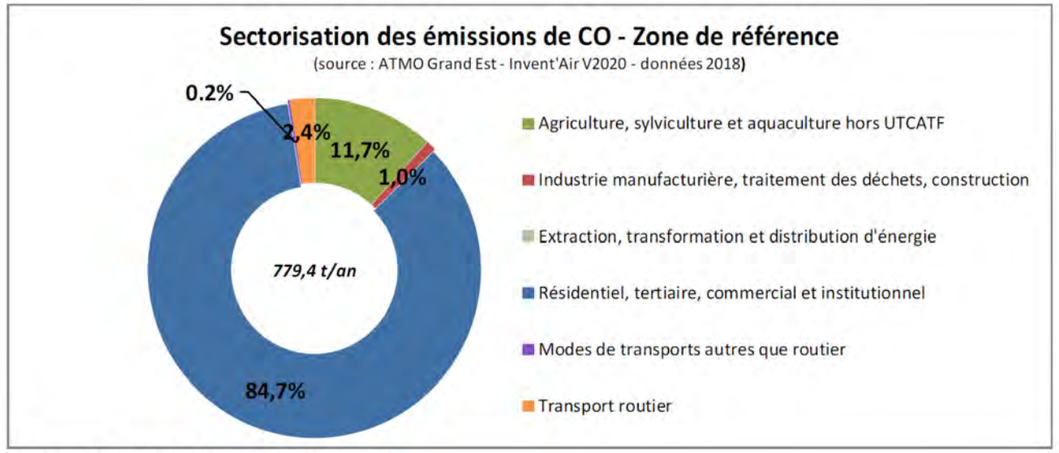
2.5.1.6.1 À l'échelle de la région

Le monoxyde de carbone ne fait pas l'objet de suivi à l'échelle du Grand Est.

2.5.1.6.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Le secteur résidentiel-tertiaire-commercial et institutionnel émet la majorité du monoxyde de carbone (près de 85 %) sur l'aire d'étude rapprochée, suivi par l'agriculture-sylviculture-aquaculture (près de 12 %) (cf. Figure 2-28).



CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0411-C

Figure 2-28 Sectorisation des émissions de CO sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

La figure 2-29 présente l'évolution des valeurs moyennes annuelles et des maximas horaires des teneurs en CO depuis la mise en service de la station d'Houdelaincourt.

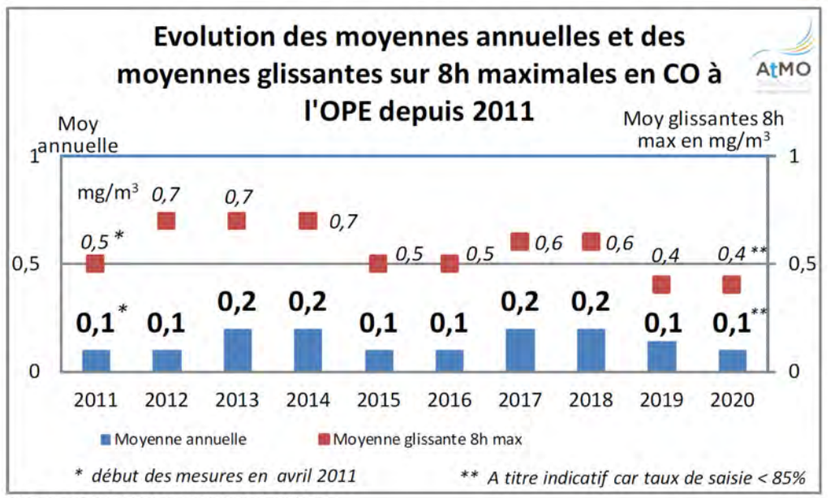


Figure 2-29 *Évolution des concentrations annuelles et des moyennes glissantes maximales sur huit heures en CO à Houdelaincourt (2011-2020)*

Les niveaux moyens annuels de ce composé, qui est, pour rappel, issu de combustions incomplètes, sont faibles et stables depuis le début des mesures en 2011 (entre 0,1 et 0,2 mg/m3). Ils correspondent à des niveaux de fond. La moyenne glissante maximale sur huit heures reste inférieure à 1 mg/m³.

Les concentrations mesurées en CO demeurent très faibles et largement inférieures aux différentes valeurs réglementaires.

2.5.1.7 Particules PM_{10}

Le tableau 2-19 présente les valeurs réglementaires de qualité pour les particules PM_{10}.

Tableau 2-19 *Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour les particules PM_{10}*

Objectif de qualité	30 µg/m³ en moyenne annuelle
Valeur cible	-
Valeur limite	En moyenne annuelle : 40 µg/m³ En moyenne journalière : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 fois par an
Seuil d'information et de recommandation	En moyenne journalière : 50 µg/m³
Seuil d'alerte	En moyenne journalière : 80 µg/m³

2.5.1.7.1 À l'échelle de la région

À l'échelle régionale, les niveaux de particules PM_{10} sont stables entre 2016 et 2020 (16 à 17 µg/m³) (cf. Figure 2-30). Les niveaux de fond sont très proches de ceux de proximité industrielle avec, toutefois, une baisse observable sur 2019 et 2020. En proximité trafic, les moyennes sont plus élevées, en moyenne, de 5 µg/m3 par rapport aux autres influences. Tout comme les sites de fond, les niveaux sont stables entre 2016 et 2018 puis baissent de 3 µg/m³ en deux ans (30).

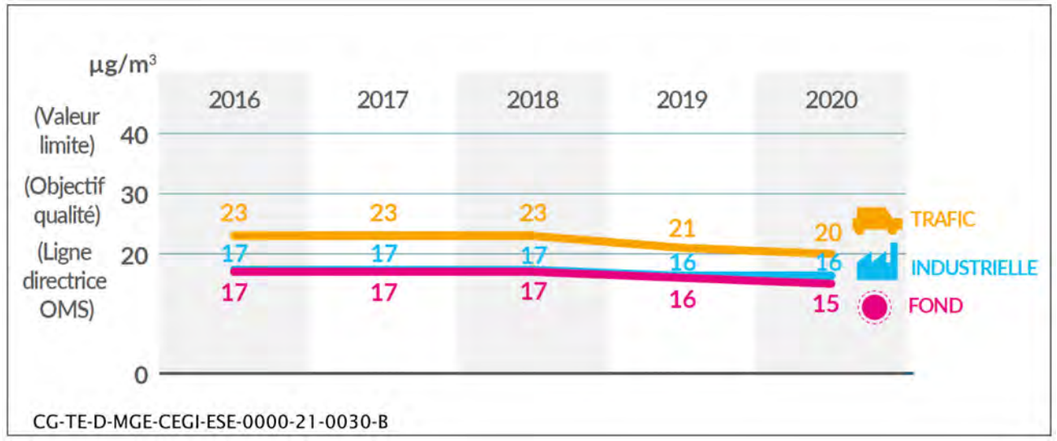


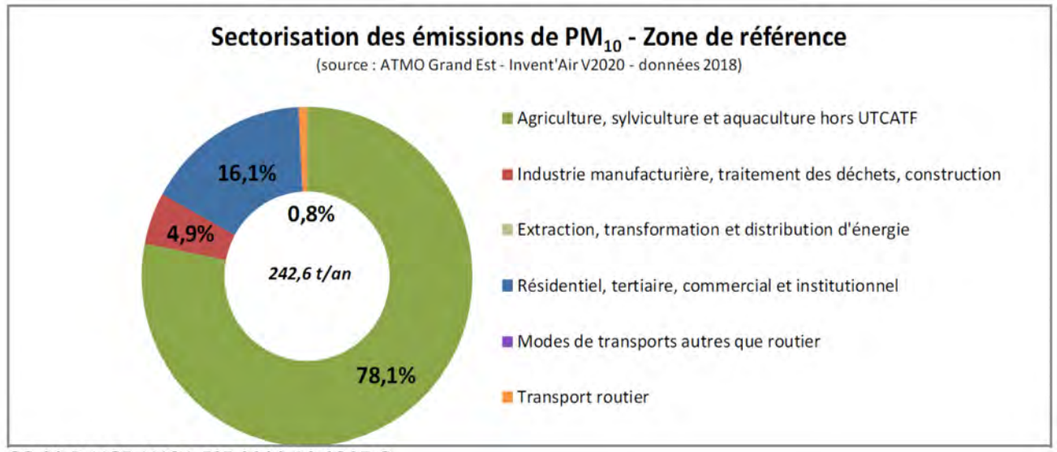
Figure 2-30 *Évolution des concentrations moyennes annuelles en particules PM_{10} selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³)*

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.7.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Le secteur relatif à l'agriculture-sylviculture-aquaculture représente la principale source d'émissions de PM_{10} (78 %), en raison du caractère agricole et rural de l'aire d'étude rapprochée (cf. Figure 2-31). Le secteur résidentiel-tertiaire-commercial et institutionnel émet quant à lui 16 % des PM_{10}.

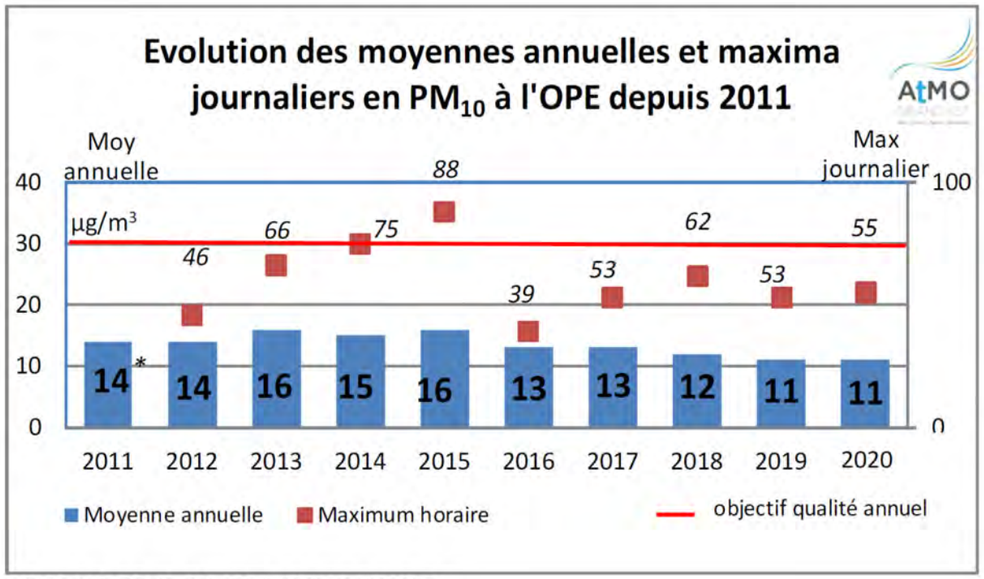


CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0387-C

Figure 2-31 Sectorisation des émissions de PM_{10} sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

La figure 2-32 présente l'évolution des concentrations annuelles et des maxima journaliers depuis la mise en service de la station d'Houdelaincourt.



CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-18-0059-D

Figure 2-32 Évolution des concentrations annuelles et des maxima journaliers en PM_{10} à Houdelaincourt (2011-2020)

Depuis le début des mesures en PM_{10}, les concentrations moyennes annuelles observées ont varié entre 11 µg/m³ et 16 µg/m³.

Lors de conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion des masses d'air (généralement entre janvier et mars, parfois en été), des hausses ponctuelles sont observées chaque année.

Concernant les maximas journaliers mesurés depuis 2011, ils oscillent entre 39 µg/m³ en 2016 et 88 µg/m³ en 2015 (temps ensoleillé et froid, combiné à une très nette inversion thermique, et des hausses d'émissions en polluants à cette période).

Des hausses ponctuelles marquées et sur de courtes durées se produisent parfois en particules PM_{10}, tout comme les années antérieures. Elles sont généralement observées lors de conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion des masses d'air (air stable).

La moyenne annuelle à Houdelaincourt, pouvant être assimilée à un niveau moyen de fond rural, est inférieure à ce que l'on peut mesurer dans les zones urbaines de fond dans le Grand Est.

Les niveaux obtenus en PM_{10} respectent les différentes valeurs réglementaires. Le seuil d'information - recommandations a été dépassé au niveau de la station d'Houdelaincourt le 28 mars 2020, sans déclenchement de la procédure. Quant au seuil d'alerte, il n'a pas été atteint en 2020 sur le site.

2.5.1.8 Particules $PM_{2,5}$

Le tableau 2-20 présente les valeurs réglementaires de qualité pour les particules $PM_{2,5}$.

Tableau 2-20 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour les particules $PM_{2,5}$

Objectif de qualité	10 µg/m³ en moyenne annuelle
Valeur cible	En moyenne annuelle : 20 µg/m³
Valeur limite	En moyenne annuelle : 25 µg/m³
Seuil d'information et de recommandation	-
Seuil d'alerte	-

2.5.1.8.1 À l'échelle de la région

À l'échelle régionale, entre 2016 et 2020, les concentrations moyennes en particules $PM_{2,5}$ montrent, en situation de proximité trafic, une baisse constante de 1 µg/m³ par année pour atteindre 10 µg/m³ en 2020, soit une baisse de 29 % sur la période (cf. Figure 2-33). En situation de fond, les niveaux étaient stables de 2016 à 2018 (12 µg/m³) puis ont baissé les deux dernières années pour atteindre 9 µg/m³ en 2020 (30).

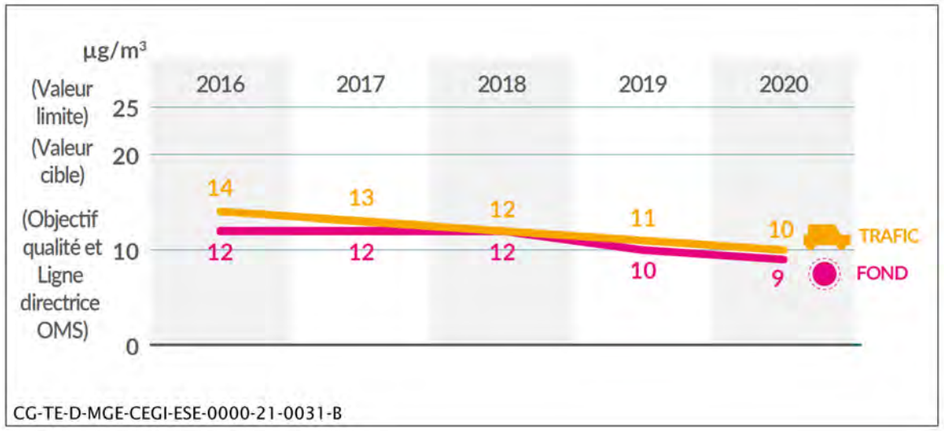


Figure 2-33 Évolution des concentrations moyennes annuelles en particules fines $PM_{2,5}$ selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.8.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Pour les $PM_{2,5}$, les secteurs regroupant les activités agricole et sylvicole et résidentiel-tertiaire représentent, à eux seuls, plus de 95 % des émissions totales de l'aire d'étude rapprochée (cf. Figure 2-34). Les secteurs liés au transport routier et à l'industrie manufacturière émettent une part beaucoup plus faible des $PM_{2,5}$, seulement 4,6 %.

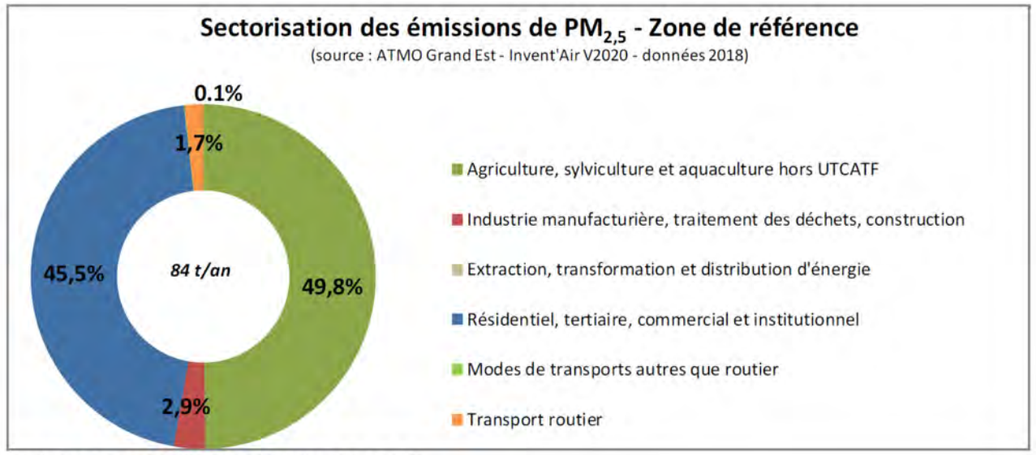


Figure 2-34 Sectorisation des émissions de $PM_{2,5}$ sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

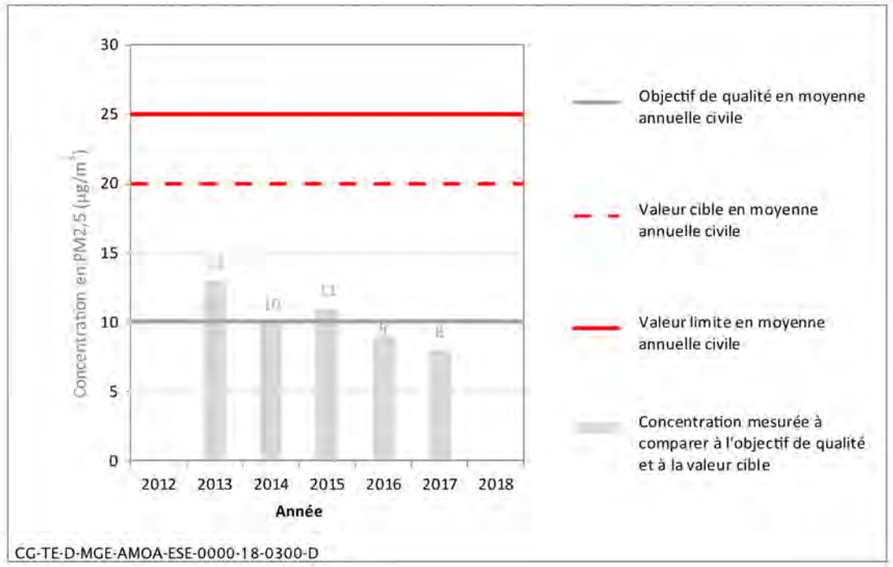


Figure 2-35 Évolution des concentrations en $PM_{2,5}$ sur Houdelaincourt (2012-2018)

Les concentrations moyennes annuelles mesurées à la station d'Houdelaincourt sont disponibles sur la période 2013-2017[4]. Pour des raisons techniques liées aux appareils de mesures, les résultats ne sont pas disponibles pour les années 2019 et 2020.

Depuis 2013, la concentration moyenne annuelle mesurée à Houdelaincourt est stable. Les teneurs en $PM_{2,5}$ mesurées sont comprises entre 13 µg/m³ et 8 µg/m³ (cf. Figure 2-35). Ces concentrations moyennes annuelles mesurées à Houdelaincourt peuvent être assimilées à un niveau moyen de fond rural. Ces concentrations restent inférieures aux moyennes régionales, qui varient entre 14 µg/m³ et 10 µg/m³ entre 2015 et 2019 en situation de fond urbain.

L'objectif de qualité a été dépassé en 2013 et 2015. Toutefois les valeurs cibles et valeurs limites (fixées respectivement à 20 µg/m³ et 25 µg/m³) n'ont pas été atteintes.

Les $PM_{2,5}$ ne sont pas concernées, ni par un seuil d'information et de recommandation, ni par un seuil d'alerte.

Les mesures des *maxima* journaliers mettent en évidence quelques hausses ponctuelles en cours d'année. Elles se produisent généralement entre décembre et mars, lors de conditions météorologiques particulièrement défavorables à de bonnes conditions de dispersion des masses d'air (temps froid, air stable…).

[4] En raison de problèmes techniques rencontrés au niveau de l'appareil de mesures, les résultats ne sont pas disponibles en 2018. À titre indicatif, le taux de fonctionnement atteint 11 % cette année-là.

2.5.1.9 Benzène

Le tableau 2-21 présente les valeurs réglementaires de qualité pour le benzène.

Tableau 2-21 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le benzène

Objectif de qualité	2 µg/m³ en moyenne annuelle
Valeur cible	
Valeur limite	En moyenne annuelle : 5 µg/m³
Seuil d'information et de recommandation	
Seuil d'alerte	

2.5.1.9.1 À l'échelle de la région

Le benzène est un composé organique volatil non méthanique (COVNM). Il est le seul COV faisant l'objet d'une règlementation.

À une échelle régionale, sur les cinq dernières années, les moyennes annuelles en benzène montrent une tendance à la baisse en situation de fond périurbain (1,1 µg/m³ en 2016 contre 0,5 µg/m³ en 2020, cf. Figure 2-36). En proximité industrielle, une baisse de 0,3 µg/m³ est observée entre 2019 et 2020, avec une moyenne de 1,8 µg/m³ en 2020, la plus faible sur la période 2016-2020. En situation trafic, les moyennes annuelles sont de 0,8 µg/m³ en 2020 (30).

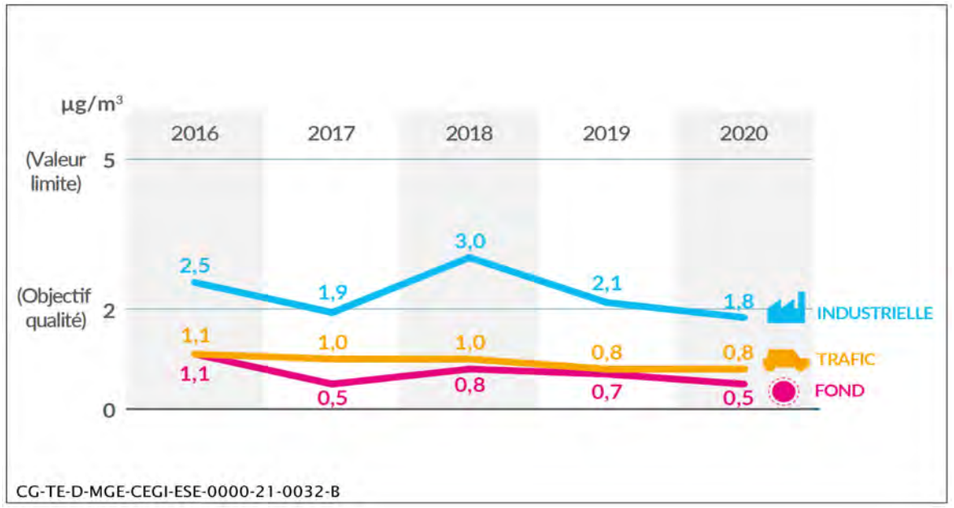


Figure 2-36 Évolution des concentrations moyennes annuelles en benzène selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.9.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Sur l'aire d'étude rapprochée, le benzène provient essentiellement du secteur résidentiel-tertiaire-commercial et institutionnel (84 %), et du secteur agricole-sylvicole-aquacole (12 %) (cf. Figure 2-37).

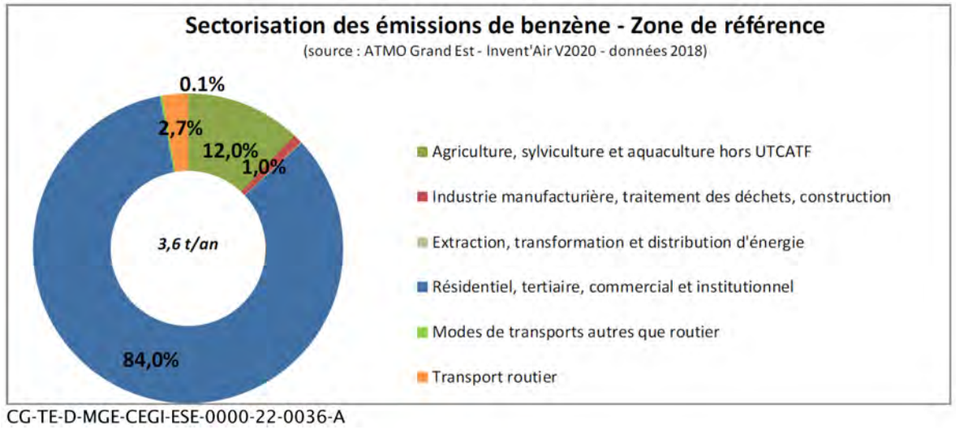


Figure 2-37 Sectorisation des émissions de benzène sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

En 2020, des campagnes de mesures du benzène ont été réalisées à la station d'Houdelaincourt ; les résultats sont présentés à la figure 2-38. Avant 2020, le benzène ne faisait pas l'objet de suivi continu.

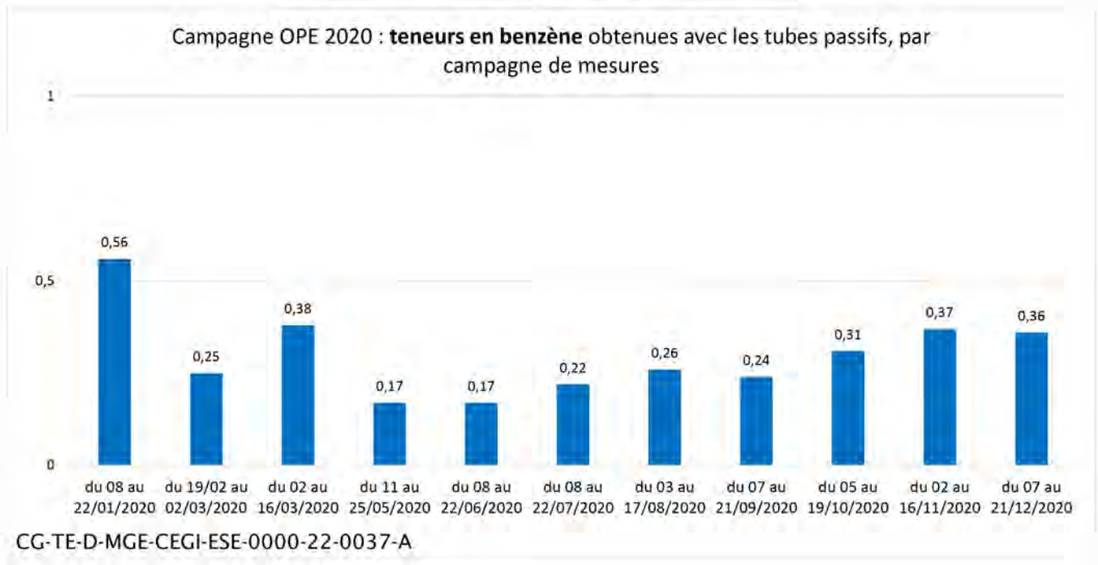


Figure 2-38 Concentrations moyennes obtenues en benzène par campagne de mesures à Houdelaincourt en 2020

La valeur moyenne annuelle du benzène est de 0,3 µg/m³ en 2020. À titre indicatif, la concentration de benzène a été mesurée lors d'une campagne mobile effectuée en 2015 à proximité de la zone puits : les valeurs moyennes obtenues étaient comprises entre 0,4 µg/m³ et 0,7 µg/m³.

Ces résultats sont inférieurs à l'objectif de qualité fixé à l'échelle annuelle de 2 µg/m³ et à la valeur limite annuelle fixée à 5 µg/m³. Les concentrations sont également inférieures aux moyennes régionales.

2.5.1.10 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Le tableau 2-22 présente les valeurs réglementaires de qualité pour les hydrocarbures aromatiques polycyclique, et en particulier pour le benzo(a)pyrène.

Tableau 2-22 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le benzo(a)pyrène

Objectif de qualité	-
Valeur cible	En moyenne annuelle : 1 ng/m³
Valeur limite	-
Seuil d'information et de recommandation	-
Seuil d'alerte	-

2.5.1.10.1 À l'échelle de la région

À l'échelle régionale, de 2016 à 2020, les moyennes annuelles de benzo(a)pyrène (B(a)P) en situation de fond montrent une tendance à la baisse (0,8 à 0,9 ng/m³ en 2016/2017 contre 0,4 ng/m³ en 2020, cf. Figure 2-39). En proximité industrielle, l'année 2020 est marquée par une baisse significative des niveaux de benzo(a)pyrène (baisse de 1,3 ng/m³ par rapport à 2019) En situation trafic, les moyennes annuelles se situent à 0,2 ng/m³ en 2018 et 2020 contre 0,5 ng/m³ en 2016 (30).

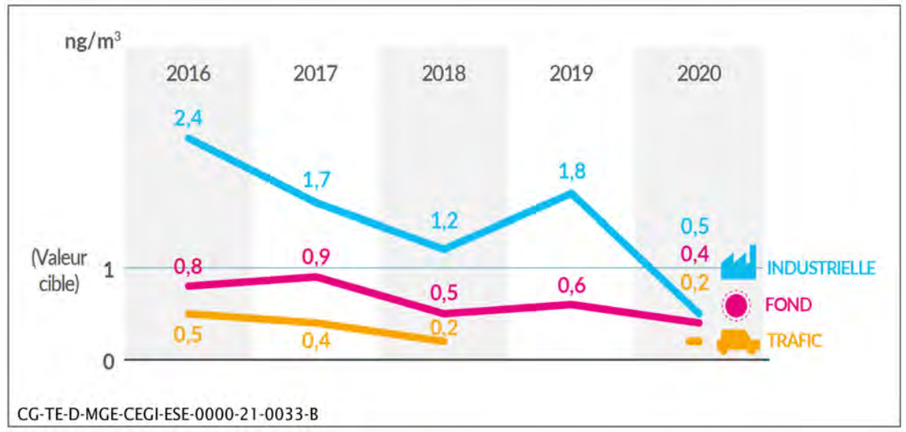


Figure 2-39 Évolution des concentrations moyennes annuelles en benzo(a)pyrène selon l'influence de 2016 à 2020 (en ng/m³)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.10.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Sur l'aire d'étude rapprochée, le secteur résidentiel-tertiaire-commercial et institutionnel émet les quatre-cinquièmes des HAP (82 %) (cf. Figure 2-40). Vient ensuite pour 10 % le secteur regroupant les activités agricole et sylvicole, puis dans une proportion plus faible, près de 7 %, le transport routier.

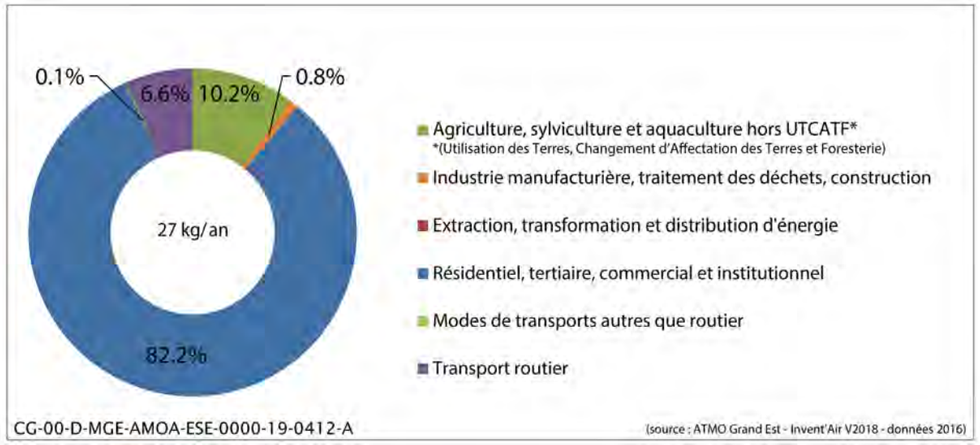


Figure 2-40 Émissions des HAP par secteur d'activité en 2017

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

En 2020, des prélèvements de HAP dans les PM_{10} ont été réalisés, avec comme périodicité un prélèvement sur vingt-quatre heures réalisé tous les six jours.

Cependant, en raison de divers problèmes d'ordre technique rencontrés tout au long de l'année (blancs non conformes, soucis liés aux filtres et/ou aux volumes, à la température trop élevée de la station…), et suite aux confinements dus à la crise sanitaire liée au Covid, le nombre de résultats exploitables est insuffisant (36), ce qui ne permet pas le calcul d'une valeur moyenne annuelle en benzo(a)pyrène, seul composé actuellement réglementé. Par conséquent, les valeurs minimales et maximales relevées en 2020 sont présentées sur la figure 2-41.

	Composé	Valeur minimale*	Valeur maximale
HAP réglementé	Benzo(a)pyrène	0,01	0,34
HAP non réglementés	Chrysène	0,01	0,29
	Benzo(j)fluoranthène	0,01	0,31
	Benzo(g,h,i)pérylène	0,01	0,49
	Dibenzo(a,h)anthracène	0,01	0,02
	Benzo(a)anthracène	0,01	0,16
	Benzo(e)pyrène	0,01	0,41
	Benzo(b)fluoranthène	0,01	0,60
	Benzo(k)fluoranthène	0,01	0,24
	Indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,01	0,50

* Pour rappel, lorsque les valeurs identifiées sont inférieures à la valeur limite de quantification (LQ), elles sont remplacées par la valeur de la LQ/2 (0,01 ng/m³).

CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0034-B

Figure 2-41 Valeurs minimales et maximales obtenues en HAP (ng/m³) dans les PM_{10} à Houdelaincourt en 2020

Concernant la répartition des divers composés mesurés, tout comme les années précédentes, le benzo(b)fluoranthène reste le HAP présentant les teneurs moyennes les plus élevées : ce composé représente 18 % des HAP mesurés en 2020 (16 % en 2019, 17 % en 2018 et 18 % en 2017). À l'inverse, les plus faibles concentrations moyennes proviennent du dibenzo (a, h) anthracène, qui ne représente que 0,6 % (2 % en 2019 et 2018, 1 % en 2017). Ce constat est cohérent avec les éléments fournis dans la littérature.

Les HAP présentent des concentrations moyennes plus élevées en automne-hiver qu'en été. Ce constat est dû :

- à l'utilisation du chauffage (notamment le bois-énergie) accrue en période hivernale, d'où une hausse des émissions liée à cette activité ;
- à des conditions météorologiques plus rigoureuses en cette période de l'année (températures basses, inversions thermiques limitant ainsi une bonne dispersion des polluants) ;
- au processus de dégradation des HAP qui est accentué l'été, lié à la photochimie et aux températures plus élevées.

2.5.1.11 Les éléments traces métalliques (ETM) : nickel, arsenic, plomb, cadmium

Le tableau 2-23 présente les valeurs réglementaires de qualité pour les éléments traces métalliques.

Tableau 2-23 Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour les éléments traces métalliques (ETM)

Valeur réglementaire	Nickel	Arsenic	Plomb	Cadmium
Objectif de qualité	-	-	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m³	-
Valeur cible	En moyenne annuelle : 20 ng/m³	En moyenne annuelle : 6 ng/m³	-	En moyenne annuelle : 5 ng/m³
Valeur limite	-	-	En moyenne annuelle : 0,5 µg/m³	-
Seuil d'information et de recommandation	-	-	-	-
Seuil d'alerte	-	-	-	-

Les métaux lourds sont recherchés dans les fractions des particules fines en suspension de diamètre inférieur ou égal à 10 microns.

L'article R. 221-1 du code de l'environnement, fixe, pour le nickel, l'arsenic, le cadmium et le plomb en phase particulaire, une valeur cible en moyenne annuelle à respecter pour les trois premiers métaux lourds, ainsi qu'une valeur limite et un objectif de qualité pour le plomb.

2.5.1.11.1 À l'échelle de la région

À une échelle régionale, entre 2016 et 2020, pour les quatre métaux lourds, les niveaux sont plus élevés en proximité industrielle qu'en situation de fond (cf. Figure 2-42). Les résultats entre 2019 et 2020 ont baissé, quelle que soit l'influence, pour l'arsenic, le nickel et le plomb, et sont restés stables pour le cadmium. Pour le plomb en 2020, le niveau de fond se situe à 0,003 µg/m³ tandis que la moyenne annuelle est de 0,007 µg/m³ en situation de proximité industrielle (30).

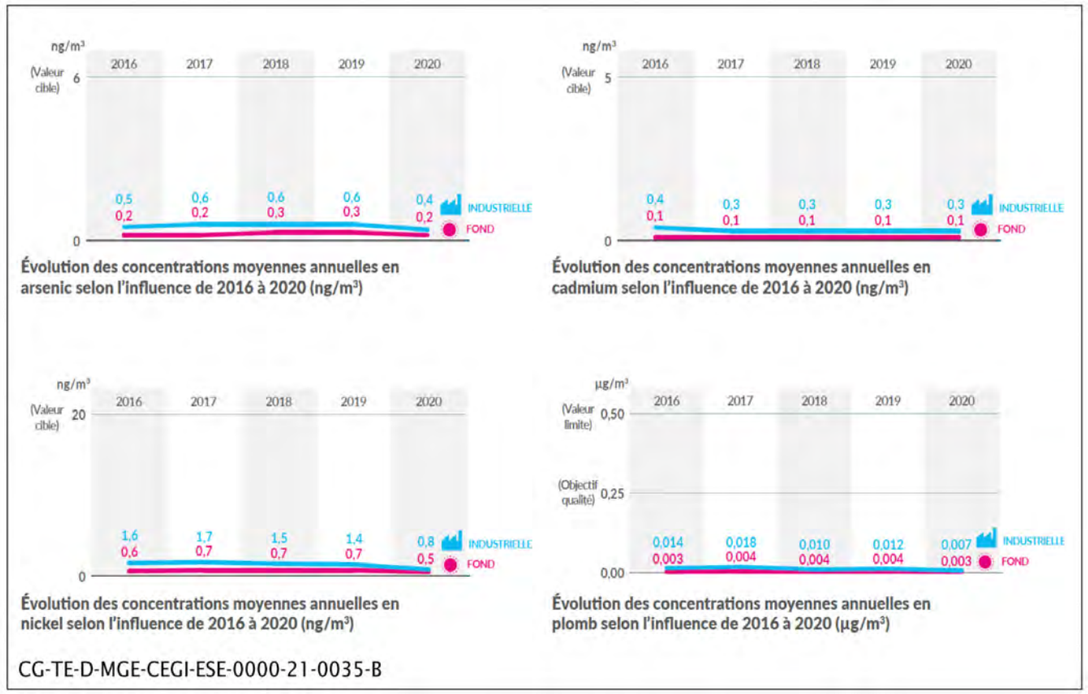


Figure 2-42 Évolution des concentrations moyennes annuelles en métaux lourds selon l'influence de 2016 à 2020 (en ng/m³ pour l'arsenic, le cadmium et le nickel, et en µg/m³ pour le plomb)

Source : Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2020, ATMO Grand Est (30)

2.5.1.11.2 À l'échelle locale

Émissions de polluants par secteur :

Sur l'aire d'étude rapprochée, les ETM précités proviennent du secteur résidentiel-tertiaire-commercial et institutionnel (près de 60 %) et du secteur du transport routier (plus de 26 %, cf. Figure 2-43). L'industrie manufacturière-traitement des déchets-construction est à l'origine de près de 15 % de ces composés.

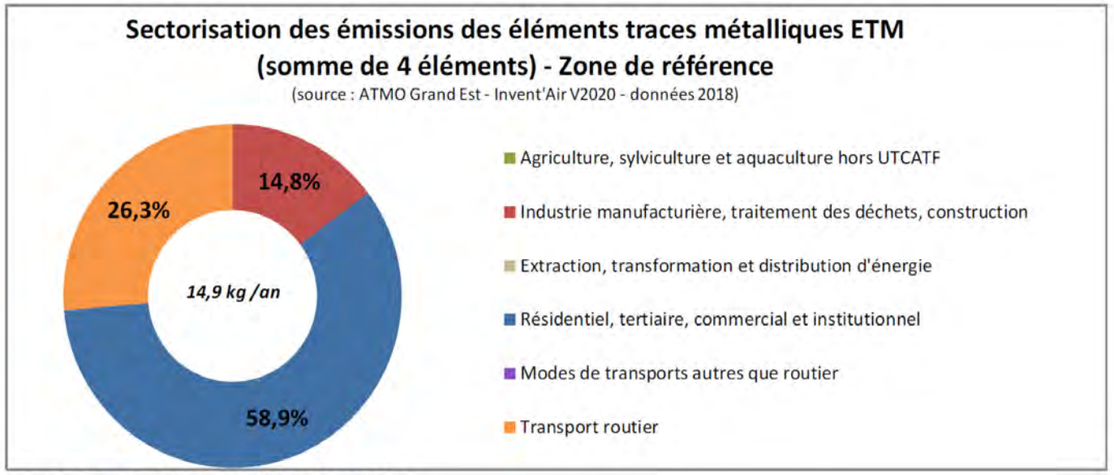


Figure 2-43 Sectorisation des émissions des éléments traces métalliques sur l'aire d'étude rapprochée en 2019

Mesures réalisées à la station d'Houdelaincourt :

En 2020, 24 prélèvements ont été réalisés (dont huit blancs terrain), avec comme périodicité un prélèvement sur 14 jours. Ils ont commencé le 9 janvier 2020 et se sont achevés le 5 janvier 2021. La couverture temporelle est ainsi de 90 % (331 jours). La figure 2-44 présente les concentrations moyennes annuelles mesurées en 2020.

	Composé	Moyenne annuelle 2020 en ng/m³ (sauf le plomb en µg/m³)
Eléments traces métalliques	Nickel	<1 (0,4)
	Arsenic	<1 (0,2)
	Cadmium	<1 (0,1)
	Plomb	<0,1 (0,0023)

CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0036-B

Figure 2-44 Teneurs moyennes obtenues en éléments traces métalliques dans les PM_{10} à Houdelaincourt en 2020

Les teneurs moyennes mesurées et leur évolution depuis 2012 pour le nickel, l'arsenic, le cadmium et le plomb sont respectivement présentées à la figure 2-45, la figure 2-46, la figure 2-47 et la figure 2-48. L'évolution des concentrations moyennes annuelles en éléments traces métalliques depuis 2012 indique qu'elles demeurent très faibles et bien en deçà des divers seuils réglementaires : des valeurs annuelles en nickel comprises entre 0,4 ng/m³ et 2 ng/m³, un niveau moyen de 0,2 ng/m³ chaque année en arsenic, et pour le cadmium une valeur moyenne annuelle de 0,1 ng/m³ chaque année. Concernant le plomb, les teneurs moyennes annuelles sont toutes inférieures à 4 ng/m³.

Les variations des niveaux en éléments traces métalliques au cours de l'année sont notamment à relier aux conditions météorologiques rencontrées lors des mesures. On observe quelques épiphénomènes, avec une tendance à l'élévation générale des niveaux de fond fin mars-début avril (temps sec et ensoleillé, accompagné d'un épisode de pic de pollution aux PM_{10}), puis vers fin juin-début juillet lors d'un épisode de canicule exceptionnelle, et enfin fin août-début septembre (temps bien ensoleillé et sec).

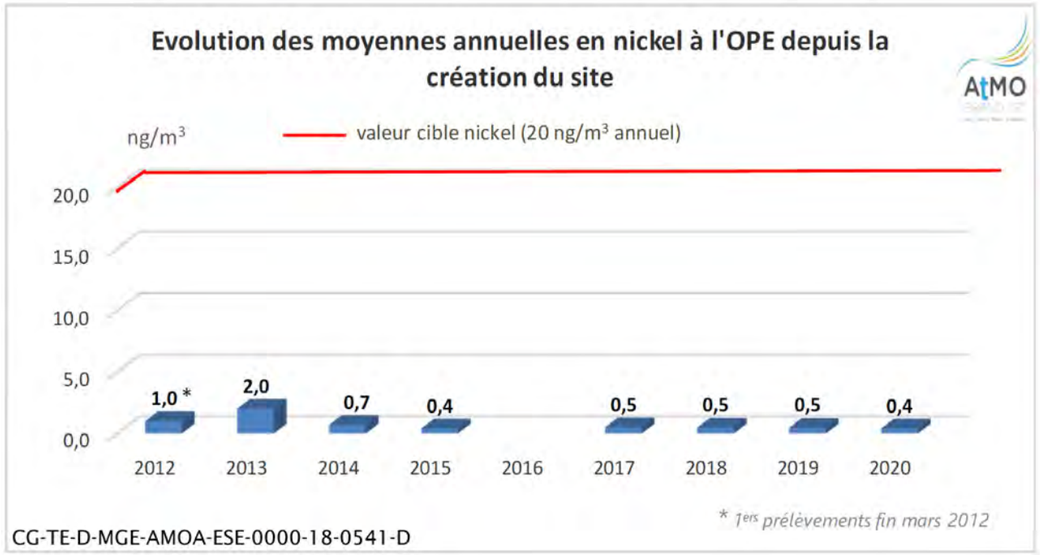


Figure 2-45 Évolution des concentrations en nickel dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020)

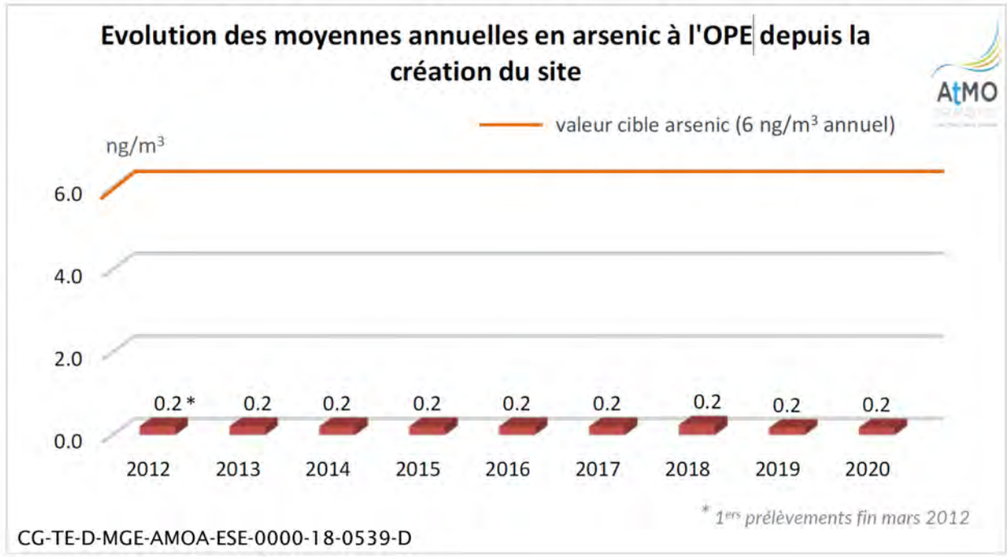


Figure 2-46 Évolution des concentrations en arsenic dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020)

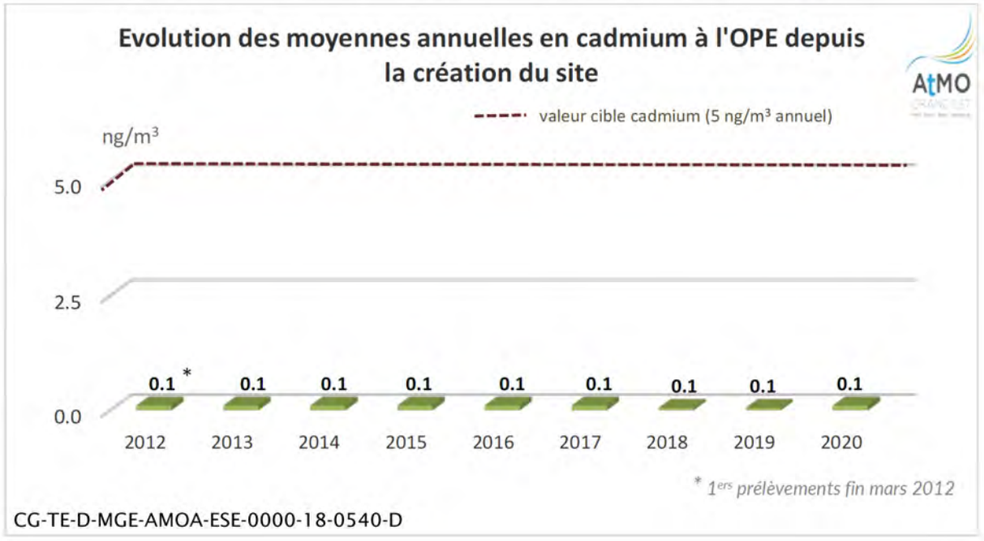


Figure 2-47 Évolution des concentrations en cadmium dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020)

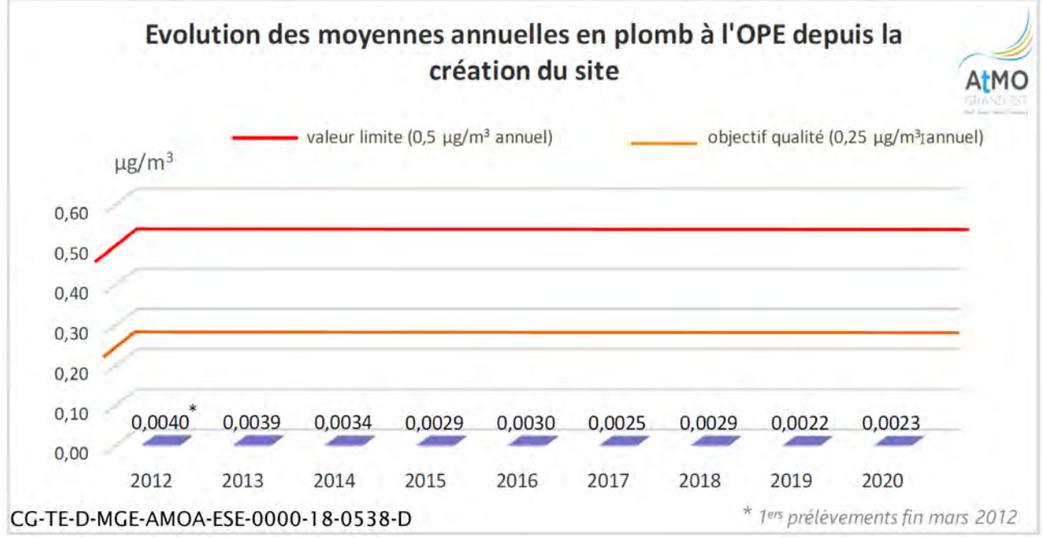


Figure 2-48 Évolution des concentrations en plomb dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020)

2.5.2 Radioactivité dans l'air

La radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis l'origine de l'Univers il y a des milliards d'années lorsque les atomes se sont formés. Des éléments radioactifs sont créés en permanence dans la haute atmosphère sous l'effet du rayonnement cosmique, qualifiés de radionucléides cosmogéniques (tritium, carbone 14, krypton 85, béryllium 7 et sodium 22). La radioactivité peut aussi être créée artificiellement par des activités humaines (cf. Chapitre 1.1 du volume II de la présente étude d'impact).

L'unité internationale de mesure de la radioactivité est le Becquerel (Bq).

Le niveau de radioactivité dans l'air varie en fonction des conditions météorologiques, de la nature du sol et du sous-sol, mais aussi de l'altitude (notamment à cause du rayonnement cosmique). Les niveaux mesurés dans l'air correspondent aux rayonnements émis par les éléments radioactifs naturels ou artificiels présents. En un lieu donné, le niveau de radioactivité mesuré fluctue au cours du temps en fonction de ces différents paramètres. Ces variations temporelles sont normales et constituent le « bruit de fond » radiologique.

» BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE

On désigne par « bruit de fond radiologique », les niveaux de radioactivité des différents éléments radioactifs présents dans l'environnement, en dehors de toute influence anthropique actuelle (industrie nucléaire, autres industries, rejets hospitaliers…). Ce bruit de fond résulte d'une part de sources naturelles, et d'autre part de la rémanence d'éléments radioactifs artificiels qui ont concerné l'ensemble du territoire ; il s'agit notamment des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et des retombées de l'accident de Tchernobyl.

2.5.2.1 Contexte radiologique de l'aire d'étude éloignée

Les caractéristiques de la radioactivité dans l'air (et l'eau de pluie) étudiées au niveau de la station atmosphérique d'Houdelaincourt sont représentatives d'une large zone, comme il a été présenté précédemment (cf. Chapitre 2.1.2 du présent volume). Cette station est notamment intégrée au réseau national de suivi de la radioactivité de l'air dénommé Observatoire permanent de la radioactivité (OPERA) de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Dans l'aire d'étude éloignée, le contexte est le suivant :

- le projet global Cigéo se trouve dans une zone éloignée de toute activité nucléaire : le centre CEA de Valduc (au sud), la centrale électronucléaire de Nogent-sur-Seine (à l'ouest), la centrale électronucléaire de Cattenom (au nord-nord-est) sont en effet éloignés de 120 km à 140 km. La centrale électronucléaire de Chooz, en démantèlement, est située à 200 km au nord-nord-ouest et l'usine de retraitement de La Hague est à près de 600 km à l'ouest. Les autres centres de stockage de l'Andra à Soulaines (CSA) et Morvilliers (Cires) sont plus proches (environ 50 km à l'ouest), mais leur impact en termes de présence d'éléments radioactifs artificiels (marquage radiologique de l'environnement) n'est pas détectable ;
- du fait d'une altitude modeste et d'une pluviométrie faible pendant les retombées de l'accident de Tchernobyl, les dépôts radioactifs ont été modérés dans la région. De même, les retombées des tirs atmosphériques d'armes nucléaires ont été faibles ;
- la géologie du sous-sol (calcaires, marnes et argiles en profondeur) n'est pas propice à la présence d'éléments radioactifs naturels des familles de l'uranium et du thorium et par extension à la présence de radon.

2.5.2.2 Paramètres mesurés

La radioactivité dans l'air inclut les gaz et les particules (appelées aussi aérosols). Cette radioactivité peut également se retrouver dans l'eau de pluie. L'ensemble des paramètres mesurés ainsi que les moyens d'analyse sont détaillés au chapitre 2.5.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

Pour réaliser l'état initial de l'environnement et pouvoir ensuite suivre la radioactivité dans l'air tout au long des différentes phases de vie du centre de stockage Cigéo, l'Andra a mis en place dès 2011 une station de suivi de la qualité radiologique de l'air située à Houdelaincourt. Des prélèvements réguliers (hebdomadaires ou mensuels selon les méthodes d'analyse) de piégeage de gaz ou de particules atmosphériques y sont réalisés. Les caractéristiques de la radioactivité dans l'air (et l'eau de pluie) étudiées au niveau de la station atmosphérique

d'Houdelaincourt sont représentatives d'une large zone, comme il a été présenté précédemment (cf. Chapitre 2.1.2 du présent volume). Cette station est notamment intégrée au réseau national de suivi de la radioactivité de l'air dénommé Observatoire permanent de la radioactivité (OPERA) de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Les éléments radioactifs qui seront rejetés en très faible quantité par les activités du centre de stockage Cigéo (cf. Chapitre 2.4.2 du volume IV de la présente étude d'impact) sont le tritium (^{3}H), le ^{14}C, le ^{85}Kr et des aérosols émetteurs alpha et beta.

Tous les éléments radioactifs mesurables ont été considérés y compris ceux sur lesquels le projet n'a pas d'incidence en fonctionnement (uranium ou césium par exemple), afin de disposer d'une connaissance complète de l'état radiologique dans l'air (et l'eau de pluie).

Les éléments radioactifs mesurés pour l'élaboration de la radioactivité actuelle dans l'air sont présentés dans le tableau 2-24 ci-dessous.

Tableau 2-24 Liste des principaux éléments radioactifs mesurés dans l'air

Sources		Éléments radioactifs
Naturelle	**Cosmogénique (provenant de la haute atmosphère sous l'effet des rayons cosmiques)**	^{7}Be, ^{22}Na, ^{3}H, ^{14}C Émetteurs gamma (incluant ^{129}I)
	Tellurique (provenant des couches géologiques)	^{40}K ^{232}Th et descendants ^{235}U et descendants ^{238}U, ^{234}U et descendants Radon
Artificielle	**Essais nucléaires**	^{14}C $^{239+240}Pu$, ^{238}Pu, ^{241}Am ^{137}Cs ^{90}Sr
	Accident de Tchernobyl	^{137}Cs
	Accident de Fukushima	^{134}Cs, ^{137}Cs
	Médecine nucléaire	^{131}I
	Industrie nucléaire	^{3}H ^{14}C ^{85}Kr

2.5.2.3 Gaz

2.5.2.3.1 ^{3}H (tritium)

Le tritium est un isotope[5] radioactif de l'hydrogène très mobile dans l'environnement et dans tous les systèmes biologiques. Le tritium naturel est dit « cosmogénique ». Il provient de l'interaction du rayonnement cosmique avec divers constituants de l'atmosphère. Il est également émis dans l'environnement par l'industrie nucléaire. Bien que sa période radioactive soit courte (12,3 ans), le tritium est présent en permanence dans l'environnement. Il provient pour l'essentiel de l'action des rayons cosmiques.

À la station atmosphérique d'Houdelaincourt, le tritium dans l'air est échantillonné par un barboteur piégeant le tritium atmosphérique dans de l'eau (méthode décrite dans le chapitre 2.5.2 du volume VII de la présente étude d'impact).

Les niveaux de radioactivité de l'eau de piégeage en ^{3}H mesurés à Houdelaincourt varient de moins de 0,14 $Bq.L^{-1}$ à 0,97 $Bq.L^{-1}$ sur la période 2013-2018 avec une moyenne d'environ 0,5 $Bq.L^{-1}$. Ces niveaux de radioactivité en tritium mesurés dans l'eau de piégeage correspondent en moyenne à quelques $mBq.m^{-3}$ dans l'air (un becquerel par litre de tritium dans la vapeur d'eau de l'air correspondant à 0,01 Bq par mètre cube d'air en considérant par exemple un volume de solution de piégeage de 150 mL et un volume d'air sur la période de mesure d'environ 15 m^3). Ils témoignent d'un environnement situé à l'écart des activités nucléaires actuelles.

» MILLI

Milli (symbole m) est le préfixe du Système international d'unités (SI) qui représente 10^{-3}, soit un millième d'unité.

2.5.2.3.2 ^{14}C (carbone 14)

Comme le tritium, le ^{14}C naturel présent dans l'air est cosmogénique. Il est formé lors de l'absorption de neutrons par des atomes d'azote de la stratosphère et des couches hautes de la troposphère. Il est également produit artificiellement par l'industrie et les essais nucléaires.

Les niveaux de radioactivité en ^{14}C mesurés sur la période 2016-2018 par la méthode de scintillation liquide varient entre 47 $mBq.m^{-3}$ et 105 $mBq.m^{-3}$ avec une moyenne de 75 $mBq.m^{-3}$. Ces niveaux correspondent au bruit de fond naturel d'une zone éloignée des activités nucléaires actuelles.

[5] Pour rappel, les isotopes sont des atomes qui possèdent le même nombre d'électrons mais un nombre différent de neutrons (cf. Chapitre 1.1 du volume II de la présente étude d'impact).

2.5.2.3.3 ^{85}Kr (krypton 85)

Le ^{85}Kr d'origine naturelle est produit par l'action des rayons cosmiques sur les isotopes stables du krypton, il est cosmogénique. Il se disperse dans l'atmosphère sans entrer dans le cycle naturel de l'eau, du fait de sa très faible solubilité dans les eaux de pluie. Son taux d'élimination dans l'atmosphère est faible et résulte principalement de sa décroissance radioactive (période radioactive de 10,7 ans). Le ^{85}Kr est également émis artificiellement par l'industrie nucléaire, principalement le retraitement du combustible nucléaire.

Le ^{85}Kr est mesuré par des prélèvements spécifiques qui nécessitent une étape de concentration sur du charbon actif à très basse température. La mesure du ^{85}Kr concentré est ensuite réalisée par spectrométrie gamma.

Le niveau de radioactivité en ^{85}Kr mesuré à Houdelaincourt est d'environ 2 Bq.m^{-3}, ce qui correspond au bruit de fond observé en Europe.

2.5.2.3.4 ^{222}Rn (radon)

Le radon se forme par désintégration du radium au sein de la chaîne de désintégration radioactive de l'uranium et du thorium, éléments naturellement contenus dans les roches ou le sol. L'uranium et le thorium sont présents dans la croûte terrestre depuis sa formation et leurs isotopes les plus communs ont de très longues périodes radioactives (bien au-delà du milliard d'années pour ^{235}U, ^{238}U et ^{232}Th). L'uranium et le thorium continueront donc à naturellement produire du radon pendant des milliards d'années. Le radon est émis dans l'air par exhalation.

» EXHALATION

L'exhalation est l'émission par la surface du sol d'éléments gazeux dans l'air.

Les roches constitutives du sous-sol local (calcaires, marnes et argiles en profondeur) contiennent naturellement peu de minéraux riches en uranium et thorium (cf. Chapitre 4.4 du présent volume de l'étude d'impact). Les émissions de radon sont donc faibles en Meuse et en Haute-Marne.

Des mesures d'exhalation de radon à la surface du sol, réalisées sur une période de trois mois, indiquent des niveaux moyens de 23 Bq.m^{-3} le jour et de 38 Bq.m^{-3} la nuit.

Par ailleurs, l'émission de ^{222}Rn est périodiquement contrôlée dans les galeries du Laboratoire souterrain. Les niveaux mesurés sont tous en dessous de la limite de détection, qui est de l'ordre de 100 Bq.m^{-3}.

2.5.2.4 Aérosols (particules) dans l'air

Afin de quantifier la radioactivité des particules dans l'air et vu les faibles niveaux ambiants, des collecteurs de très grands débits sont utilisés afin de disposer de quantité de matière suffisante. Les éléments radioactifs recherchés sont estimés par spectrométrie gamma selon la méthode AIEA n° 295 (31).

» SPECTROMÉTRIE GAMMA

La spectrométrie gamma est une technique de mesure nucléaire très utilisée pour identifier des éléments radioactifs par la mesure de l'énergie des rayonnements gamma émis, à l'opposé de la technique utilisant un compteur Geiger qui lui ne détecte que la présence de rayonnement gamma sans pouvoir fournir une information sur la nature de la source détectée.

2.5.2.4.1 ^{40}K (potassium 40)

Le potassium est un élément constitutif de la croûte terrestre, qui se retrouve naturellement dans les poussières de sols et de végétaux mises en suspension dans l'air. Les niveaux de radioactivité dans l'air en ^{40}K montrent généralement une saisonnalité, avec des niveaux plus élevés au printemps (avril) et en été (juillet et août), due aux activités agricoles remettant en suspension les particules de sol ou de végétaux.

À Houdelaincourt, les niveaux de radioactivité les plus élevés sont observés en été, période où les activités agricoles génératrices de poussière sont plus fréquentes et les sols plus secs. Sur la chronique 2012-2018, les aérosols montrent un niveau moyen de radioactivité de 5,2 µBq.m^{-3} avec une variation comprise entre 1 et 20 micro Bq.m^{3}.

» MICRO

Micro (symbole µ) est le préfixe du système international d'unités (SI) qui représente 10^{-6}, soit un millionième d'unité.

2.5.2.4.2 ^{7}Be (beryllium 7) et ^{22}Na (sodium 22)

Le ^{7}Be et le ^{22}Na sont des éléments radioactifs naturels cosmogéniques.

Les niveaux de radioactivité en ^{7}Be et en ^{22}Na, mesurés à la station d'Houdelaincourt depuis 2011, présentent une variation saisonnière, avec des teneurs plus élevées en été.

La radioactivité moyenne en ^{7}Be sur la chronique 2012-2018 est de 3,43 mBq.m^{-3} avec une variation comprise entre 0,4 et 8,2 mBq.m^{-3}. Le ^{22}Na est quantifié avec un niveau de radioactivité moyen inférieur à 1 µBq.m^{-3}. Cette valeur correspond au bruit de fond naturel.

2.5.2.4.3 ^{210}Pb (plomb 210)

Le ^{210}Pb est formé par la décroissance de l'^{238}U naturellement présent dans l'écorce terrestre. Sa présence dans l'atmosphère provient de l'exhalation du radon.

Son niveau de radioactivité moyen mesuré sur la période 2016-2018 est de 452 µBq.m^{-3}, avec des variations entre 59 et 1 610 µBq.m^{-3}. La moyenne est semblable à celle trouvée sur la période 2013-2016 (419 µBq.m^{-3}), et 2011-2013 (545 ± 91 µBq.m^{-3}).

2.5.2.4.4 ^{137}Cs (césium 137)

Le ^{137}Cs est un produit de fission de l'uranium.

Des quantités plus ou moins importantes de cet élément ont été relâchées dans l'atmosphère, d'abord dans les années 1940 et 1950 lors des essais nucléaires à l'air libre, puis lors des accidents nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima.

» FISSION

La fission est l'éclatement d'un atome lourd en atomes plus légers lors de la collision entre un atome et un neutron par exemple. Cette réaction est accompagnée d'une émission de neutrons, de rayonnements ionisants et d'un dégagement de chaleur. C'est ce dégagement de chaleur qui est utilisé pour produire de l'électricité dans les centrales nucléaires.

En Meuse/Haute-Marne, le ^{137}Cs s'est déposé et fixé sur les sols à la suite de l'accident de Tchernobyl en 1986. Il peut apparaître dans l'air *via* la remise en suspension de poussières présentes dans les premiers millimètres voire centimètres de la surface du sol ou encore de feux de biomasse (brûlis ou utilisation du bois comme usage domestique).

Il est détecté régulièrement à Houdelaincourt à des niveaux de radioactivité très faibles, en moyenne de 0,09 µBq.m^{-3} (sur la chronique 2012-2018) et inférieurs ou égaux à 1,21 µBq.m^{-3}. Les niveaux et les variations mesurés sont identiques à ceux observés dans d'autres stations du réseau de surveillance de la radioactivité dans l'air de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (OPERA-air), du quart nord-est de la France (Dijon et Charleville-Mézières par exemple).

2.5.2.4.5 ^{131}I (iode 131)

L'^{131}I est un élément radioactif artificiel (créé lors des réactions de fission dans un réacteur nucléaire ou lors de l'explosion d'une arme nucléaire). C'est l'un des premiers et des principaux éléments radioactifs émis lors des accidents nucléaires graves (entraînant la fusion de combustible). Sa présence dans l'air est généralement ponctuelle car sa période radioactive est courte (huit jours).

L'^{131}I a pu être quantifié à Houdelaincourt à quatre reprises entre novembre 2011 et février 2012 à des niveaux compris entre 0,12 µBq.m^{-3} et 0,22 µBq.m^{-3}. Il a également été décelé à la station de Charleville-Mézières durant les mêmes périodes. Ces mesures d'^{131}I sont attribuées à un accident sur une installation nucléaire produisant des isotopes à visée pharmaceutique située en Hongrie à cette même période. Aujourd'hui, il n'est plus détectable dans la région.

2.5.2.4.6 ^{90}Sr (strontium 90)

Le ^{90}Sr est un élément radioactif artificiel. C'est l'un des éléments radioactifs issus des retombées des essais nucléaires militaires atmosphériques. Étant un produit de fission issu des réacteurs nucléaires, il a également été émis lors des accidents de Tchernobyl et Fukushima. Sa période radioactive est plus longue que celle de l'^{131}I, de l'ordre de la trentaine d'années.

Les niveaux de radioactivité en ^{90}Sr mesurés dans l'air sont extrêmement faibles, entre 12 nBq.m^{-3} et 35 nBq.m^{-3} entre 2016 et 2018, avec une moyenne de 21 nBq.m^{-3}. Ces valeurs constituent des valeurs de référence en France.

»NANO

Nano (symbole n) est le préfixe du Système international d'unités (SI) qui représente 10^{-9}, soit un milliardième d'unité.

2.5.2.4.7 Actinides

»ACTINIDES

Les actinides sont une famille de 15 éléments radioactifs du tableau périodique de Mendeleïev. L'uranium, le thorium et le plutonium sont les actinides les plus abondants sur Terre, les deux premiers étant des éléments naturels tandis que le troisième est synthétisé par l'industrie nucléaire. Ce sont des métaux lourds qui tirent leur nom de l'actinium, premier élément de la famille, qui présentent des propriétés chimiques apparentées et possèdent des périodes radioactives longues.

Sur la période 2016-2018, les niveaux de radioactivité en ^{238}U varient de 0,06 µBq.m^{-3} à 0,51 µBq.m^{-3} avec une valeur moyenne de 0,17 µBq.m^{3}. Ils sont très faibles et représentatifs d'un environnement non impacté par des rejets d'installations nucléaires utilisant ou rejetant de l'uranium ou d'exploitations minières. Les valeurs du rapport de masse moyen ^{235}U/^{238}U autour de 0,72 sont caractéristiques de l'uranium naturellement présent dans l'environnement.

Les valeurs du rapport ^{238}Pu/$^{239+240}$Pu de 0,11 (en 2016-2018) mesurés à Houdelaincourt témoignent pour la plupart des retombées globales des essais nucléaires atmosphériques (valeurs caractéristiques comprise entre 0,03 et 0,05 (d'après UNSCEAR, 1982 (32)) et sont l'expression de la remise en suspension à partir des sols. Quelques valeurs de ce rapport mesurées sont supérieures à 0,38, témoignant néanmoins d'un niveau $^{239+240}$Pu particulièrement bas.

Les signatures isotopiques en plutonium trouvées dans les sols de la zone OPE sont bien caractéristiques des retombées des essais nucléaires (cf. Chapitre 3 du présent volume).

2.5.2.5 Eau de pluie

Les éléments radioactifs présents dans l'air peuvent se retrouver dans l'eau de pluie.

Pour mesurer les niveaux de radioactivité des eaux de pluie, celles-ci sont recueillies dans un collecteur de 1 m^2 qui s'ouvre automatiquement en cas de précipitations.

Les résultats de mesures effectuées à la station atmosphérique d'Houdelaincourt sont présentés dans le tableau 2-25. Ils sont exprimés en densité de dépôt surfacique (Bq.m^2) sur un mois.

Tableau 2-25 Niveaux de radioactivité dans les eaux de pluie recueillies à la station d'Houdelaincourt (2013-2016)

	Niveau de radioactivité (Bq.m^{-2}.mois^{-1})									
	^{7}Be		^{40}K		^{210}Pb		^{22}Na		^{137}Cs	
	2013-2016	2016-2018	2013-2016	2016-2018	2013-2016	2016-2018	2013-2016	2016-2018	2013-2016	2016-2018
Moyenne	34,9	23,5	0,4	0,3	4,9	3,7	0,009	-	0,002	0,002
Minimum	2,1	5,2	0,05	0,1	0,23	8,4	0,002	-	0,0005	0,0006
Maximum	145,0	107,4	1,9	1,5	23,2	21,8	0,024	-	0,008	0,008

Le niveau de radioactivité en tritium dans les eaux de pluie est de l'ordre d'un Bq/L.

2.5.2.6 Synthèse

La synthèse des niveaux de radioactivité dans l'air est restituée dans le tableau 2-26 suivant.

Tableau 2-26 Synthèse des niveaux radioactivité mesurés dans l'air à la station atmosphérique d'Houdelaincourt

Origine	Éléments radioactifs	Valeurs mesurées			Unité
		Moyenne	Minimale	Maximale	
Naturelle	^{40}K	5,2	1	20	µBq.m^{-3}
	^{22}Na	0,38	0,07	0,96	µBq.m^{-3}
	^{210}Pb	452	59	1 610	µBq.m^{-3}
	^{7}Be	3,4	0,4	8,2	mBq.m^{-3}
	^{3}H	5	1,4	9,7	mBq.m^{-3}
	^{14}C	76	47	105	mBq.m^{-3}
	^{85}Kr	2	-	-	Bq.m^{-3}
	^{222}Rn	23 (jour) – 38 (nuit)	-	-	Bq.m^{-3}
	^{238}U	0,178	0,06	0,51	µBq.m^{-3}
	^{235}U/^{238}U	0,72	-	-	-
Artificielle	^{238}Pu/$^{239+240}$Pu	0,011	-	-	-
	^{90}Sr	0,021	0,012	0,035	µBq.m^{-3}
	^{137}Cs	0,09	0,008	1,21	µBq.m^{-3}

La figure 2-49 présente les niveaux de radioactivité moyens sur les 10 dernières années de quelques éléments radioactifs artificiels et naturels mesurés en France par l'IRSN. Pour chaque élément radioactif sont fournis le nombre de résultats exploités et le nombre d'analyses disponibles.

Les niveaux mesurés à la station d'Houdelaincourt, également représentés sur la figure 2-49, sont globalement du même ordre de grandeur que les niveaux moyens mesurés dans l'air en France. À titre d'exemples, les niveaux moyens de tritium (^{3}H), de carbone 14 (^{14}C) et de césium 137 (^{137}Cs) mesurés dans l'air sont respectivement de 5 000 µBq/m³, 76 000 µBq/m³ et 0,09 µBq/m³, pour des moyennes de bruit de fond nationales respectives de 5 000 µBq/m³, 75 000 µBq/m³ et 0,1 µBq/m³ (33). Il est à noter que le niveau de radioactivité du tritium à Houdelaincourt est légèrement plus faible que la moyenne nationale, le site étant situé à l'écart des activités nucléaires actuelles.

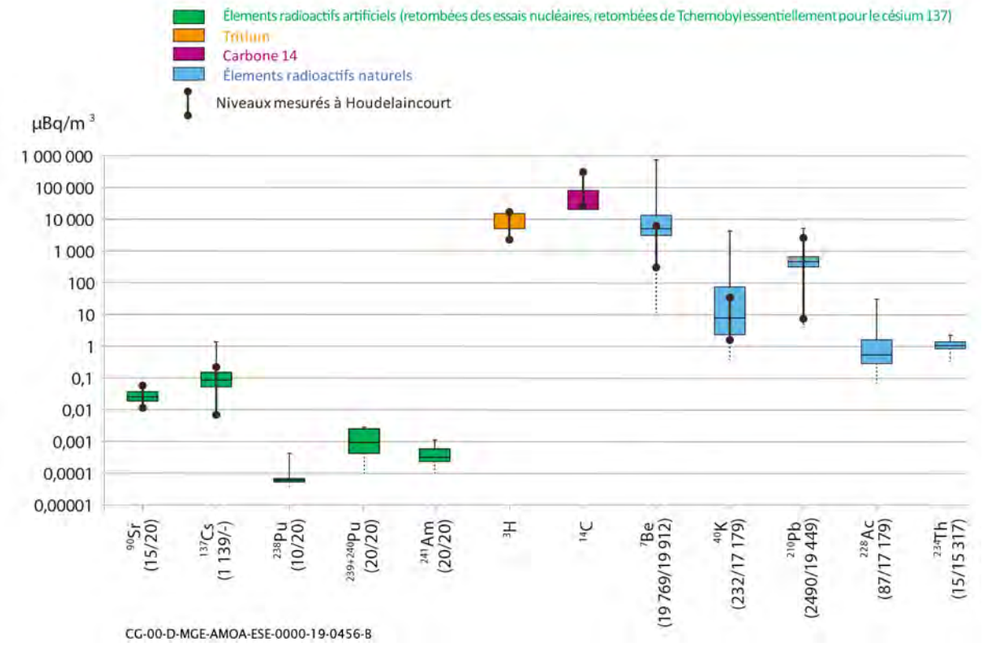


Figure 2-49 Niveaux de radioactivité moyens mesurés dans l'air en France (2007-2017) et à la station d'Houdelaincourt

2.5.3 Synthèse de l'état initial de la qualité de l'air

- **Paramètres conventionnels**

  La qualité de l'air peut être modifiée par des polluants qui peuvent être d'origine naturelle ou d'origine anthropique, c'est-à-dire liés à l'activité humaine. La pollution de l'air a des effets significatifs sur la santé et l'environnement.

  Les polluants étudiés sont ceux règlementés au titre de la surveillance de la qualité de l'air à l'article R. 221-1 du code de l'environnement. Il s'agit :

  - ✓ du dioxyde d'azote NO_2 ;
  - ✓ du dioxyde de soufre SO_2 ;
  - ✓ de l'ozone (O_3) ;
  - ✓ du monoxyde de carbone (CO) ;
  - ✓ des particules en suspension de diamètre inférieur à 10 µm et à 2,5 µm (respectivement, PM_{10} et $PM_{2,5}$) ;
  - ✓ des composés organiques volatiles (COV) assimilés au benzène, seul COV disposant de valeur seuil ;
  - ✓ des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), représentés par le benzo(a)pyrène (B(A)P) lui-même réglementé ;
  - ✓ des métaux lourds (arsenic, cadmium, nickel et plomb).

  L'aire d'étude dans laquelle s'implante le projet global Cigéo est rurale ; le trafic y est faible, tout comme le nombre d'industries émettrices de polluants. La synthèse des activités émettrices de polluants révèle que le secteur « résidentiel, tertiaire, commercial et institutionnel » et le secteur agricole sont à l'origine des émissions de la plupart des polluants.

  Par conséquent, les concentrations en polluants (dioxyde de soufre SO_2, oxyde d'azote NO_x, monoxyde de carbone CO, benzène, benzo(a)pyrène, particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ et éléments traces métalliques) mesurées à la station atmosphérique d'Houdelaincourt respectent à la fois les valeurs limites et quasiment tous les objectifs de qualité indiquées dans la règlementation, à l'exception de l'ozone (dépassements observés au niveau régional et national) et des particules $PM_{2,5}$ (uniquement lors de conditions météorologiques particulièrement défavorables).

- **Paramètres radiologiques**

  L'état initial radiologique complet réalisé par l'Andra (réalisé depuis 2011 à la station d'Houdelaincourt) montre un niveau de radioactivité ambiant correspondant à une zone éloignée des activités nucléaires actuelles. En outre, les niveaux mesurés sont globalement du même ordre de grandeur que les niveaux moyens mesurés dans l'air en France : à titre d'exemples, les niveaux moyens de tritium (^{3}H), de carbone 14 (^{14}C) et de césium 137 (^{137}Cs) mesurés dans l'air sont respectivement de 5 000, 76 000 et 0,09 µBq/m³, pour des moyennes de bruit de fond nationales respectives de 5 000, 75 000 et 0,1 µBq/m³ (33).

- **Enjeux**

  La qualité de l'air sur l'aire d'étude dans laquelle s'implante le projet global Cigéo est bonne en raison de son caractère rural peu urbanisé et industrialisé. De plus, les conditions météorologiques sont favorables à une bonne dispersion atmosphérique des polluants.

  L'état initial montre un niveau de radioactivité ambiant de l'air correspondant à une zone éloignée de toute activité nucléaire.

Enjeu fort

3

Sol – État initial

3.1	Définitions et aires d'étude	54
3.2	Géomorphologie	54
3.3	Occupation des sols	60
3.4	Pédologie	62
3.5	Sites et sols pollués ou potentiellement pollués	71
3.6	Synthèse concernant les sols	75

3.1 Définitions et aires d'étude

Le facteur sol est étudié grâce aux aires d'étude suivantes qui sont détaillées dans le chapitre 1.2 du volume VII de la présente étude d'impact :

- l'aire d'étude immédiate commune à tous les facteurs qui correspond à la zone susceptible d'être affectée par les effets d'emprise ;
- l'aire d'étude rapprochée du milieu physique qui intègre toutes les zones susceptibles d'être concernées par les effets directs et indirects de modification des sols, notamment la topographie en interrelation avec les écoulements des eaux superficielles et souterraines ;
- l'aire d'étude éloignée qui permet de décrire la géomorphologie, la pédologie et l'occupation du sol.

Une aire d'étude spécifique décrite dans le volume VII de la présente étude d'impact est utilisée pour décrire l'état initial le long de la portion de ligne 400 kV à sécuriser.

DÉFINITIONS (Source : *Encyclopædia Universalis*)

Albert Demolon Ingénieur agronome (1881 - 1954) définit un **sol** comme la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants.

La **pédologie** (du grec « pedon », le sol) est la science des sols. C'est l'étude de l'organisation (structures et fonctionnement) des sols, de leurs propriétés, de leur distribution dans l'espace et de leur évolution dans le temps. Les conceptions les plus modernes partent du constat que les véritables objets d'étude de la pédologie sont les couvertures pédologiques, formations naturelles, continues, tridimensionnelles, dont l'organisation et les propriétés sont en perpétuelle évolution, en lien avec les autres facteurs du milieu et en particulier avec les interventions de l'Homme.

Étymologiquement, la **topographie** (du grec « topos », « lieu ») consiste à représenter graphiquement un lieu sur le papier ; l'opération correspondante est le levé topographique et le support en est la minute de levé. La **géomorphologie** (« géo », la terre, « morpho », la forme, et « logie » formé du grec logos, que l'on peut traduire ici par loi ou science) est une discipline scientifique dont l'objet est de nommer et de mesurer les formes du relief, mais aussi d'expliquer leur genèse et de prévoir leur évolution.

3.2 Géomorphologie

3.2.1 Détails du relief dans l'aire d'étude éloignée

3.2.1.1 Un relief typique de la bordure du Bassin parisien

Située dans la partie orientale du Bassin parisien, l'aire d'étude éloignée est, à l'image de la Lorraine et de la Meuse, un pays de plaines, de plateaux et de côtes. Ce relief s'est modelé en exploitant les différences lithologiques entre les formations argileuses et calcaires qui affleurent avec un faible pendage dans cette région (cf. Figure 3-1 et figure 3-2).

Le système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie (SIGES (34)) explique dans le contexte géologique du Bassin parisien que « *ce bassin forme une vaste dépression occupée dans le passé par des mers peu profondes et des lacs. Au fil du temps, des sables et des argiles, issus de l'érosion des reliefs alentours, ainsi que des calcaires d'origine biologique, se sont accumulés en couches successives pour combler ce bassin au fur et à mesure qu'il s'enfonçait. Les sédiments empilés forment une succession de couches géologiques. La structure géologique du bassin sédimentaire peut être comparée à un empilement « d'assiettes creuses », les couches les plus récentes correspondent à la zone centrale (ère Tertiaire), les plus anciennes aux assises extérieures (ère Secondaire).* » L'aire d'étude éloignée se trouve sur les bords de cet « empilement d'assiettes » qui forment la succession de lignes de côte.

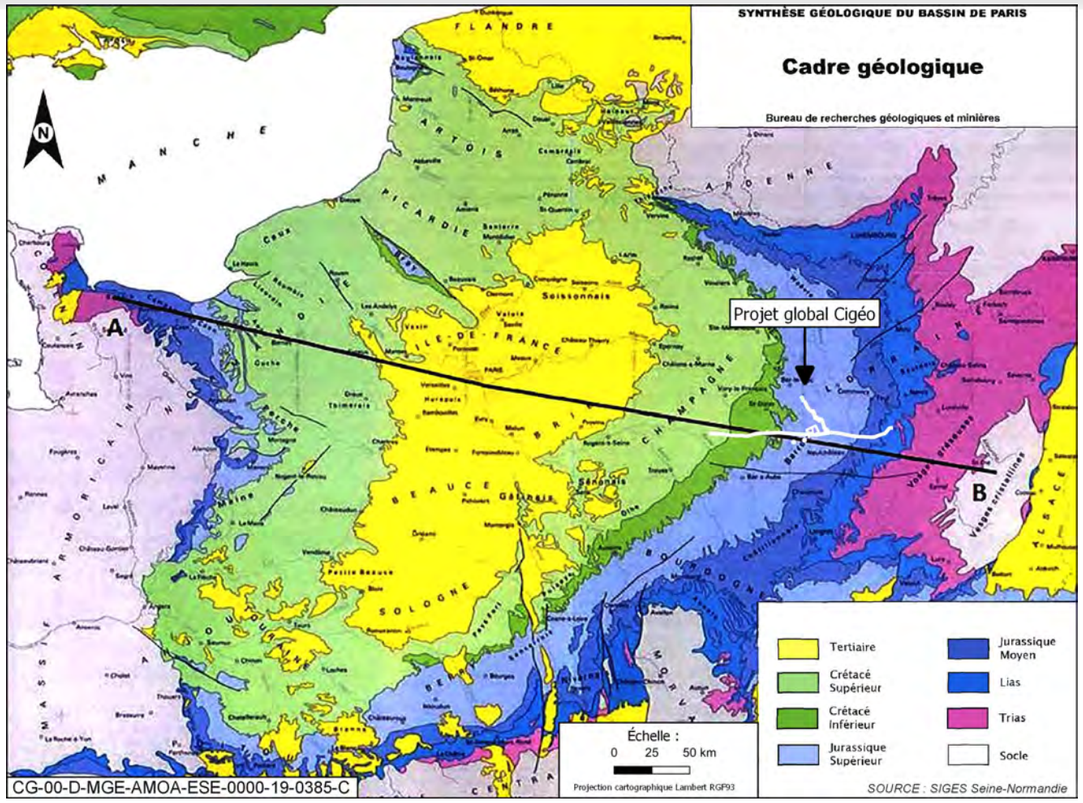


Figure 3-1 *Carte géologique simplifiée du Bassin parisien (Mégnien et al., 1980 (35-37))*

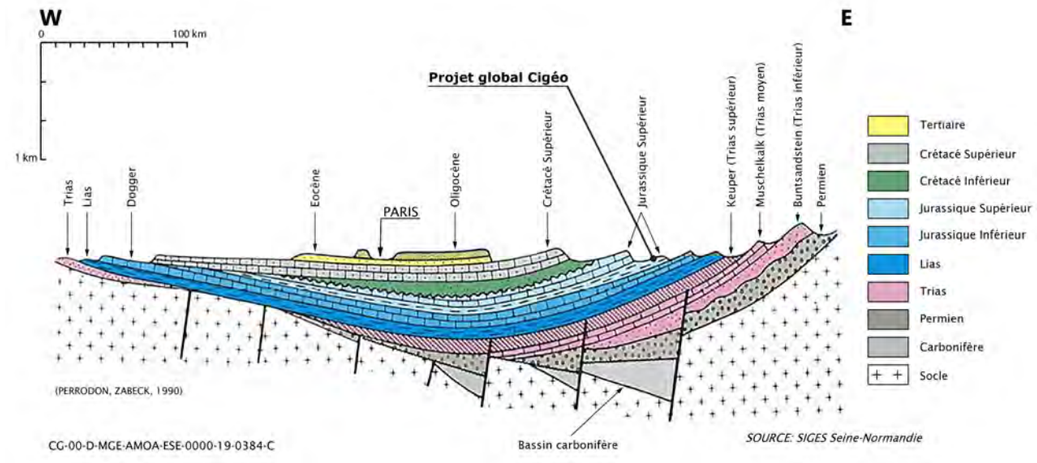


Figure 3-2 *Coupe géologique simplifiée (AB) orientée ONO/ESE du Bassin parisien (Perrodon., 1990 (38))*

3.2.1.2 Un relief structuré par les lignes de côte et les cours d'eau

En bordure du Bassin parisien, se succèdent des lignes de côtes, appelées cuesta, plus ou moins marquées selon les formations géologiques. Le relief de côte ou de cuesta est caractéristique des régions périphériques des bassins sédimentaires. Comme le montre la figure 3-3, il désigne une forme de relief dissymétrique composée d'un plateau en pente douce (le revers) qui se termine par un escarpement plus ou moins important (le front de côte). En contrebas du front se développe une dépression où s'écoule un cours d'eau parallèlement au front de côte. Ce relief est dû à l'action différenciée de l'érosion fluviale sur une succession de couches sédimentaires parallèles et inclinées qui n'ont pas la même dureté. Des buttes témoins, fragments d'un banc rocheux résistant isolé par l'érosion, persistent dans la dépression.

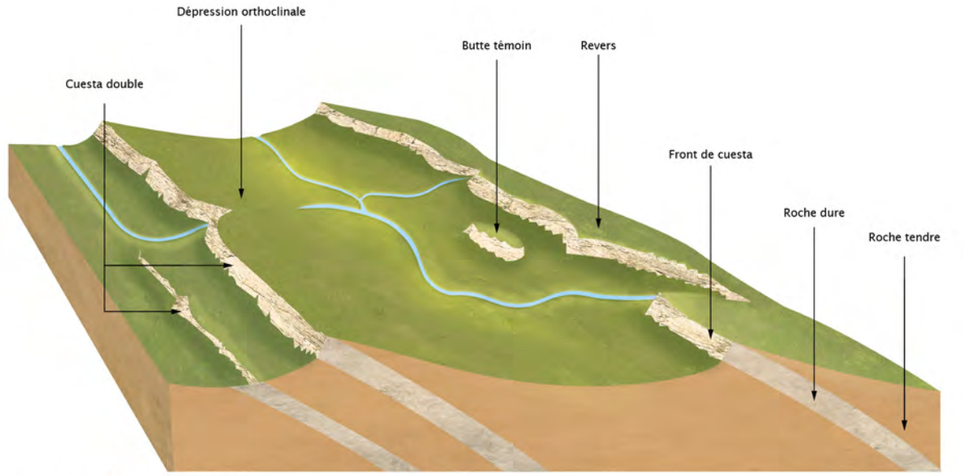


Figure 3-3 Relief de côte ou de cuesta

Ainsi, se succèdent d'ouest en est, comme le montre la figure 3-4, la côte de Champagne, la côte des Bars, la côte de Meuse, la côte de Moselle.

Dans l'aire d'étude éloignée, le front de la côte des Bars culmine, d'une façon générale, vers 400 mètres d'altitude, en soulignant l'affleurement des calcaires du Barrois. Il surplombe les dépressions où affleurent des formations argileuses du Kimméridgien (cf. Chapitre 4 du présent volume relatif à la géologie). Les communes de Bure et Mandres-en-Barois sont installées sur le revers de la cuesta. La commune de Gillaumé est installée dans la dépression en pied de cuesta.

Les vallées sont formées par :

- un assemblage de tronçons de vallées de directions générales sud-nord et sud-est/nord-ouest incisant les plateaux ;
- des vallées affluentes nord-nord-est/sud-sud-est qui drainent les dépressions structurales et les pieds de cuesta.

La vallée de l'Ornain est large et peu marquée dans les argiles entre les communes de Gondrecourt-le-Château et Demange-Baudignécourt. En aval et en amont de Gondrecourt-le-Château, elle est étroite, encaissée et méandriforme dans les calcaires.

La vallée de la Marne est plus large et davantage encaissée. Elle est constituée d'un fond large et cadré par des coteaux boisés.

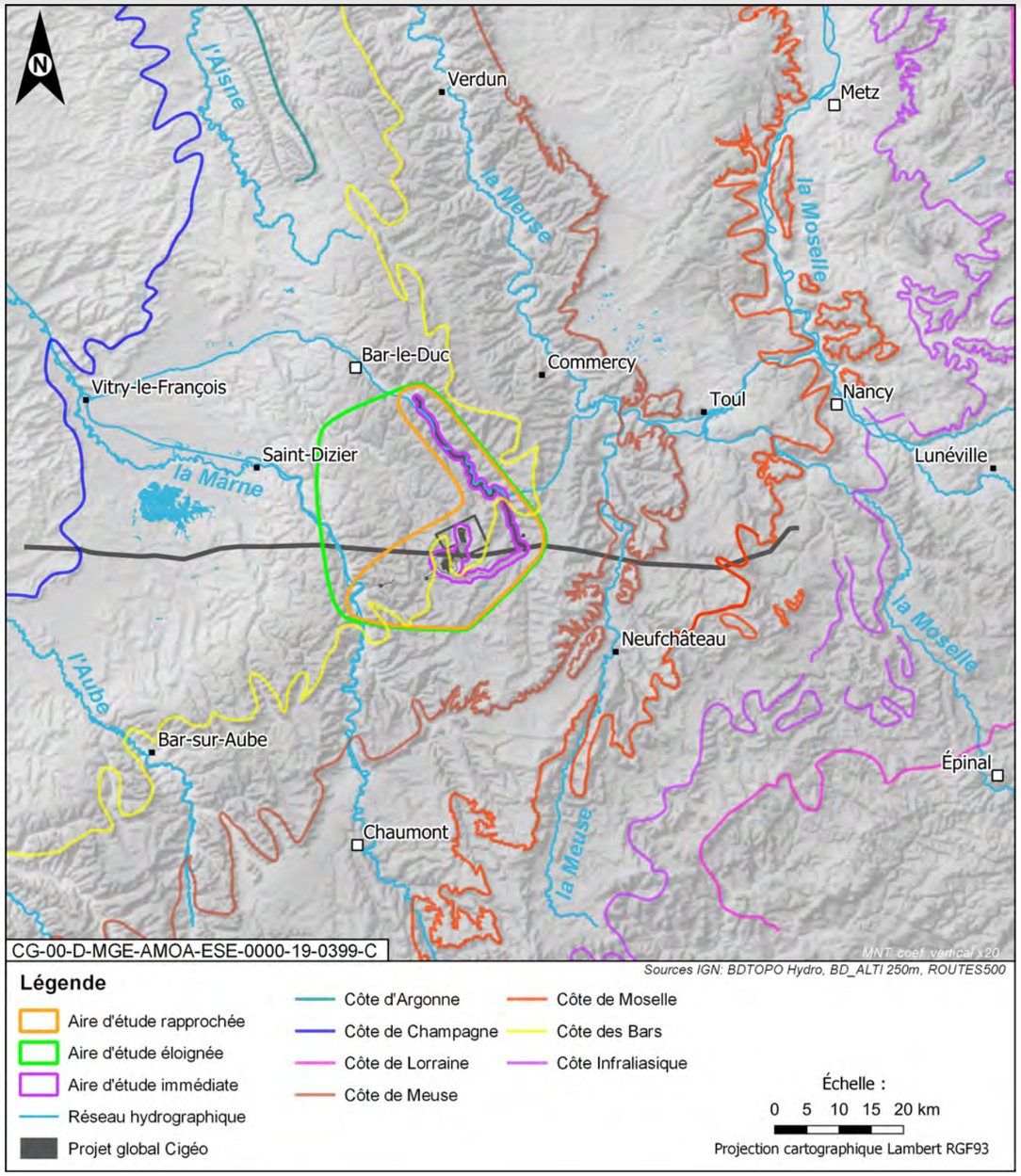


Figure 3-4 Succession des lignes de côtes de la bordure est du Bassin parisien

3.2.1.3 Le relief au droit de la ligne électrique 400 kV

L'aire d'étude, qui s'étend sur 124 kilomètres depuis la région du Saintois à l'est jusqu'à l'extrémité orientale de la Champagne Crayeuse à l'ouest, recouvre plusieurs unités morphologiques distinctes :

- la région du Saintois, au sein de laquelle se trouve le poste d'Houdreville. Elle correspond à une vaste plaine argileuse, légèrement vallonnée avec des formes douces. Elle est limitée à l'ouest par les reliefs des calcaires de Moselle et leurs buttes-témoins. Les altitudes rencontrées par la ligne s'établissent entre 275 mètres et 300 mètres en plaine et à plus de 425 mètres au niveau des Côtes ;
- l'extrémité sud du Plateau de Haye, correspondant au plateau de revers de Moselle, où les altitudes déclinent de 400 m à 300 m ;
- les Côtes de Meuse, avec là aussi quelques buttes-témoins délimitant le plateau de Haye, et offrant vers l'ouest un plateau de revers en pente douce vers le val de Meuse. Les altitudes y sont de l'ordre de 420 mètres sur les reliefs et déclinent ensuite jusqu'à 260 mètres ;
- la vallée de la Meuse, relativement large, s'établit à une altitude moyenne de 260 mètres. Plus à l'ouest s'offre un pays de collines au relief généralement doux faisant la transition avec le Barrois (altitudes entre 350 m et 400 m) ;
- le Barrois, plateau calcaire, parcouru par la vallée de l'Ornain (Gondrecourt-le-Château) et plus à l'ouest par celle de la Saulx (Effincourt, Paroy-sur-Saulx) ; les altitudes au droit de la ligne oscillent entre 285 mètres en vallée de la Saulx et 390 mètres sur le plateau ;
- plus à l'ouest, ce plateau correspond au Barrois Champenois, parcouru par la vallée de la Marne, le contact se faisant par un versant marqué, puis par celle de la Blaise (Attancourt, Wassy) avec des versants en pente douce. Les altitudes au droit de la ligne oscillent entre 170 mètres en vallée de la Marne, 160 mètres en vallée de la Blaise et 280 mètres sur le plateau ;
- le Pays du Der, région caractérisée par son caractère humide et ses nombreux étangs (Champagne Humide), avant de retrouver à l'extrémité du projet une zone de plateau plus sèche et faiblement marquée sur le plan topographique (passage à la Champagne Crayeuse). Les altitudes rencontrées par la ligne s'établissent autour de 120 mètres – 130 mètres.

La ligne existante, faisant l'objet des travaux de sécurisation dans le cadre du projet, traverse ces entités avec des franchissements de fronts de côtes et de vallées perpendiculaires à leur orientation (cf. Figure 3-5).

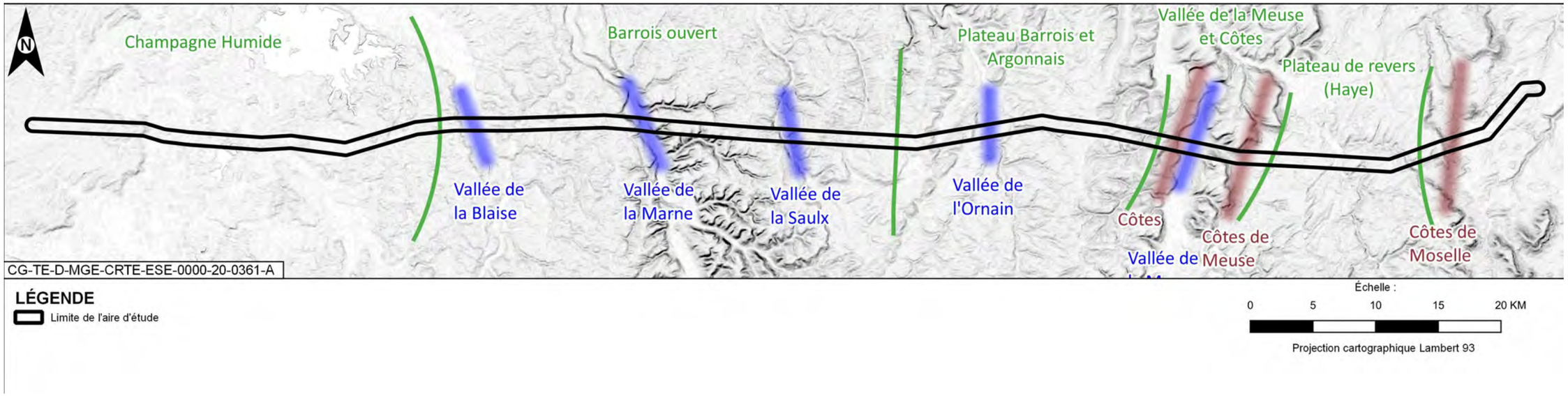


Figure 3-5 Reliefs traversés par la ligne électrique 400 kV

3.2.2 Détails du relief de l'aire d'étude rapprochée

Les figure 3-6 (partie sud) et figure 3-7 (partie nord) présentent la topographie de l'aire d'étude rapprochée.

Le point culminant de l'aire d'étude rapprochée atteint 428 mètres d'altitude et se trouve au sud sur la commune de Germay. Sur le reste de l'aire d'étude, l'altitude varie entre 215 m et 420 m et le relief est vallonné.

L'Ornain, qui coule à l'est de l'aire d'étude rapprochée, la Saulx à l'ouest et la Marne et ses affluents au sud constituent les principaux cours d'eau de l'aire d'étude rapprochée (et aussi de l'aire d'étude éloignée).

Une ligne de crête orientée sud-est/nord-ouest partant de Germay en direction d'Effincourt joue le rôle de ligne de partage des eaux au sud de l'aire d'étude rapprochée.

Au sud de cette ligne, plusieurs vallées marquées s'organisent autour de la vallée du Rongeant qui conflue avec la Marne à Joinville.

Au nord de cette ligne, dans la zone centrale de l'aire d'étude rapprochée, les vallées et lignes de crête sont toutes orientées nord-sud. Les vallées de l'Ornain et de la Saulx sont plus vastes, celles de l'Ormançon et l'Orge sont des vallées plus encaissées. Des vallées secondaires rejoignent l'Ornain et la Saulx. Elles sont globalement perpendiculaires aux vallées structurantes qui sont l'Ornain et la Saulx.

Sur le plateau de Bure, le chevelu des rivières naissantes crée un moutonnement du relief. Les cours d'eau principaux incisent les calcaires avec des vallées étroites et encaissées.

Le bois de Glandenoie (commune de Cirfontaines-en-Ornois) marque le sommet du front de cuesta en bas duquel coule l'Orge. L'Orge en tournant vers le nord vient inciser ce front de cuesta qu'il soulignait à sa source. Ce cours d'eau s'écoule de 340 mètres à sa source à Cirfontaines-en-Ornois, à 330 mètres à Saudron puis à 297 mètres à Ribeaucourt.

La vallée de la Bureau, qui prend sa source sur le plateau de Bure à côté du CMHM à 357 mètres d'altitude, s'écoule vers le nord-ouest à 327 mètres NGF sous la route départementale D175A, route entre Saudron et Bure. Elle rejoint l'Orge au nord-ouest de Bure à 310 mètres d'altitude.

L'Ormançon prend aussi sa source sur le plateau de Bure au sud-est de Mandres-en-Barois à 360 mètres NGF et s'écoule vers le nord en s'encaissant progressivement à 350 mètres NGF à Mandres-en-Barois, 335 mètres NGF en contrebas du bois Lejuc et il rejoint l'Ornain à La Neuville à une altitude d'environ 258 mètres NGF.

L'Ornain quant à lui, naît de la confluence de l'Ognon et de la Maldite à Gondrecourt-le-Château à environ 336 mètres d'altitude. La vallée de l'Ornain est large et peu marquée dans les argiles entre Gondrecourt-le-Château et Demange-Baudignécourt. En aval et en amont de Gondrecourt-Le-Château, elle est étroite, encaissée et méandriforme dans les calcaires. À Tronville-en-Barrois, en limite nord de l'aire d'étude rapprochée, il coule à environ 215 mètres d'altitude.

La Saulx prend sa source à Germay à 347 mètres d'altitude, s'écoule en direction du nord-ouest jusqu'à Paroy-sur-Saulx puis s'oriente vers le nord jusqu'à Montiers-sur-Saulx. Sa vallée, étroite jusqu'à Pansey, s'élargit progressivement ensuite.

3.2.3 Détails du relief de l'aire d'étude immédiate

Le centre de stockage Cigéo est installé sur le front et le revers de la côte des Bars. À Bure, ce plateau ondulé où s'installent les zones puits et descenderie, varie entre 300 m et 400 m d'altitude. Les ondulations se renforcent en allant vers le nord. Plusieurs buttes culminent à 391 mètres comme celle du Chaufour ou dans le bois Lejuc, puis le terrain redescend à l'est vers la vallée de l'Ormançon.

La future ITE s'inscrit préférentiellement sur les replats et dans les fonds de vallée. À la sortie de la future zone descenderie, le tracé descend le versant nord de la vallée de l'Orge passant ainsi de 370 mètres d'altitude dans la future zone descenderie à 350 mètres à Cirfontaines-en-Ornois où il retrouve la plateforme de l'ancienne voie ferrée dont les rails ont été démontés depuis plusieurs décennies. Comme beaucoup de voies ferrées construites au début du XX^{e} siècle, elle a été installée principalement en suivant les fonds de vallée pour bénéficier de leur pente douce. De Cirfontaines-en-Ornois à Luméville-en-Ornois, le tracé traverse un replat agricole créé par un ancien cours d'eau maintenant perdu dans le sous-sol karstique. Il remonte jusqu'à 360 mètres avant de rejoindre le bord du ruisseau de l'étang et de redescendre en pente douce vers le pied de la butte de la Trémont. Cette ancienne voie ferrée chemine alors sur un large replat agricole, d'altitude moyenne 330 mètres, dominé par la côte des Bars entre la Trémont et Ruère au nord-ouest et incisé par l'Ognon au sud-est. Au sud de Gondrecourt-le-Château, l'ancienne plateforme rejoint la vallée de l'Ornain qui s'écoule vers le nord-ouest en méandres encaissés. À partir de ce point, les rails sont encore présents, ils remontent doucement vers la plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château installée à 305 mètres d'altitude en haut de la pente douce qui descend vers l'intérieur du méandre.

La ligne très haute tension traverse les lignes de côte d'est en ouest de manière rectiligne.

L'adduction d'eau est réalisée à partir des sources présentes sur les communes suivantes :

- Thonnance-lès-Joinville dans la vallée du Mont, affluent direct de la Marne à environ 200 mètres ;
- Échenay dans la vallée de la Saulx à environ 300 mètres ;
- Gondrecourt-le-Château dans la vallée de l'Ornain à environ 290 mètres.

À partir de Gondrecourt-le-Château, la voie ferrée est gérée par SNCF réseau. C'est la ligne ferroviaire 027000 qui longe la vallée de l'Ornain sur une majeure partie de son tracé comme la route départementale D966 et le canal de la Marne au Rhin. Le fond de l'Ornain s'établit de 330 mètres à Gondrecourt-le-Château à 215 mètres à Nançois-sur-Ornain. La pente la plus forte de la voie ferrée sur ce tronçon est de l'ordre de 2 %.

La déviation de la route départementale D60/960 autour de la future zone descenderie longe l'amont de la vallée de la Bureau afin de rejoindre Saudron pour les options nord et de proximité. L'option sud nécessite de descendre le raide versant nord de la vallée de l'Orge pour suivre ce cours d'eau entre Gillaumé et Saudron.

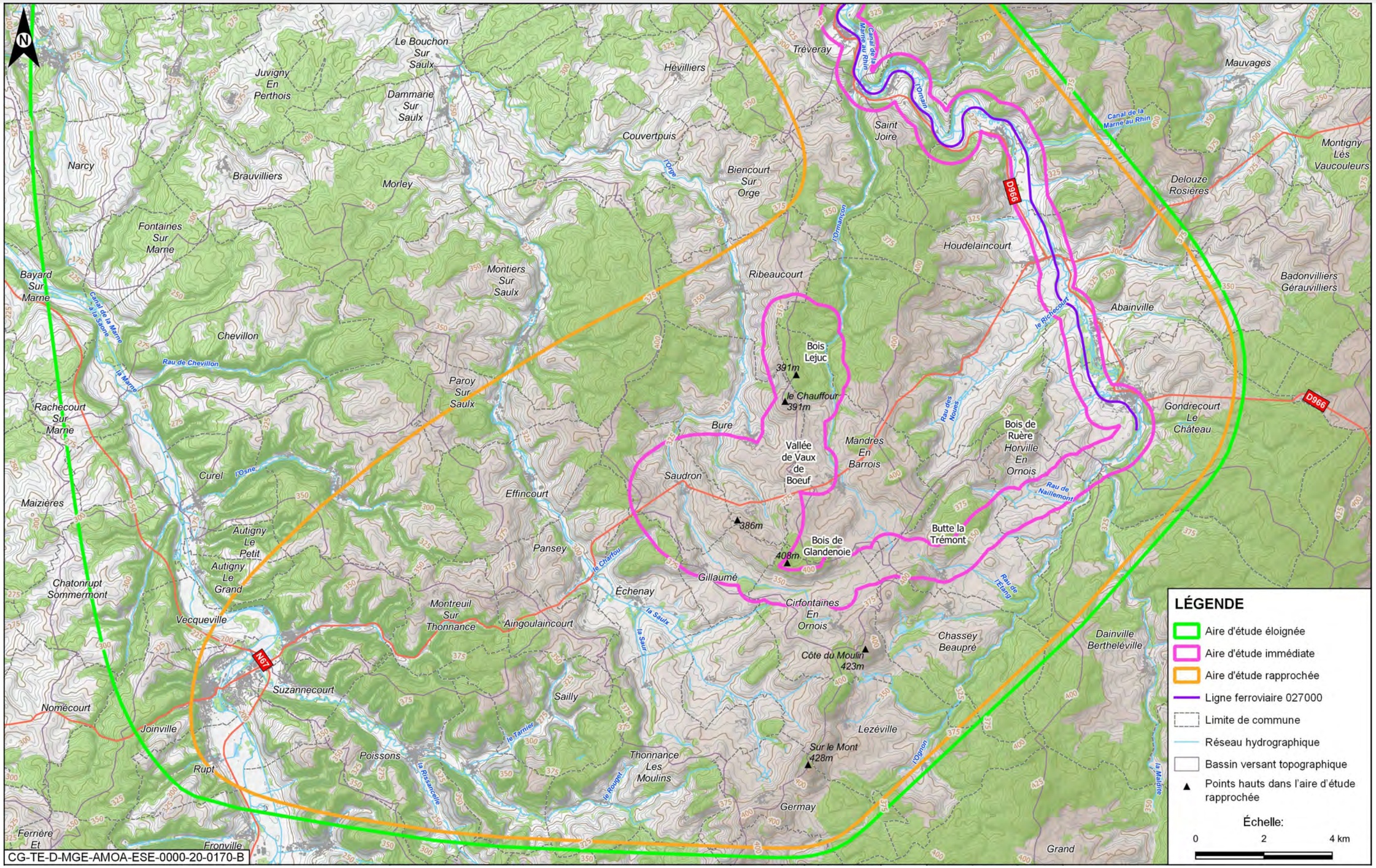


Figure 3-6 Carte topographique - Partie sud

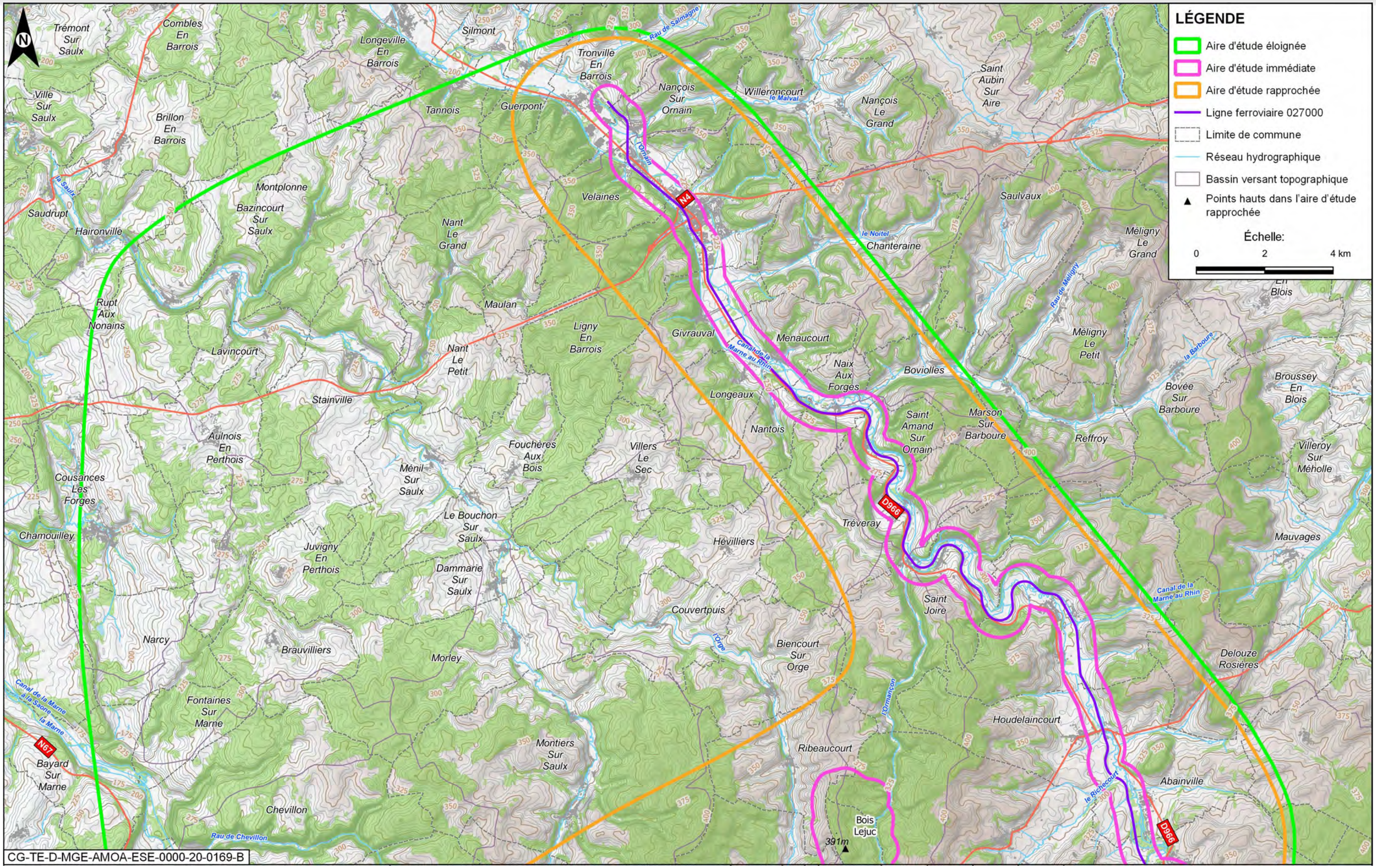


Figure 3-7 Carte topographique - Partie nord

3.3 Occupation des sols

L'occupation des sols dans l'aire d'étude éloignée (cf. Figure 3-8) est étudiée grâce à la base de données d'occupation des sols Corine Land Cover (CLC) 2018 qui est décomposée en 15 postes (types d'occupation du sol différents) (39). L'occupation des sols est le facteur déterminant majeur de la fourniture de tous les services écosystémiques : services d'approvisionnement (biens), services de régulation et services socio-culturels.

L'occupation du sol est largement dominée par les cultures qui représentent 47 % (surfaces correspondant aux catégories CLC terres arables et zones agricoles hétérogènes) puis les forêts (cumul des surfaces des forêts et milieux à végétation arbustive et/ou herbacée de CLC) qui atteignent 38,5 %.

Les forêts sont préférentiellement situées sur les crêtes, les hauts de buttes et les versants pentus. Quelques prairies sont présentes sur les coteaux à forte pente et dans les fonds de vallées (12 % des surfaces).

Les zones artificialisées sont très marginales en termes d'occupation du sol : elles occupent 2,5 %.

ARTIFICIALISATION DES SOLS

Selon l'INSEE, les **sols artificialisés** recouvrent les sols bâtis, les sols revêtus et stabilisés (routes, voies ferrées, parkings, chemins, etc.), ainsi que les mines, carrières, décharges, chantiers, terrains vagues et espaces verts artificiels (espaces verts urbains, équipements sportifs et de loisirs).

Cela correspond aux postes de CLC en rouge violet :

- zones urbanisées ;
- zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication ;
- mines, décharges et chantiers ;
- espaces verts artificialisés, non agricoles. Cette dernière catégorie n'est pas présente dans l'aire d'étude rapprochée.

Selon le gouvernement en 2016, la part de sols artificialisés est un indicateur qui participe à la politique de préservation de la biodiversité. Elle est en 2016 de 9,3 % du territoire de France métropolitaine.

Les zones urbanisées les plus importantes sont au nombre de deux dans l'aire d'étude éloignée : dans le secteur de Joinville, Thonnance-lès-Joinville et Suzannecourt au sud-ouest et dans le secteur de Ligny-en-Barrois, Velaines et Tronville-en-Barrois au nord-est.

Les zones urbaines sont essentiellement organisées le long des cours d'eau :

- le long de la Marne à partir de Joinville en direction de Saint-Dizier ;
- le long de l'Ornain à partir de Gondrecourt-le-Château vers Ligny-en-Barrois puis au-delà de l'aire d'étude éloignée, vers Bar-le-Duc.

Entre ces deux pôles, les zones urbaines de taille beaucoup plus modeste émaillent ce territoire rural. Il y a six villages autour du futur centre de stockage Cigéo : Bure, Saudron, Gillaumé, Mandres-en-Barois, Gondrecourt-le-Château (village de l'ancienne commune de Luméville-en-Ornois) et Horville-en-Ornois.

La vallée de l'Ornain, où est installée la ligne ferroviaire 027000, compte une quinzaine de villages. Gondrecourt-le-Château et Ligny-en-Barrois constituent les centres urbains les plus étendus.

Bien qu'il soit dominé par l'agriculture, quelques industries sont installées sur le plateau Barrois, notamment le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne sur la commune de Bure ou la carrière de Gondrecourt-le-Château.

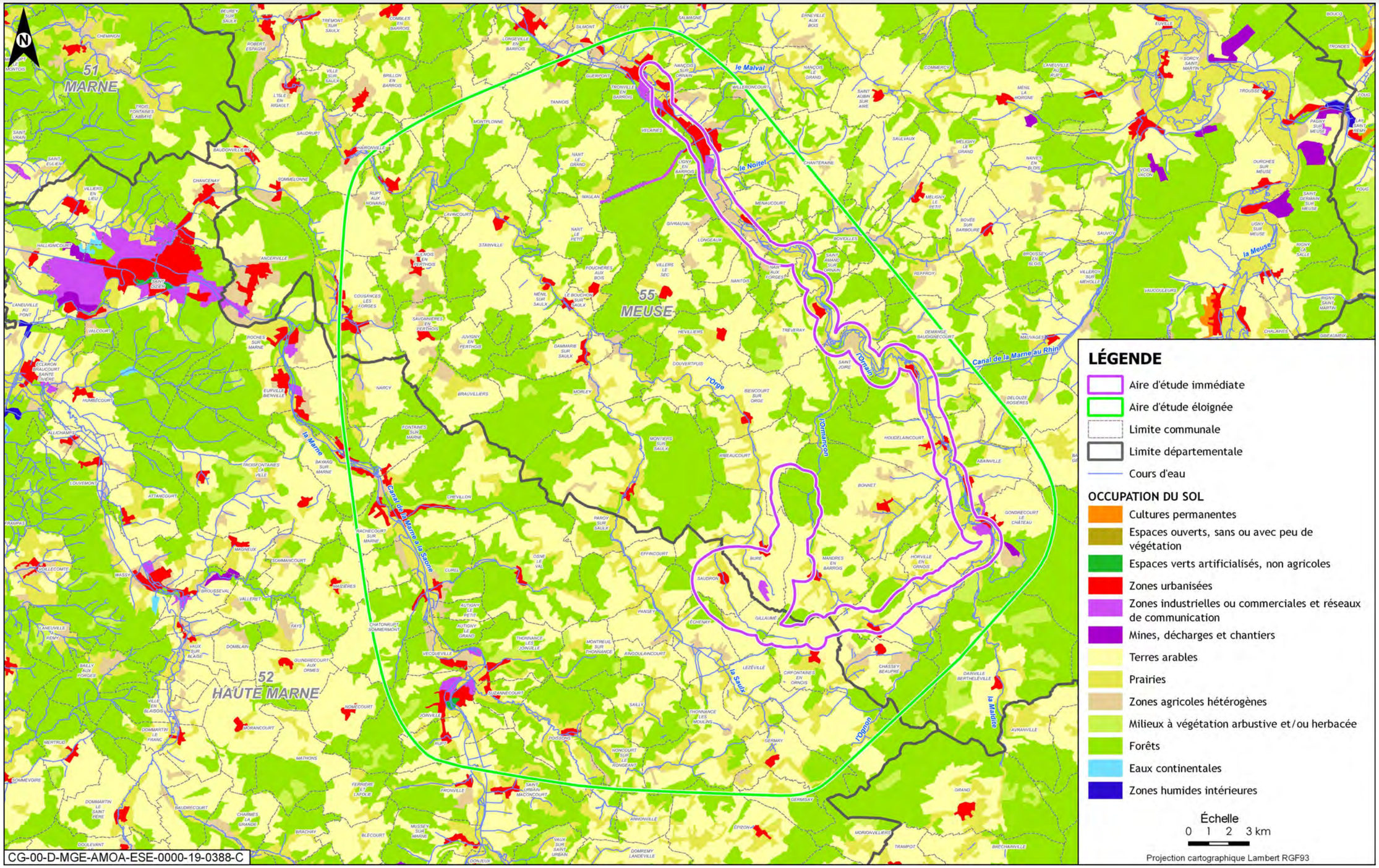


Figure 3-8 Occupation du sol (Corine land cover, 2018 (39))

3.4 Pédologie

3.4.1 Formation des sols

Les sols se forment par l'altération de la roche sous-jacente, l'incorporation de matières organiques, et la redistribution, la migration et l'accumulation de matières au sein du volume de sol (cf. Figure 3-9). Ainsi, un sol est composé d'une succession de couches, appelées **horizons**, de composition et de structure différentes.

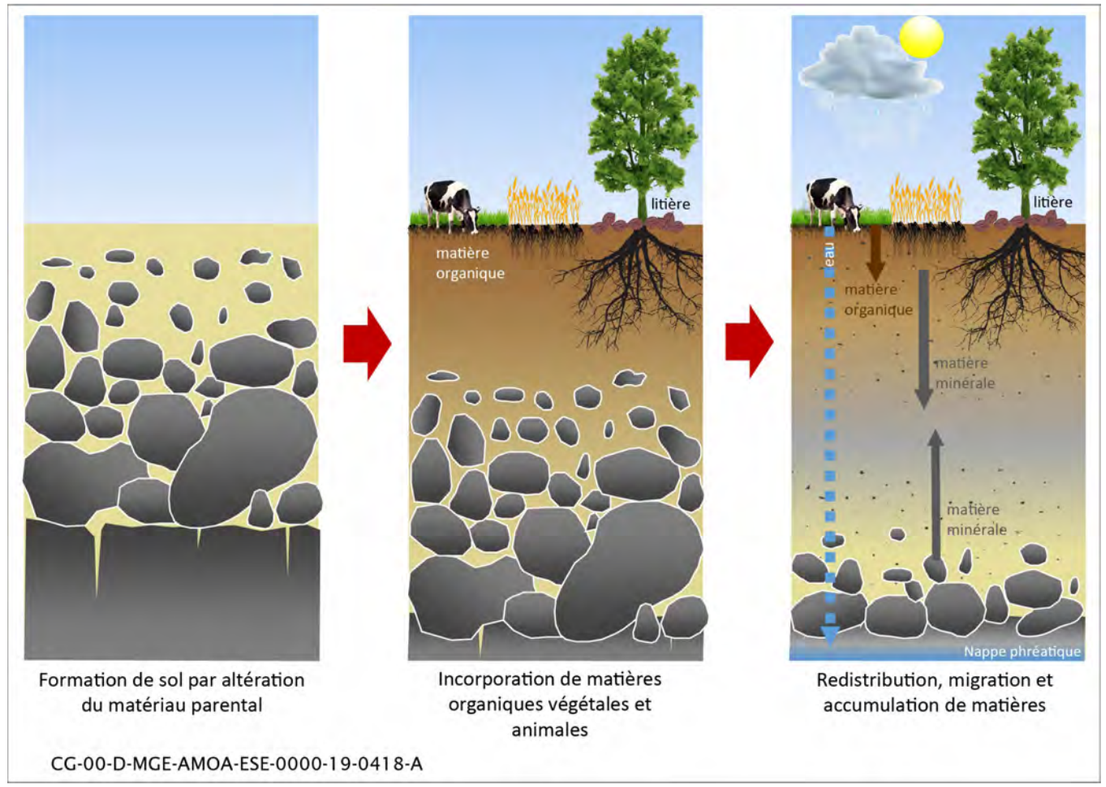


Figure 3-9 Schématisation des étapes de la formation d'un sol

La diversité des sols est liée à la variabilité des facteurs de leur formation : la roche sous-jacente d'origine, le climat, l'activité biologique (en particulier la végétation), la topographie et le temps. Selon leur nature et leur origine, les roches subissent des processus d'altération différents, et plus ou moins marqués, donnant naissance à des sols variés. Ainsi, une même roche ne s'altère pas de la même façon selon le climat. De plus, en favorisant le départ ou l'accumulation de matières, le relief a également une action prépondérante. Enfin, l'activité biologique, par l'apport de matières organiques issues essentiellement de la décomposition des végétaux et par la modification de l'assemblage des constituants du sol, joue également un rôle primordial dans la formation des sols. Ces processus de pédogénèse se déroulent sur des temps très longs : de quelques dizaines de milliers d'années à plus de 100 000 ans. La formation des sols varie ainsi selon le type d'écosystème et est considéré comme un service écosystémique de support important (service écosystémique de formation des sols).

3.4.2 Distribution des types de sols

CARACTÉRISATION DES SOLS

En France, les différents types de sols sont classés et nommés selon une nomenclature particulière décrite dans le référentiel pédologique français (AFES, 2008) (40).

Les unités de sols sont classées selon plusieurs critères tels que :

- la position dans le paysage (plateaux, coteaux, vallées) ;
- le **substrat géologique,** c'est-à-dire la roche sous-jacente (calcaire, marne, sable, alluvions…) ;
- l'épaisseur du sol au-dessus de la roche non altérée (de faible épaisseur jusqu'à 30 cm à sol épais au-delà de 80 cm) ;
- la **carbonatation,** liée à la présence plus ou moins importante de calcaire ;
- la **texture**, qui dépend de la répartition granulométrique de ses constituants, c'est-à-dire la répartition entre les **argiles** de taille inférieure à 2 µm, les **limons** dont la taille est comprise entre 2 µm et 50 µm et les **sables** dont la taille est comprise entre 50 µm et 2 mm ;
- la **pierrosité,** qui prend en compte la quantité d'éléments grossiers (>2 mm) dans le sol (sol plus ou moins caillouteux) ;
- la **structure,** qui décrit le mode d'organisation dans l'espace, la forme des agrégats de ses constituants de granulométrie variable ;
- l'**hydromorphie**, correspondant aux traces laissées par la présence régulière d'eau ;
- l'**acidité**, qui est la concentration d'un milieu en ions H+ que l'on mesure en pH. Les réactions acido-basiques sont au cœur de procédés organiques, comme par exemple la dégradation des matières organiques. L'eau a un pH neutre égal à 7, le jus de citron est acide avec un pH inférieur à 4, l'ammoniac est basique avec un pH supérieur à 10.

Les sols **colluviaux** ou de bas de pente sont formés à partir des matériaux arrachés par l'érosion aux pentes situées au-dessus.

3.4.2.1 Distribution des types de sols dans l'aire d'étude éloignée

Les types de sols présents dans l'aire d'étude éloignée ont été identifiés à partir des unités de sols définies dans les référentiels régionaux pédologiques (RRP) au 1/250 000 de Lorraine et de Haute-Marne (41, 42) (Chambre d'agriculture régionale du Grand Est, INRAE unité Infosol) (cf. Figure 3-10). La méthode de détermination et de cartographie de ces unités de sols est détaillée au chapitre 3.3.1 du volume VII de la présente étude d'impact. Ces types de sols sont regroupés en trois grands ensembles en fonction de la nature du matériau géologique parental sous-jacent (calcaires/marnes, limons sableux ou alluvions) et de leur position dans le paysage (plateaux, coteaux ou fonds de vallons et de vallées). Au sein de ces ensembles, les grandes catégories de sols présents dans l'aire d'étude éloignée sont :

- des sols issus de matériaux calcaires : soit des calcaires durs du Portlandien (Tithonien, communément appelés calcaires du Barrois) sur la majeure partie du territoire, soit des calcaires tendres de l'Oxfordien à l'extrême sud-est, soit des marnes du Kimméridgien au sud-est également. Ce sont principalement des sols de types CALCOSOLS, c'est-à-dire des sols moyennement épais à épais (>30 cm d'épaisseur), riches en carbonates de calcium sur toute leur épaisseur, et donc à pH basique. Ils sont fréquemment argileux ou argilo-limoneux, plus ou moins caillouteux, plus ou moins séchants et souvent très perméables. Lorsqu'ils sont superficiels (<30 cm d'épaisseur) avec les mêmes propriétés, il s'agit de RENDOSOLS, également très présents dans l'aire d'étude éloignée, plus particulièrement sur les coteaux calcaires. Dans les situations de décarbonatation[6] des sols, on passe à des CALCISOLS, ou à des RENDISOLS pour les plus superficiels,

[6] Processus de dissolution des carbonates

caractérisés par un appauvrissement en carbonates de calcium, donc de pH neutre à basique, et peu caillouteux ;

- des sols évolués ou peu évolués sur matériaux limono-argilo-sableux : soit issus des formations du Crétacé (du Valanginien ou de l'Hauterivien et du Barrémien) majoritairement dans la partie nord/nord-ouest de l'aire d'étude éloignée, soit issus de formations quaternaires limoneuses d'origine éolienne (loess) localisées très ponctuellement au sud-est de l'aire d'étude éloignée. Ces sols, limono-sableux ou limono-argileux, sont plus ou moins évolués, c'est-à-dire qu'ils sont marqués par des processus de lessivage vertical (entraînement en profondeur) de particules d'argile et de fer qui s'accumulent à une certaine profondeur, entraînant une différenciation morphologique et fonctionnelle plus ou moins marquée entre la surface du sol et sa profondeur. Les sols de ces ensembles sont des luvisols, les plus évolués, des néoluvisols, moins évolués, et des brunisols, relativement peu différenciés mais avec un horizon intermédiaire à structure nette en agrégats. Ces sols sont généralement profonds ou moyennement profonds (>60 cm d'épaisseur) et faiblement acides (pH 6-7) à acides (pH <6). Ils ont également tendance à être marqués par des traces d'hydromorphie (coloration bariolée du sol liée à un engorgement en eau temporaire) à plus ou moins faible profondeur. La présence d'hydromorphie en surface qualifie alors les sols de luvisols-rédoxisols ;
- des sols de fond de vallons ou de vallées : soit en fond de vallons humides sur marnes du Kimméridgien (en pied de cuesta), soit sur des alluvions récentes des petites vallées (Orge, Ormançon, Saulx) et des plaines alluviales (Ornain, Marne), soit sur des terrasses alluviales anciennes (Marne). Les sols de fond de vallons humides et des vallées qui entaillent l'aire d'étude éloignée du sud-est au nord-ouest sont le plus souvent des fluviosols et rédoxisols, c'est-à-dire des sols issus d'alluvions, matériaux fins déposés par les cours d'eau avec parfois quelques cailloux, et souvent marqués par la présence d'une nappe temporaire donnant des traces d'hydromorphie. Ce caractère hydromorphe temporaire est d'autant plus fréquent et marqué lorsque les alluvions récentes recouvrent les marnes peu perméables du Kimméridgien, comme à l'amont de la vallée de l'Orge en bordure de la future zone descenderie, ou dans la vallée de l'Ornain amont au nord de Gondrecourt-le-Château. La petite taille des cours d'eau de l'aire d'étude fait que ces sols ont des emprises relativement limitées sur le territoire. Ils sont de texture limono-argileuse à argileuse, profonds à moyennement profonds (>60 cm d'épaisseur), à pH neutre à basique. La présence de réductisols, sols hydromorphes engorgés en quasi-permanence (gley), est assez rare et localisée (vallée de l'Ognon sur les communes de Cirfontaines-en-Ornois et Laneuville-au-Bois). Enfin, la présence de terrasses alluviales anciennes sur la Marne donne des calcisols, développés sur grèves calcaires, mais qui sont décarbonatés, limono-argileux et de profondeur variable.

Le tableau 3-1 présente les types d'unités de sols rencontrés sur l'aire d'étude éloignée et leur description. La figure 3-10 montre leur distribution.

3.4.2.2 Distribution des types de sols dans l'aire d'étude immédiate

La figure 3-11 et sa légende en figure 3-12 présentent la distribution des types d'unités de sols rencontrés sur l'aire d'étude immédiat d'après une carte pédologique au 1/50 000 (source Andra).

L'aire d'étude immédiate est caractérisée par quatre types de sol, répartis de la manière suivante :

- au droit de la zone puits : des sols calcaires de plateaux (superficiels et caillouteux) et des sols bruns de plateaux limoneux, plus profonds et acides ;
- au droit de la liaison intersites : des sols calcaires de plateaux ;
- au droit de la zone descenderie : des sols calcaires de plateaux et des sols marneux et calcaires du Kimméridgien ;
- au droit de l'installation terminale embranchée : principalement des sols marneux et calcaires du Kimméridgien ;
- au droit de la ligne ferroviaire 027000 : des sols de vallée (alluvions calcaires hydromorphes) et des sols marneux et calcaires du Kimméridgien.

Les exploitants agricoles vont en premier lieu mettre en culture les sols plats ou à pente faible, à pH proche de la neutralité et peu hydromorphes. C'est pourquoi les sols des plateaux calcaires sont plutôt occupés par des cultures, comme autour du Laboratoire de recherche souterraine de Meuse/Haute-Marne, alors que les sols évolués, acides et profonds, issus des formations limono-argilo-sableuses du Crétacé ainsi que les sols pentus et superficiels des coteaux sont plutôt localisés sous forêts, comme sous le bois Lejuc. Des sols de coteaux associés à des zones de pentes plus ou moins fortes, correspondant à des sols bruns calcaires peu ou moyennement profonds, sont également retrouvés au niveau du tracé de la future ITE. Les sols de vallées, généralement plus profonds (de 0,6 mètre à plus d'1 mètre), sont situés à proximité des cours d'eau et donc fréquemment inondés. Ils sont par conséquent difficilement cultivables et souvent laissés sous prairies d'élevages, comme le long de la ligne ferroviaire 027000 qui longe la vallée de l'Ornain. Les villes et villages étant souvent implantés à proximité des cours d'eau, ils occupent aussi généralement des types de sols localisés dans les vallées. De façon générale, les adductions d'eau potable partent des vallées où sont localisés les cours d'eau, caractérisés par des fluviosols, et traversent la gamme des sols des coteaux calcaires (calcosols/calcisols/rendosols) pour acheminer l'eau jusqu'aux plateaux calcaires.

Le chapitre 2.4.4 du présent volume fait le lien entre la qualité des sols et leur capacité de séquestration carbone. Le chapitre 8.3.3.4 du présent volume fait le lien avec la qualité agronomique des sols.

3.4.3 Caractéristiques physiques des sols

La majorité des sols de l'aire d'étude éloignée appartient à la classe des sols calcimagnésiques, c'est-à-dire composés d'une part importante de carbonates de calcium et de magnésium. Cette caractéristique est due à la richesse de la roche sous-jacente (calcaires et marnes) en carbonate de calcium. Elle donne des sols de granulométrie majoritairement argileuse à limoneuse.

La majeure partie de l'aire d'étude éloignée est en effet couverte par des sols bruns de plateaux calcaires correspondant au sud du plateau du Barrois. Les sols de coteaux sont plus présents au sud et à l'est de l'aire d'étude et sur les flancs de vallées. Ces sols de plateaux et coteaux calcaires sont des sols peu ou moyennement épais (souvent <0,5 mètre d'épaisseur), plus ou moins carbonatés, plutôt argilo-limoneux, souvent caillouteux et perméables. Le nord/nord-ouest de l'aire d'étude est quant à lui dominé par des sols évolués ou peu évolués, limono-argilo-sableux, issus des formations du Crétacé. Ce sont des sols bien différenciés, souvent profonds, non carbonatés et légèrement acides. Enfin, les sols de fond de vallons et de vallées, relativement profonds et parfois hydromorphes, couvrent de faibles surfaces associées aux cours d'eau comme l'Ornain, l'Orge ou l'Ormançon, la Saulx et la Marne.

3.4.4 Caractéristiques chimiques des sols

Les sols de l'aire d'étude éloignée sont des sols plutôt neutres à basiques, de pH en moyenne plus élevé (entre 6 et 8) qu'au niveau national, du fait de la nature majoritairement carbonatée de la roche sous-jacente. Les pH sont plus acides sous les forêts que sous les cultures ou les prairies.

Les teneurs en calcaire total dans les sols sont très variables en fonction de la nature de la roche sous-jacente. Ainsi, les concentrations sont les plus fortes au sud-est de l'aire d'étude rapprochée où affleurent les formations géologiques du Kimméridgien et des calcaires du Barrois.

Les teneurs en carbone organique et azote dans les sols dépendent principalement du type d'occupation du sol. Dans les horizons supérieurs, les cultures présentent les teneurs en carbone les plus faibles (de l'ordre de 20-30 g/kg) alors que les valeurs les plus élevées sont observées sous prairie (généralement >40 g/kg). Les forêts présentent des concentrations intermédiaires mais très fortement variables selon le type de sol, avec dans certains sols des concentrations en carbone organique supérieures aux valeurs de prairie. Pour l'azote, les teneurs sont relativement proches sous culture et forêt (valeurs médianes égales à 2,6 g/kg et 2,4 g/kg, respectivement), et deux fois plus importantes sous prairie.

De la même façon, les concentrations dans les sols en phosphore soluble et donc assimilable par les plantes, appelé phosphore assimilable, sont très dépendantes de l'occupation des sols. Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans les sols de cultures et de prairies fertilisés, alors que les teneurs sont plus faibles sous les forêts. Ce paramètre est important en agronomie car il est utile pour optimiser la stratégie de fertilisation des sols.

La composition chimique des sols en éléments majeurs (éléments dont la concentration est en général supérieure à 0,1 %, à savoir le silicium, l'aluminium, le fer, le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium) est du même ordre que les valeurs nationales.

Pour les éléments traces métalliques et autres éléments mineurs présents uniquement à l'état de traces dans les sols, les concentrations sont assez homogènes. Le nord-ouest de l'aire d'étude éloignée présente un léger

enrichissement naturel en fer et en certains éléments traces métalliques (Co, As, Ni…) liés à la nature de la roche mère (dépôts limono-argilo-sableux du Valanginien).

Pour ce qui concerne les composés organiques persistants, les concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP totaux - somme des 16 HAP) et en polychlorobiphényles (PCB - somme des 7 PCB indicateurs) dans les sols montrent une pollution diffuse en ces composés sur toute l'aire d'étude, dans les gammes de valeurs habituellement mesurées au niveau national.

Des analyses de sols ont mis en évidence des contaminations fréquentes en hydrocarbures à proximité immédiate de l'ancienne plateforme ferroviaire où sera érigée l'installation terminale embranchée, lesquelles restent cependant à des teneurs relativement faibles, inférieures aux valeurs réglementaires.

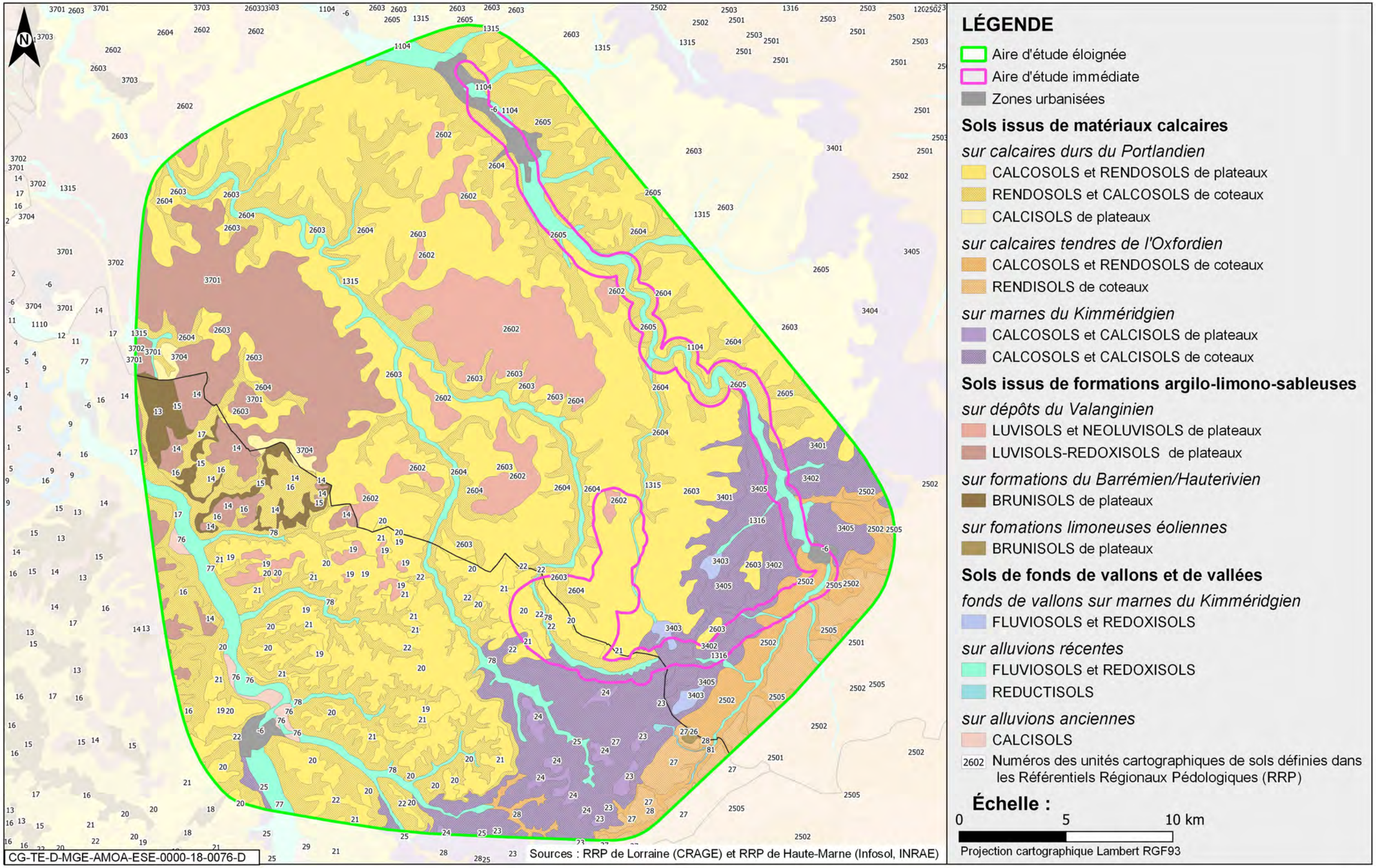


Figure 3-10 Carte pédologique du Référentiel régional pédologique (RRP), au 1/250 000, au niveau de l'aire d'étude éloignée

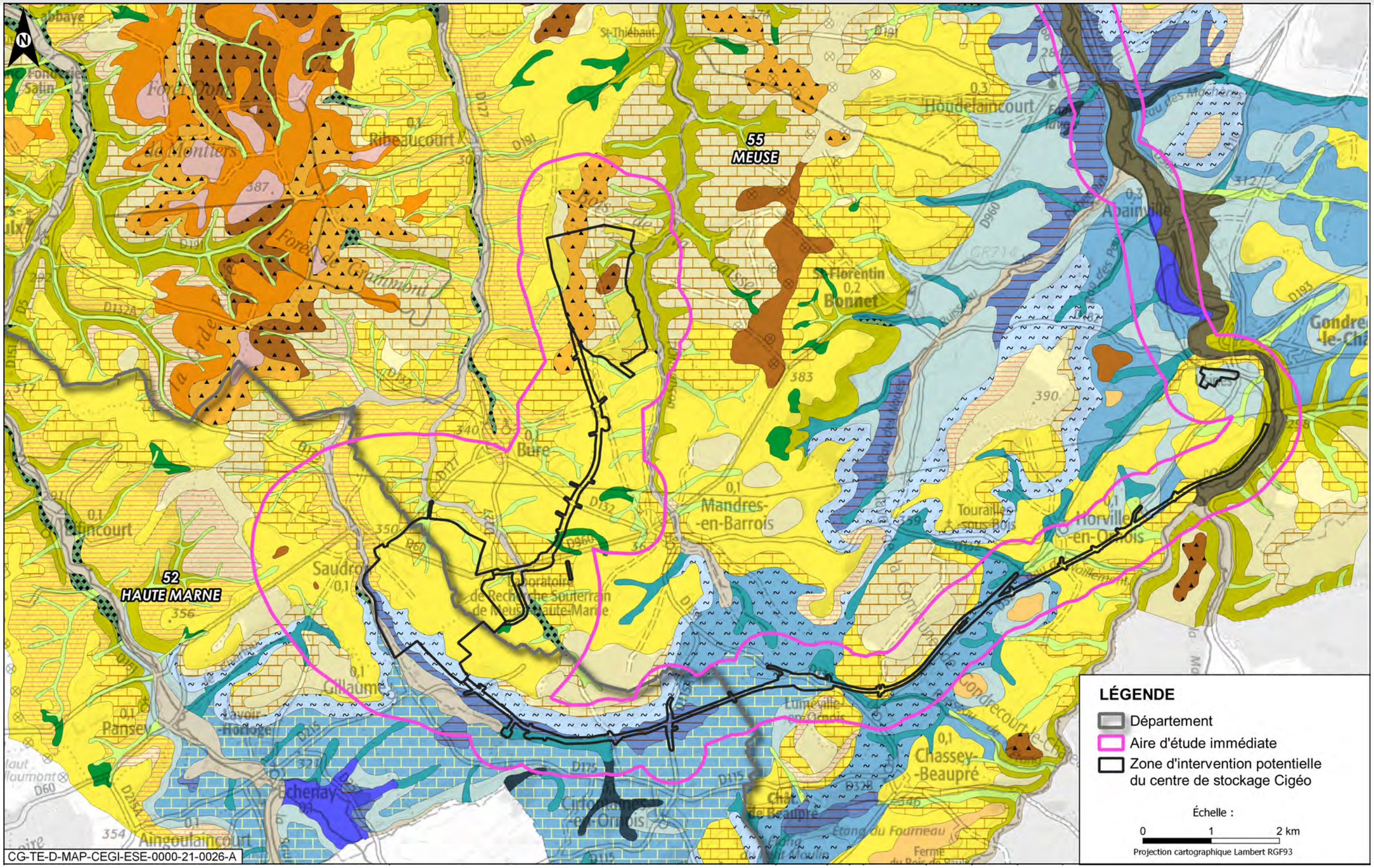


Figure 3-11 Carte pédologique au 1/50 000 au niveau de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo

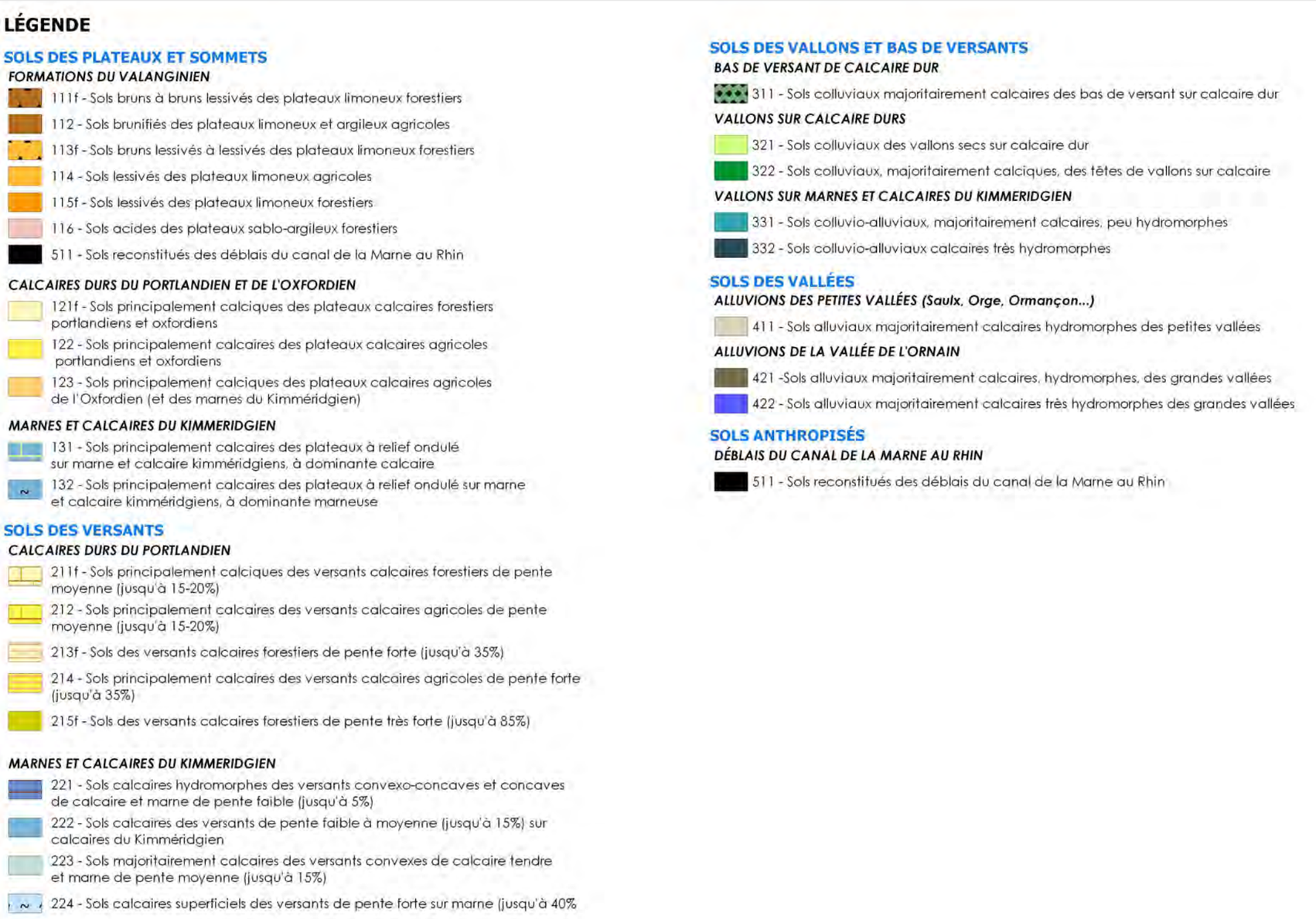


Figure 3-12 Légende de la carte pédologique au 1/50 000

Tableau 3-1 Caractéristiques des unités de sols de la carte pédologique au 1/250000 sur l'aire d'étude éloignée

	Roche sous-jacente	Position dans le paysage	Libellé	Description de l'unité	Profondeur moyenne	pH moyen en surface	Drainage	Texture
Sols issus de matériaux calcaires	Calcaires durs du Portlandien (Barrois)	Plateau	CALCOSOLS à RENDOSOLS	Sols argilo-limoneux moyennement à peu profonds, carbonatés, plus ou moins caillouteux	0,1 à 0,6 m	7 à 8	Rapide	Argilo-limoneuse à argileuse
		Coteaux	RENDOSOLS à CALCOSOLS	Sols argilo-limoneux peu profonds, carbonatés, caillouteux	<0,3 m	7 à 8	Rapide	Argilo-limoneuse à argileuse
		Plateaux	CALCISOLS	Sols argilo-limoneux moyennement profonds, décarbonatés, souvent caillouteux	0,3 à 0,6 m	6 à 8	Rapide	Argilo-limoneuse à limono-argileuse
	Calcaires tendres de l'Oxfordien	Coteaux	CALCOSOLS et RENDOSOLS	Sols argilo-limoneux moyennement à peu profonds, carbonatés, plus ou moins caillouteux	0,1 à 0,6 m	7 à 8	Rapide	Argilo-limoneuse à argileuse
		Coteaux	RENDISOLS	Sols argilo-limoneux peu profonds, décarbonatés, caillouteux	<0,3 m	6 à 8	Rapide	Argilo-limoneuse à argileuse
	Marnes et calcaires du Kimméridgien	Plateaux	CALCOSOLS à CALCISOLS	Sols argileux moyennement profonds, plus ou moins carbonatés, parfois caillouteux, et localement hydromorphes	0,3 à 0,6 m	6 à 8	Favorable à Modéré	Argileuse à argilo-limoneuse
		Coteaux						
Sols issus de formations limono-argilo -sableuses	Dépôts du Valanginien	Plateaux	LUVISOLS à NEOLUVISOLS	Sols évolués, limono-sableux ou limono-argileux, profonds à moyennement profonds, légèrement acides, parfois hydromorphes	0,6 à >0,1 m	5 à 7	Favorable	Limono-sableuse à limono-argileuse
		Plateaux	LUVISOLS-REDOXISOLS	Sols évolués, limono-sableux ou limono-argileux, profonds, légèrement acides, souvent hydromorphes	>1 m	5 à 7	Imparfait	Limono-sableuse, argileuse en profondeur
	Barrémien/Hauterivien	Plateaux	BRUNISOLS	Sols peu évolués, à dominante sableuse, localement différenciés	0,3 à 0,6 m	6 à 8	Rapide	Sablo-limoneuse
	Limons éoliens	Plateaux	BRUNISOLS	Sols peu évolués à texture variable, peu profonds, plus ou moins carbonatés	<0,3 m	6 à 8	Rapide	Variable
Sols de fonds de vallons et de vallées	Marnes et calcaires du Kimméridgien	Vallons humides	FLUVIOSOLS et REDOXISOLS	Sols argileux, généralement profonds, hydromorphes	0,6 à 1,1 m	6 à 8	Modéré	Argileuse
	Alluvions récentes	Vallées	FLUVIOSOLS et REDOXISOLS	Sols limono-argileux, généralement profonds, parfois hydromorphes	0,6 à 1,1 m	6 à 8	Favorable	Limono-argileuse à argileuse
			REDUCTISOLS	Sols limono-argileux, hydromorphes, à nappe d'eau quasi-permanente, généralement profonds	0,6 à 1,1 m	6 à 8	Imparfait	Limono-argileux à argileux
	Alluvions anciennes	Vallées	CALCISOLS	Sols argilo-limoneux, de profondeur variable, des terrasses alluviales anciennes de la Marne	Variable	6 à 8	Favorable	Argilo-limoneuse

3.4.5 Caractéristiques biologiques des sols

La qualité d'un sol passe également par une caractérisation de son état biologique. En effet, certains organismes vivants du sol comme les bactéries, les champignons ou les espèces animales présentes dans le sol (vers de terre, collemboles et autres microarthropodes, etc.) peuvent être utilisés comme indicateurs de la qualité des sols et déterminants du service écosystémique de régulation de la qualité des sols.

Les sols de l'aire d'étude éloignée se caractérisent par une densité microbienne supérieure à la moyenne nationale, grâce à des propriétés physico-chimiques favorables, largement influencées par le type d'occupation des sols (prairie, forêt ou culture). Par ailleurs, l'abondance des collemboles (microarthropodes décomposeurs) est dans la moyenne nationale, plus élevée en forêt qu'en culture et en prairie.

Les sols de l'aire d'étude éloignée ont donc une qualité biologique dans la moyenne nationale ; à noter qu'ils font partie des sols les plus favorables aux communautés microbiennes.

3.4.6 Caractéristiques radiologiques des sols

L'origine de la radioactivité dans les sols de l'aire d'étude rapprochée est à la fois naturelle (principalement tellurique) et artificielle (retombées des anciens essais d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl).

La radioactivité tellurique résulte d'éléments radioactifs naturels, présents sur la Terre depuis son origine. Le « bruit de fond » radioactif naturel a toujours existé et, en moyenne, a sans doute peu varié au cours des siècles.

Les retombées de l'accident de Tchernobyl, sous forme de dépôts radioactifs, ont été modérées sur la région, du fait d'une altitude modeste et d'une pluviométrie faible. De même, les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires y ont été faibles. De plus, l'aire d'étude se trouve dans une zone éloignée de toute activité nucléaire.

Les éléments radioactifs potentiellement présents dans les sols et donc recherchés (telluriques, issus des retombées des essais nucléaires ou de Tchernobyl) sont listés dans le tableau 3.4-2 ci-dessous.

Tableau 3-2 Liste des éléments radioactifs recherchés dans les sols

Sources		Éléments radioactifs
Naturelle	**Tellurique (provenant des couches géologiques)**	^{40}K (potassium) ^{232}Th (thorium) et descendants ^{235}U (uranium) et descendants ^{238}U, ^{234}U (uranium) et descendants ^{226}Ra (radium)
Artificielle	**Essais nucléaires**	$^{239+240}$Pu, ^{238}Pu (plutanium), ^{137}Cs (césium)
	Accident de Tchernobyl	^{137}Cs (césium)

La radioactivité naturelle est essentiellement due, pour sa part tellurique, au ^{40}K (potassium-40) ainsi qu'aux chaînes naturelles de radioactivité de l'^{238}U (uranium-238) et du ^{232}Th (thorium-232). Ces éléments radioactifs sont aussi présents dans le sous-sol (cf. Chapitre 4.4.3 du présent volume de l'étude d'impact).

Afin d'établir le bruit de fond radiologique de l'aire d'étude rapprochée, différentes mesures de radioactivité ont été réalisées par le laboratoire Subatech entre 2007 et 2009 et par l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) entre 2010 et 2013. La méthodologie mise en œuvre pour ces mesures est présentée au chapitre 4.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

Spécifiquement pour les sols, les sites de prélèvements ont été choisis en fonction de :

- la nature de la roche sous-jacente, source de radionucléides d'origine tellurique ;
- la nature de la végétation, qui influence le dépôt des aérosols.

Les prélèvements de sols ont été effectués sur différentes roches mères et ont été prélevés à des profondeurs variables selon les sites (de la surface à 60 cm de profondeur). La méthodologie d'analyse des éléments radioactifs de l'état initial des sols est présentée au chapitre 3.3.3 du volume VII de la présente d'étude d'impact.

Les sols analysés témoignent d'un niveau de radioactivité en ^{40}K (potassium-40), élément radioactif d'origine tellurique, compris entre 243 ± 26 Bq.kg^{-1} et 520 ± 60 Bq.kg^{-1} dans les sols de forêt.

Les niveaux de radioactivité en ^{238}U (uranium-238) et en ^{232}Th (thorium-232) des sols varient respectivement entre 19 ± 3 Bq.kg^{-1} et 53 ± 6 Bq.kg^{-1} et entre 27 ± 4 Bq.kg^{-1} et 64 ± 8 Bq.kg^{-1}. Les rapports ^{234}U et ^{238}U (uranium-234 et uranium-238) des niveaux de radioactivité sont soit égaux à un, soit très proches d'un, témoignant de l'équilibre séculaire et donc de l'origine naturelle de cette radioactivité.

DÉFINITION

La **filiation radioactive** désigne la série de désintégrations en cascade que subissent certains noyaux. Dans la nature, les filiations radioactives concernent principalement trois éléments lourds dont le temps de vie est de l'ordre du milliard d'années : l'uranium-238, l'uranium-235 et le thorium-232 (cf. Figure 3-13). Les descendants de ces trois noyaux, présents dans les roches, contribuent à la radioactivité naturelle. La Terre étant vieille de 4,5 milliards d'années, il s'est établi, au sein de ces trois filiations radioactives, un équilibre entre les quantités du noyau ancêtre et celles de ses descendants. Ces quantités évoluent si lentement que cet **équilibre** est dit **séculaire**. À chaque instant, il se forme autant de noyaux d'un élément de la descendance qu'il ne s'en désintègre (cf. Figure 3-14). Toutes les concentrations des « descendants » sont pratiquement constantes et égales à celle du noyau « ancêtre », tête de famille.

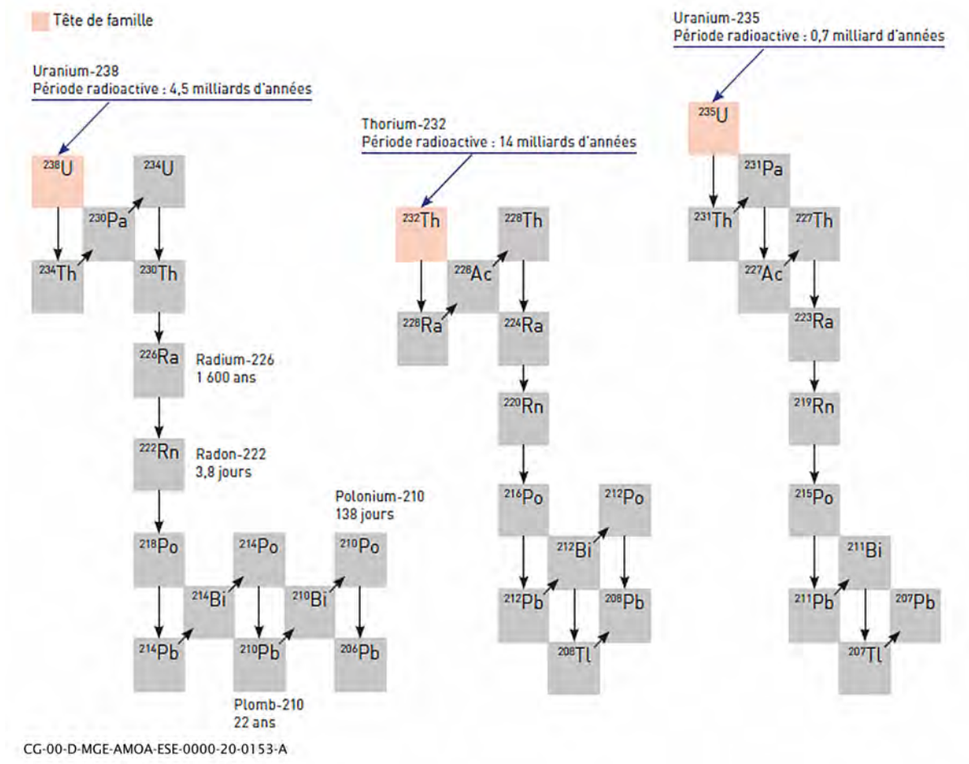


Figure 3-13 Chaînes de désintégration de l'Uranium-238, du Thiorium-232 et de l'Uranium-235

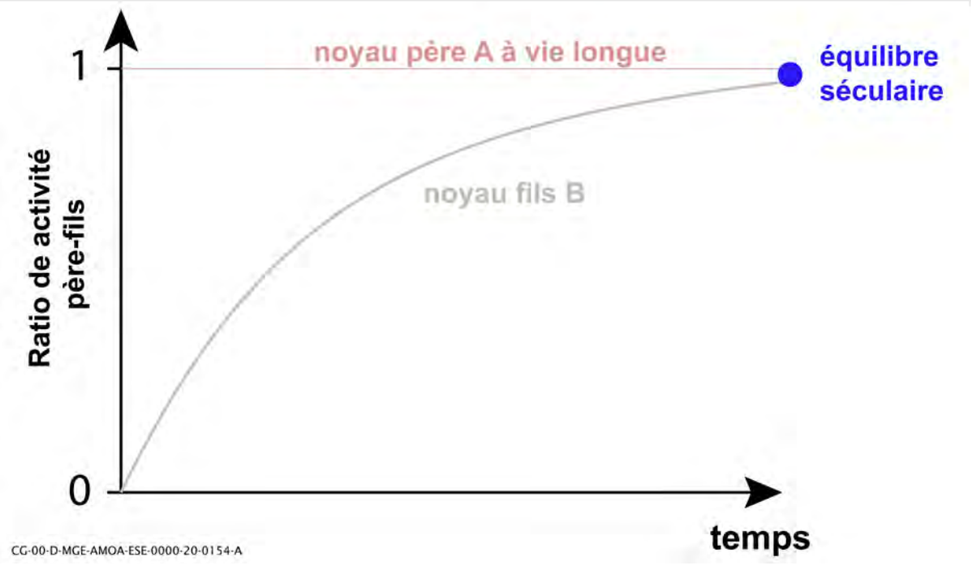


Figure 3-14 Schéma de synthèse de l'équilibre séculaire

Les niveaux de radioactivité en ^{235}U (uranium-235) sont plus faibles, compris entre 0,6 Bq.kg^{-1} et 1,6 Bq.kg^{-1} sec et les rapports de masse $^{235}U/^{238}U$ sont tous groupés autour de 0,72, valeur représentative de l'^{235}U dans l'uranium naturel.

Le niveau de radioactivité en ^{226}Ra (radium-226) des sols est variable de 39 ± 4 Bq.kg^{-1} à 101 ± 10 Bq.kg^{-1} selon ses caractéristiques. Ce niveau témoigne de la présence de roches sédimentaires à faible teneur en radium, exhalant donc peu de radon. En effet, le niveau de radioactivité moyen du ^{226}Ra dans les roches est de quelques dizaines de becquerels par kilogramme, mais il peut être mille fois supérieur dans les sols ou les zones riches en uranium (tel qu'un massif granitique).

Tableau 3-3 Variabilité de l'activité volumique du radon dans l'air du sol en fonction de la géologie d'après des mesures réalisées dans plusieurs régions de France

Nature des roches	Gamme de l'activité volumique du radon dans l'air du sol (Bq/m^3)	Activité volumique moyenne du radon dans l'air du sol (Bq/m^3)
Granites, orthogneiss	10 000 – 500 000	100 000
Formations sédimentaires et méta-sédimentaires	1 000 – 150 000	40 000
Formations volcaniques basiques	1 000 – 90 000	20 000

Le ^{137}Cs (césium-137) est présent sur tous les sols prélevés. Sa présence est due aux retombées de l'accident de Tchernobyl et aux anciens essais aériens d'armes nucléaires. Les niveaux de radioactivité en ^{137}Cs mesurés entre 2010 et 2013 varient de 14 ± 1 Bq.kg^{-1} à 36 ± 4 Bq.kg^{-1} et sont cohérents avec les observations réalisées en d'autres points du territoire français (cf. Figure 3-15). Les résultats radiologiques présentés sur la figure 3-15 sont issus d'analyses de sols réalisées sur un secteur qui couvre la partie sud de l'aire d'étude rapprochée. Ce secteur est cartographié au chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact sous la dénomination « secteur de référence OPE ».

Les retombées consécutives aux essais atmosphériques d'armes nucléaires induisent également la présence de plutonium (rapport $^{238}Pu/^{239+240}Pu = 0,03$). Les inventaires en $^{239+240}Pu$ des sols montrent que le niveau de radioactivité le plus fort observé en surface varie entre 0,203 ± 0,01 Bq.kg^{-1} et 0,880 ± 0,03 Bq.kg^{-1}.

La synthèse des résultats obtenus sur les sols du secteur est présentée dans le tableau 3-4. La radioactivité mesurée dans les sols provient des formations géologiques sédimentaires et des retombées d'accidents ou d'essais nucléaires. Les faibles niveaux de radioactivité mesurés traduisent une zone à l'écart des activités nucléaires actuelles.

Tableau 3-4 Niveaux de radioactivité mesurés dans les sols de l'aire d'étude rapprochée du milieu physique (prélèvements en 2010)

Origine	Éléments radioactifs	Intervalle de valeurs mesurées	Unité
Naturelle	^{40}K (potassium)	243 à 520	Bq/kg sec
	^{232}Th (thorium)	27 à 64	Bq/kg sec
	^{235}U (uranium)	0,6 à 1,6	Bq/kg sec
	^{238}U (uranium)	19 à 53	Bq/kg sec
	^{226}Ra (radium)	39 à 101	Bq/kg sec
Artificielle	^{137}Cs (césium)	14 à 36	Bq/kg sec
	$^{239+240}Pu$ (plutonium)	0,2 à 0,9	Bq/kg sec

La figure 3-15 montre que les niveaux mesurés sont cohérents avec le bruit de fond des sols français (43).

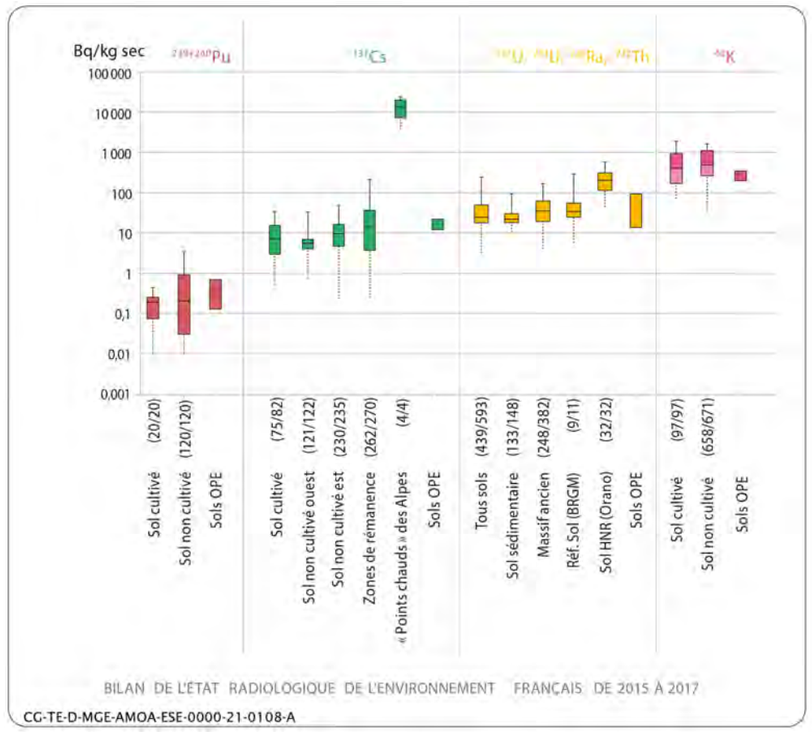


Figure 3-15 Comparaison des activités massiques entre les sols OPE et les sols français d'après IRSN (43)

3.5 Sites et sols pollués ou potentiellement pollués

» SITE POLLUÉ

Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement.

Ces situations sont souvent dues à d'anciennes pratiques sommaires d'élimination des déchets, mais aussi à des fuites ou à des épandages de produits chimiques, accidentels ou pas. Il existe également autour de certains sites des contaminations dues à des retombées de rejets atmosphériques accumulés au cours des années voire des décennies.

*Source : **https://basol.developpement-durable.gouv.fr/accueil.php***

Les activités industrielles représentent une source potentielle de pollution des sols, du sous-sol et des eaux souterraines. Les recherches dans les bases de données BASOL et BASIAS du ministère de l'Environnement permettent d'identifier les principales sources de pollution potentielle (44) :

- BASOL répertorie les sites pollués appelant une action des pouvoirs publics ;
- BASIAS est l'inventaire historique des sites industriels et activités de service passés et actuels pouvant constituer une source de pollution.

Le recensement des sites et sols pollués a été complété notamment grâce aux données des Secteurs d'information sur les sols (SIS). Les sites et sols pollués ont été relevés au sein de l'aire d'étude rapprochée, au sein de laquelle ils sont susceptibles d'avoir une influence sur la qualité des sols et des eaux souterraines en interaction avec le projet global Cigéo.

3.5.1 Sites BASIAS

Le recensement des sites industriels et activités de service figurant dans la base de données BASIAS dans l'aire d'étude rapprochée est présenté sur la figure 3-16. 162 sites sont recensés dans l'aire d'étude rapprochée et 81 sur l'aire d'étude immédiate.

Plusieurs sites industriels et activités de service, susceptibles d'avoir eu une incidence sur la qualité des sols et des eaux souterraines, sont recensés à Gondrecourt-le-Château et le long de la ligne 027000. On notera que certains sites mentionnés dans la base de données BASIAS ne sont pas localisés. L'absence de localisation ne permet pas de les étudier.

Le tableau 3-5 présente :

- les sites BASIAS localisés dans la partie sud de l'aire d'étude immédiate du centre de stockage Cigéo (susceptibles d'avoir généré une pollution des sols et éventuellement des eaux) ;
- les sites BASIAS localisés en dehors de l'aire d'étude immédiate mais à l'amont hydraulique proche du centre de stockage (susceptibles d'avoir engendré une pollution des eaux souterraines qui peut migrer vers l'aire d'étude immédiate).

Les sites BASIAS localisés dans la partie nord de l'aire d'étude immédiate le long de la ligne ferroviaire 027000 sont nombreux. Une majorité de ces sites est localisée sur les communes de Ligny-en-Barrois (dép. 73), Velaines (dép. 22) et Tréveray (dép. 19). Ces sites ont pu avoir une incidence sur la qualité des sols et des eaux souterraines de l'aire d'étude immédiate. La présente étude d'impact s'attache ici à décrire plus particulièrement les enjeux des sites situés au droit des travaux les plus importants en termes de terrassements, à savoir ceux du centre de stockage Cigéo.

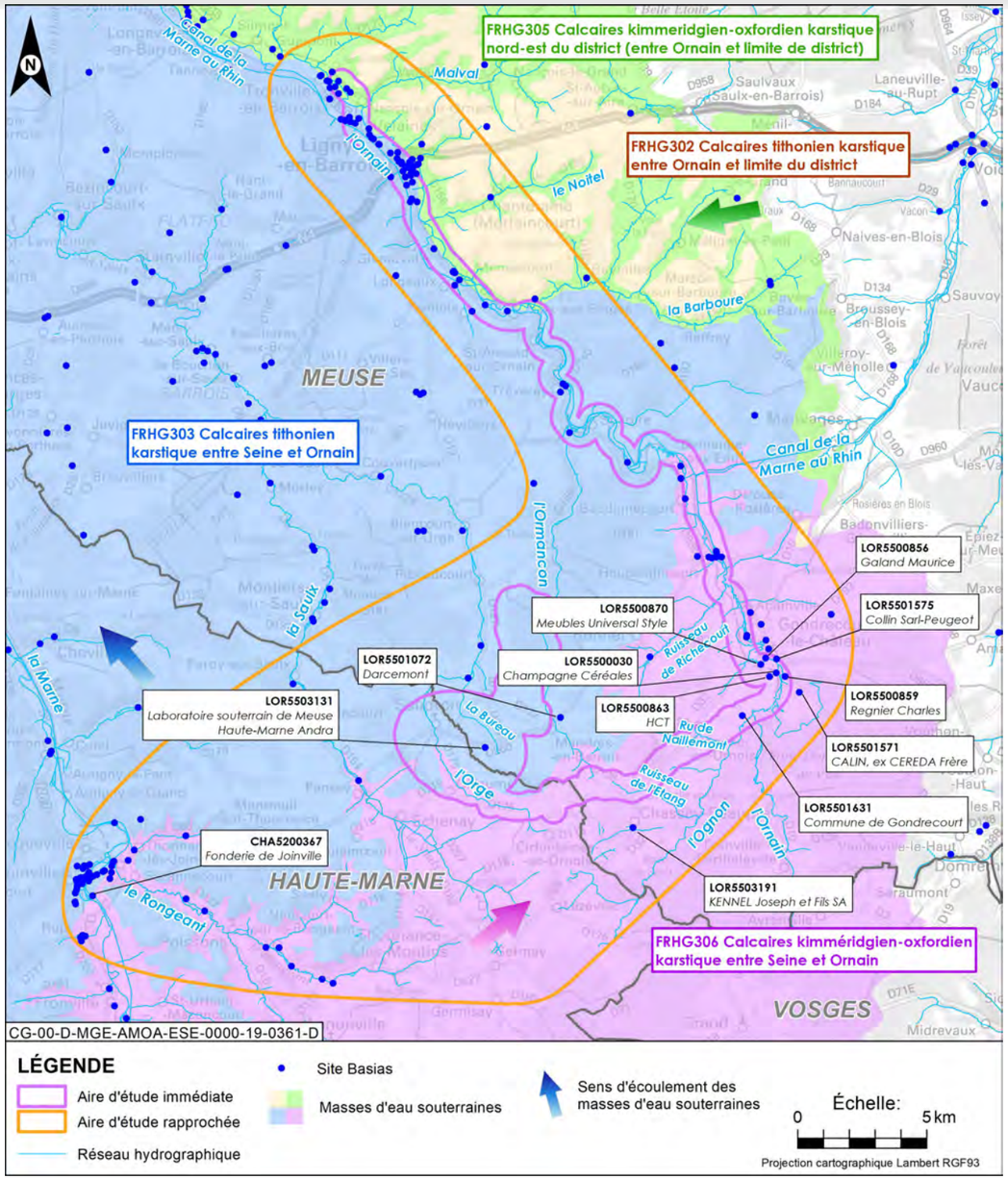


Figure 3-16 Sites industriels et activités de services recensés dans l'aire d'étude rapprochée (source : BASIAS)

Tableau 3-5 Sites industriels et activités de service de la base de données BASIAS localisés dans la partie sud de l'aire d'étude immédiate du centre de stockage Cigéo et à l'amont hydraulique proche du centre de stockage.

Nom de l'établissement	ID	Commune	Activités	État du site	Situation vis-à-vis de l'aire d'étude immédiate du centre de stockage	Situation hydraulique du site vis-à-vis de la masse d'eau souterraine	Situation hydraulique du site vis-à-vis de la masse d'eau superficielle	Distance approximative des installations de surface
KENNEL Joseph et Fils SA	LOR5503191	Chassey Beaupré	Scierie, garage, dépôt de liquide inflammable, ex. laiterie	Inconnu	Exclu	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	À environ 1 km au sud de l'aire d'étude immédiate de l'ITE
Darcemont	LOR5501072	Mandres-en-Barrois	Garage, ex-station-service - Garages, ateliers, mécanique et soudure (Depuis 1956)	En activité	Exclu	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate –sus jacent à la masse d'eau des calcaires Tithonien karstique entre Seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de la Saulx, de sa source au confluent de l'Ornain exclu.	2,2 km au sud de la zone puits
Laboratoire souterrain de Meuse Haute-Marne Andra*	LOR5503131	Bure	Laboratoire souterrain (Creusement et expérimentations scientifiques, depuis 2000)	En activité	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate –sus jacent à la masse d'eau des calcaires Tithonien karstique entre Seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de la Saulx, de sa source au confluent de l'Ornain exclu.	Adjacent à l'est de la zone descenderie
Décharge -Commune de Gondrecourt*	LOR5501631	Gondrecourt-le-Château	Décharge d'ordures ménagères (Depuis 1976)	Dépollué	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – sus jacent à la masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	En place et lieu de la future ITE
Regnier Charles	LOR5500859	Gondrecourt-le-Château	Fonderie de suif - Fabrication d'huiles et graisses végétales et animales (Depuis 1864)	Activité terminée	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	290 mètres à l'est de la voie ferrée et rive droite de l'Ornain
Collin Sarl-Peugeot	LOR5501575	Gondrecourt-le-Château	Garage, station-service	En activité	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	430 mètres au nord-est de la voie ferrée et en rive droite de l'Ornain
HCT	LOR5500863	Gondrecourt-le-Château	Stockage de déchets inertes - Dépôts de gravats (Depuis 2009)	En activité	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	180 mètres au sud-ouest de la voie ferrée/ITE
Meubles Universal Style*	LOR5500870	Gondrecourt-le-Château	Usine de fabrique de meubles et sièges	Activité terminée	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	En place et lieu de la future plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château
Galand Maurice	LOR5500856	Gondrecourt-le-Château	Atelier de moulurage et de sculptage des bois (depuis 1973)	Activité terminée	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	310 mètres au nord de la voie ferrée et en rive droite de l'Ornain
Champagne Céréales*	LOR5500030	Gondrecourt-le-Château	Silos, dépôt de liquides inflammables et autres produits dangereux (depuis 1989)	En activité	Inclus	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	Adjacent à la voie ferrée/ITE à l'est
CALIN, ex CEREDA Frères	LOR5501571	Gondrecourt-le-Château	Installation de concassage, criblages de pierres calcaires	En activité	Exclu	Amont hydraulique de l'aire d'étude immédiate – Masse d'eau souterraine des calcaires du Kimméridgien-oxfordien karstique entre seine et Ornain	Inclus dans le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx	Centaine de mètres de l'aire d'étude immédiate de l'ITE

Les établissements marqués d'une (*) font l'objet d'une description plus précise ci-dessous.

Sont décrits ci-après les quatre établissements dont la localisation est adjacente ou en lieu et place de certaines opérations du projet global Cigéo, en particulier du centre de stockage.

Meubles Universal Style - LOR5500870

La future plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château est implantée sur le site BASIAS LOR5500870 correspondant à l'ancien site de fabrication des meubles Universal Style à Gondrecourt-le-Château. Cet ancien site industriel de fabrication de meubles, qui était classé ICPE, a cessé ses activités depuis 2012. Le rapport de l'inspection des installations classées concernant la notification de cessation d'activité de cette ancienne société a été réalisé le 12 mars 2013 et transmis le 5 juillet 2013 à la Préfète de la Meuse.

Depuis, le site a été remis en état. L'ensemble des installations de l'établissement a été démantelé. Tous les produits dangereux et déchets présents sur le site au moment de sa cessation d'activité ont été évacués du site.

Les investigations de sols menées n'ont pas mis en évidence de pollution par des composés organiques, des métaux ou des hydrocarbures : « Les résultats des analyses des échantillons prélevés ne révèlent pas de pollution des sols au droit de ces différents points de sondage et les tests de lixiviation satisfont aux critères d'acceptation imposés pour les installations de stockage de déchets inertes », extrait du Rapport de l'Inspection des installations classées (DREAL, 4 juillet 2013) (45).



Figure 3-17 *Ancien site de l'usine de fabrication de meubles (Meuble Universal Style) et futur site d'implantation de la plateforme logistique*

Décharge de la commune de Gondrecourt - LOR5501631

L'ancienne décharge d'ordures ménagères de Gondrecourt-le-Château, Basias LOR5501631, localisée le long de l'ITE aujourd'hui désaffectée, aurait été créée au début des années 80 et exploitée jusqu'au milieu des années 90. Cette décharge n'a jamais été autorisée au titre de la réglementation sur les ICPE. Elle recevait divers déchets domestiques (appareils électroménagers, carcasses de voitures, etc.) et des déchets de démolition du BTP. Les déchets ont été recouverts de terre en 2009 par la commune mais des dépôts sauvages de déchets divers étaient régulièrement constatés. En 2019, les déchets ont été évacués par l'Andra vers des filières de traitement agréées et des mesures environnementales ont été réalisées pour déterminer la contamination résiduelle potentiellement causée par cette ancienne décharge. Ni les sols, ni les eaux, ni l'air n'ont montré de trace de contamination.



Figure 3-18 *Décharge de Gondrecourt-le-Château avant les travaux de dépollution menés par l'Andra en 2019*

Champagne Céréales - LOR5500030

Le site Champagne Céréales est recensé dans la base Basias. Ce site, classé ICPE, est toujours en activité sous le nom de Vivescia (cf. Chapitre 11.5 du présent volume). Le 12 juillet 1993 un accident a conduit au déversement de 400 m^3 d'engrais liquide azoté dans l'Ornain. Suite à l'accident, plusieurs ouvrages d'alimentation en eau potable (AEP) de la commune de Gondrecourt-le-Château (AEP dit de la Muleau et AEP dit de Dainville) ont montré de graves problèmes de pollution par des éléments azotés, rendant l'eau non potable sur une certaine période (du 19/07/93 au 26/09/93 pour AEP Muleau et du 16/08/93 au 01/11/94 pour AEP Dainville). Il a été demandé à la coopérative agricole Champagne céréales de mettre en œuvre une décontamination de la plateforme du complexe et la nappe sous-jacente. Le retour à la normale sur AEP Dainville n'a pu être réalisé qu'après la mise en place de moyens de dépollution : traitement biologique et piégeage hydraulique. Après plusieurs années de pompage la teneur en nitrates est revenue à un niveau identique à celui avant l'accident. Les puits de surveillance sont maintenus en état, mais la surveillance est arrêtée. Suite au rapport de février 2001 de l'hydrogéologue agréé, la procédure de dépollution peut être considérée comme achevée.

Laboratoire souterrain Meuse Haute-Marne, Andra – LOR5503131

Le Laboratoire a été classé dans la base de données Basias. Aucune pollution n'a eu lieu sur le site, que ce soit en phase travaux ou en phase de fonctionnement.

3.5.2 Sites BASOL

Un site BASOL est recensé à Joinville, au sein de l'aire d'étude rapprochée, il s'agit des fonderies de Joinville Crassier. Ce site fait partie d'une ancienne fonderie dont les activités sont arrêtées depuis 1997. La pollution des sols est due au dépôt des déchets générés par l'activité industrielle. Ce site, également identifié dans la base de données BASIAS, est localisé sur la figure 3-16.

La cessation d'activités du site a été actée par arrêté préfectoral le 30 juillet 1997, qui demandait également la réalisation d'une étude de sols. Cette étude a mis en évidence l'absence d'incidence du site sur les eaux souterraines. Le site a été réaménagé par son propriétaire (écrêtage des talus, bande de sécurité de 10 mètres, clôture du terrain)(46)

Cet ancien site BASOL ne présente aucun enjeu sur la qualité des sols et des eaux souterraines.

Aucune pollution avérée des sols n'est recensée au niveau de la partie nord de l'aire d'étude immédiate. Aucun site BASOL n'est mis en évidence sur l'aire d'étude immédiate.

3.5.3 Secteurs d'information sur les sols (SIS)

»SECTEURS D'INFORMATION SUR LES SOLS (SIS)

Les secteurs d'information sur les sols (SIS) sont les terrains où l'État a connaissance d'une pollution des sols justifiant, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution pour préserver la santé et l'environnement.

La démarche SIS poursuit deux objectifs : améliorer l'information du public et garantir l'absence de risque sanitaire et environnemental par l'encadrement des constructions.

Selon la base de données SIS, aucun site n'est identifié dans l'aire d'étude immédiate. Sur l'aire d'étude rapprochée, le site de l'ancienne fonderie de Joinville est identifié (cf. Chapitre 3.5.2 du présent volume).

3.5.4 Autres sources de pollutions potentielles au niveau des emprises du projet global Cigéo

Ce chapitre présente les autres sources de pollutions potentielles connues susceptibles d'être présentes au sein de l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo (fioul domestique, traitement du bois des ballasts des lignes ferroviaires, engrais et produits phytosanitaires, décharges sauvages, etc.).

Il n'est pas exclu que des cuves de fioul domestique soient présentes pour le chauffage des habitations dans l'aire d'étude rapprochée.

De la créosote a pu être utilisée historiquement pour le traitement du bois des ballasts de la ligne ferroviaire 027000 et de l'ITE.

L'exploitation agricole a pu être à l'origine de l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires.

Enfin, il n'est pas exclu que des décharges sauvages ou encore des places à feux soient présentes dans l'aire d'étude rapprochée.

3.6 Synthèse concernant les sols

- **Géomorphologie**

  Située dans la partie orientale du Bassin parisien, l'aire d'étude éloignée est constituée d'une succession de cuesta calcaire et de dépressions argileuses.

  La ligne électrique 400 kV traverse plusieurs unités morphologiques de façon rectiligne : la région du Saintois (vaste plaine argileuse vallonnée), l'extrémité sud du plateau de Haye, les côtes de Meuse, la vallée de la Meuse, le plateau calcaire du Barrois et le Pays du Der.

  Dans l'aire d'étude rapprochée, les altitudes varient entre 215 mètres et 428 mètres. Le projet de centre de stockage Cigéo est installé sur le front et le revers de la côte des Bars entre 300 m et 400 m d'altitude. L'ITE et la ligne ferroviaire 027000 cheminent entre 370 m et 215 m d'altitude en suivant les vallées de l'Ognon et de l'Ornain.

  Les sources d'eau potable sont localisées dans les vallées entre 200 m et 300 m d'altitude.

- **Occupation des sols**

  L'occupation des sols témoigne d'un caractère rural marqué avec les zones agricoles qui représentent 59 % de l'occupation des sols et les zones forestières 38,5 %. La part de sols artificialisés est de 2,5 % contre 9,3 % en France métropolitaine. Le secteur de Joinville et celui de Ligny-en-Barrois, respectivement situés au sud-ouest et au nord-est de l'aire d'étude éloignée, constituent les centres urbains les plus importants. Les autres secteurs urbanisés sont constitués de villages et de quelques zones industrielles ou carrières présentes ponctuellement dans ce territoire rural.

- **Pédologie**

  Les sols au niveau de l'aire d'étude éloignée sont majoritairement argileux à limoneux, généralement caillouteux et composés de carbonates de calcium et magnésium. Les épaisseurs de sol excèdent rarement 0,5 mètre. Elles peuvent atteindre 1 mètre sous les forêts et dans le fond de vallée le long de la ligne ferroviaire 027000.

  Les sols sont en général riches en activité microbiologique. Leur géochimie et leur concentration en polluants sont globalement comparables au niveau national. Cependant, des contaminations fréquentes mais faibles en hydrocarbures sont observées à proximité immédiate de l'ancienne plateforme ferroviaire. Au nord-ouest de l'aire d'étude éloignée, les analyses ont mis en évidence un léger enrichissement naturel en fer et autres éléments traces métalliques (Cobalt, Arsenic, Nickel…) liés à la nature de la roche mère (dépôts limono-argilo-sableux du Valanginien).

  La radioactivité mesurée dans les sols de l'aire d'étude éloignée provient principalement des formations géologiques accompagnées de faibles quantités liées aux retombées d'accidents ou d'essais nucléaires. Elle est du niveau attendu dans ces types de formations géologiques sédimentaires à l'écart des activités nucléaires actuelles.

- **Sites et sols pollués ou potentiellement pollués**

  Les bases de données BASOL (base de données, mise à disposition par le ministère chargé de l'environnement, sur les sites pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics) et les secteurs d'information sur les sols SIS (terrains où l'État a connaissance d'une pollution des sols justifiant la mise en place de mesures de gestion) recensent une ancienne fonderie pour ses sols pollués à Joinville, dans l'aire d'étude rapprochée. Cependant, une étude de sols a mis en évidence son absence d'incidence sur les sols et les eaux souterraines dans l'aire d'étude immédiate.

  Des sites industriels et activités de service de la base de données BASIAS (inventaire historique de sites industriels et activités de service), susceptibles d'avoir eu une incidence sur la qualité des sols et des eaux souterraines sont recensés dans l'aire d'étude rapprochée. Dans l'aire d'étude immédiate, ces sites sont essentiellement localisés le long de la ligne ferroviaire 027000. Plusieurs sites sont situés à Gondrecourt-le-Château (ancienne décharge le long de l'ITE dépolluée et réhabilitée par l'Andra en 2019, ancien site de fabrication de meubles au niveau de la plateforme logistique), néanmoins ils ne sont pas ou plus pollués. Le Laboratoire souterrain de l'Andra longe la zone descenderie, mais aucune pollution n'a eu lieu sur le site, que ce soit en phase travaux ou en phase de fonctionnement. D'autres sources potentielles de pollution sont susceptibles d'être présentes dans l'aire immédiate (cuves de fioul, produits phytosanitaires, créosotes, etc.).

Enjeux

L'aire d'étude éloignée présente un relief de cuesta typique de la bordure du Bassin parisien. Les sols sont occupés principalement par des cultures et des forêts. Les sols sont de qualité ordinaire.

Aucune pollution avérée des sols n'est recensée dans la partie nord de l'aire d'étude immédiate. Des sites industriels et activités de service susceptibles d'avoir eu une incidence sur la qualité des sols et des eaux souterraines sont recensés dans la partie sud de l'aire d'étude immédiate.

Enjeu modéré

4

Sous-Sol – État initial

4.1	Aires d'étude	78
4.2	Tectonique	79
4.3	Stratigraphie	84
4.4	Caractéristiques radiologiques du sous-sol	93
4.5	Caractéristiques radiologiques des eaux porales du Callovo-Oxfordien	94
4.6	Ressources naturelles potentielles du sous-sol	94
4.7	Risques naturels liés à la géologie	97
4.8	Synthèse concernant le sous-sol	102

4.1 Aires d'étude

Le facteur sous-sol est étudié grâce aux aires d'étude suivantes qui sont détaillées dans le volume VII de la présente étude d'impact :

- l'aire d'étude immédiate commune à tous les facteurs qui correspond à la zone susceptible d'être affectée par les effets d'emprise des ouvrages et installations du projet global Cigéo ainsi que par les perturbations majeures liées aux travaux et activités ; elle est utilisée pour la description des risques naturels liés au milieu physique ;
- l'aire d'étude rapprochée du milieu physique qui permet de décrire le contexte d'implantation des ouvrages souterrains ; elle permet ainsi de prendre en compte les communes concernées par la ZIOS (zone d'implantation des ouvrages souterrains) et la ZIRA (zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie) qui servent à la description de la tectonique et de la stratigraphie[7] ;
- l'aire d'étude éloignée qui permet de décrire la zone de transposition dans laquelle la géologie garantit la sûreté de l'installation de stockage souterrain ; elle permet aussi de replacer la tectonique et la stratigraphie dans un contexte plus général.

Une aire d'étude spécifique décrite dans le volume VII de la présente étude d'impact est utilisée pour décrire l'état initial le long de la portion de ligne 400 kV à sécuriser.

Pour étudier le stockage géologique profond et concevoir le centre de stockage Cigéo, l'Andra mène depuis environ 30 ans des recherches et expérimentations dans différentes disciplines scientifiques : géologie, géophysique, géochimie, hydrogéologie, géomécanique, sciences des matériaux... Qu'il s'agisse d'analyser l'environnement géologique du stockage ou les interactions entre les matériaux du stockage et la roche, de comprendre le comportement de la roche ou l'évolution dans le temps du site d'accueil du centre de stockage Cigéo, les géosciences constituent le fondement du projet de stockage géologique et se trouvent au cœur des activités de l'Andra.

Le présent chapitre s'attache à présenter les éléments clefs de connaissance de l'état initial du sous-sol nécessaires à l'analyse des incidences prévisibles sur l'environnement et la santé humaine. La description précise du sous-sol dans l'aire d'étude rapprochée susceptible d'être affectée par le projet s'appuie sur la connaissance du contexte géologique dans l'aire d'étude éloignée.

»DÉFINITION

La **géologie** est l'étude de la croûte terrestre, des roches qui la composent, et des processus par lesquels elle évolue. Les différentes spécialités incluses dans la géologie sont notamment la minéralogie, la géochimie, la paléontologie, la pétrologie. La géologie s'appuie également sur la géophysique qui est une discipline étudiant par les moyens de la physique (gravimétrie, sismologie...), la structure du sous-sol et du globe terrestre, ainsi que les mouvements qui l'affectent.

Les travaux scientifiques menés par l'Andra par étapes successives ont permis d'accroître les connaissances de l'environnement géologique et des propriétés de la roche argileuse, hôte du stockage. Ces études ont pour but de déterminer avec précision une couche géologique présentant toutes les caractéristiques indispensables au confinement des éléments radioactifs sur de grandes échelles de temps (cf. Chapitre 2.3 du volume II de la présente étude d'impact). L'acquisition des connaissances sur le milieu géologique dans lequel s'intègre le centre de stockage Cigéo s'est organisée autour de plusieurs démarches complémentaires qui sont détaillées chapitre 3.3 du volume VII de l'étude d'impact) :

- plus d'une quarantaine de forages profonds de plusieurs centaines de mètres accompagnés de carottages ont été réalisés depuis les années 90 et ont confirmé la géométrie, l'épaisseur et les propriétés des formations géologiques composant le sous-sol et plus particulièrement la couche du Callovo-Oxfordien ainsi que l'absence de faille ;
- différentes campagnes sismiques 2D (1994-1996) et 3D en 2000 (4 km^2 au niveau du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne) et 2008-2010 (environ 30 km^2 sur la zone d'intérêt pour la recherche approfondie (ZIRA)) ont permis de préciser l'organisation des couches géologiques et caractériser leur géométrie (épaisseur, profondeur, extension, pendage...) ;
- des études de terrains ont été menées pour observer les formations à l'affleurement, appréhender les grands traits de l'environnement géologique, prélever des échantillons et intégrer les données dans des modèles ;
- des nombreuses investigations et expérimentations scientifiques ont été réalisées au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne afin de quantifier en conditions in-situ les caractéristiques de la couche du Callovo-Oxfordien (conductivité hydraulique, conductivité thermique, caractéristiques géomécaniques, chimie des eaux interstitielles, transferts des éléments chimiques...), en particulier sa capacité de confinement des radionucléides et de constructibilité d'ouvrages souterrains.

Ces travaux visent à acquérir une compréhension fine de l'environnement et du milieu géologique du centre de stockage Cigéo, s'assurer que cet ensemble et plus particulièrement la couche du Callovo-Oxfordien, présente les propriétés attendues et évaluer son comportement à long terme.

[7] Étude de l'agencement dans l'espace et dans le temps des couches ou strates géologiques (cf. Chapitre 4.3 du présent volume).

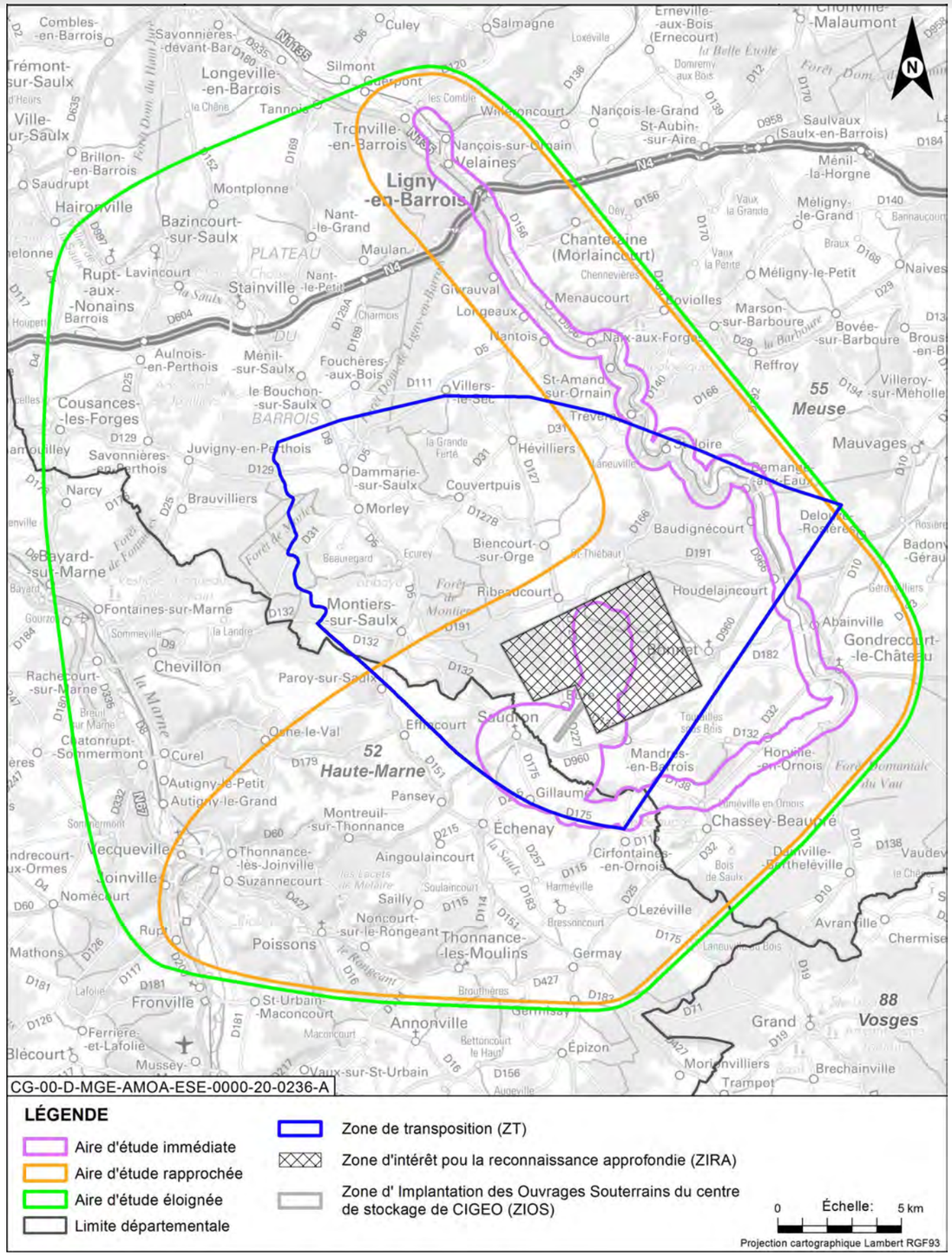


Figure 4-1 Les différentes aires d'étude du facteur sous-sol

4.2 Tectonique

»DÉFINITIONS

La **tectonique** est l'étude des structures géologiques d'échelle kilométrique et plus (chaînes de montagnes, bassins sédimentaires) et des mécanismes qui en sont responsables. Cette discipline est directement rattachée à la tectonique des plaques. D'abord appelée dérive des continents, la tectonique des plaques est liée à la dynamique mantellique (mouvements convectifs) et ses répercussions mécaniques et thermiques en surface (séismes, volcans, formation des océans et chaînes de montagnes…).

La **lithosphère**, couche externe de la Terre, comprenant la croûte et une partie du manteau supérieur, est découpée en plaques rigides et mobiles, les plaques tectoniques, qui « flottent » et se déplacent sur l'asthénosphère, partie supérieure du manteau terrestre plus ductile et visqueux (manteau supérieur moins la partie qui ressort à la lithosphère).

Les **plaques tectoniques**, encore appelées plaques lithosphériques épaisses d'une centaine de kilomètres, sont des fragments de la lithosphère qui résultent de son découpage lié aux mouvements dans le manteau et qui se traduit par un système de failles, de dorsales, de rifts et de zones de subduction. Les plaques lithosphériques, se déplacent de quelques centimètres par an dans des directions différentes, ce qui entraîne la formation de zones de divergence, de subduction, de collision et de coulissage. C'est dans les zones étroites qui les limitent que se concentrent les déformations (ouvertures océaniques là où elles s'écartent, création des chaînes de montagnes là où elles se rapprochent) et que se produit la plupart des séismes.

La figure 4-2 présente la constitution de la terre de son centre vers l'extérieur connue grâce à la **sismologie** qui permet d'analyser la propagation des ondes lors des séismes. Elle a abouti à un modèle sismologique du globe caractérisé par l'existence d'enveloppes concentriques de densité croissante vers le centre de la terre et séparées les unes des autres par des discontinuités (Geowiki, 2010 (47)).

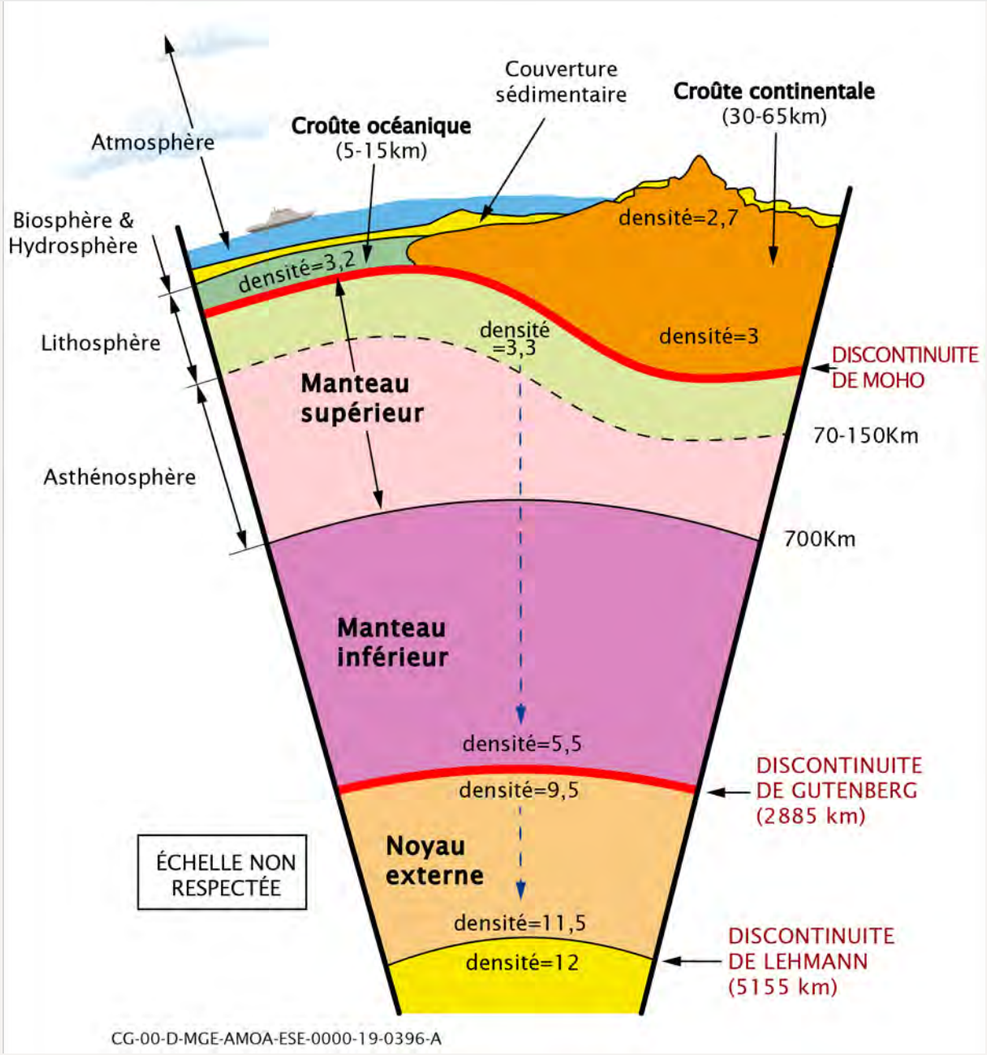


Figure 4-2 Constitution du globe terrestre

Le présent chapitre présente le contexte tectonique à l'échelle nationale et à l'échelle du projet global Cigéo. Le risque sismique à l'échelle du projet global Cigéo est détaillé au chapitre 4.7.2 du présent volume.

4.2.1 Rappel sur le contexte tectonique de la France

La France appartient à l'extrémité ouest de la plaque Eurasie, bordée au sud par la plaque africaine qui est affectée d'un lent mouvement vers le nord. Au niveau de la France, la vitesse de la convergence entre l'Afrique et l'Eurasie constante depuis 17 millions d'année est de l'ordre de 4 à 5 mm/an. Ce rapprochement est essentiellement absorbé (à 95 %) par les déformations qui se produisent dans les chaînes montagneuses qui entourent la Méditerranée. La très faible quantité de mouvements restants (0,3 mm/an) est absorbée dans les zones dites « actives » que sont l'Arc Alpin, le graben du Rhin supérieur et son épaulement vosgien et les Pyrénées ainsi que de façon mineure dans les Ardennes et le massif armoricain.

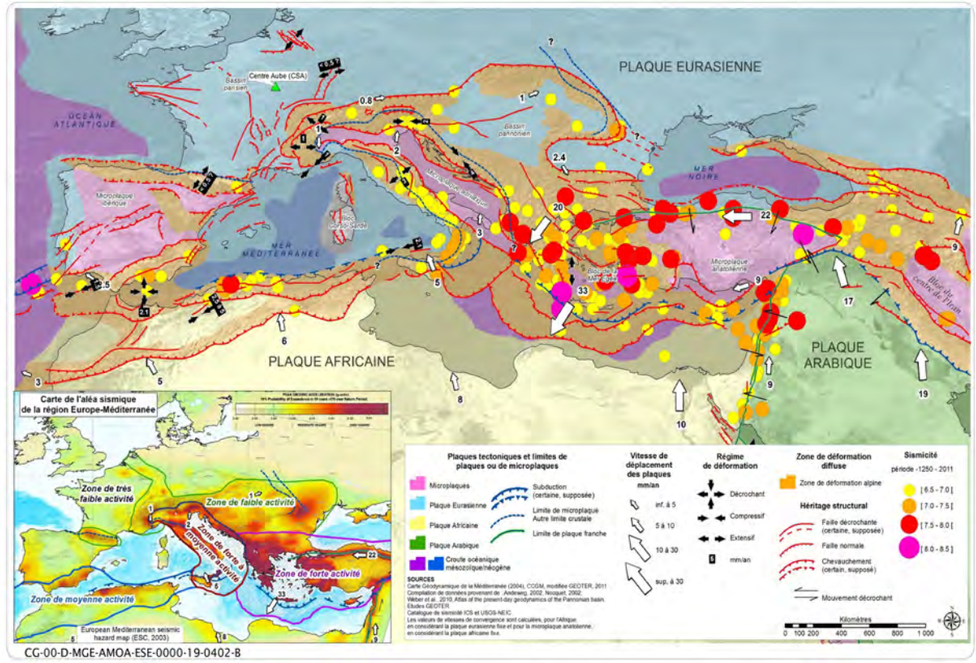


Figure 4-3 Contexte géodynamique de la plateforme ouest-européenne (et de la France) au droit de la collision Europe/Afrique

4.2.2 Contexte tectonique de l'aire d'étude éloignée

La zone devant accueillir le projet global Cigéo se situe en partie orientale du Bassin parisien. Ce dernier repose sur le craton (vaste zone continentale)[8] ouest européen qui est par définition l'une des zones géologiques les plus stables de la plateforme ouest-européenne se comportant comme un bloc rigide et stable. Le Bassin parisien oriental est à l'écart de toutes influences majeures de la compression alpine : il se caractérise par un taux de déformation nul à extrêmement faible et par l'absence de toute activité sismique historique (ressentie par l'homme et décrit dans les textes historiques) et instrumentale (enregistrée par des instruments géophysiques, notamment le réseau d'acquisition de mesures mis en place depuis 30 ans autour du site (réseau Andra-RES) et depuis 60 ans avec le réseau national (réseau RSN)), ce qui confère à la région un caractère asismique.

De nombreuses structures, qu'elles soient de socle (initiées à partir des formations du socle Paléozoïque) ou de couverture (initiées à partir des formations constituant la couverture sédimentaire du Mésozoïque reposant sur le socle), ont été identifiées à partir de l'analyse de données de la littérature, de travaux de terrain et de

[8] Un craton est une vaste zone continentale, de terrains, très plissés, en général métamorphisés et souvent largement granitiques, qui a été pénéplané et sur lequel reposent des terrains sédimentaires ou volcaniques formant la couverture.

l'interprétation d'un ensemble de profils pétroliers de sismique réflexion 2D *ante* 1994, retraités et réinterprétés en 2008 et en 2018 avec de nouvelles techniques. Ainsi, plusieurs failles sont recensées dans l'aire d'étude éloignée :

- les failles de socle de la Marne de direction nord-nord-ouest/sud-sud-est et les failles de couverture du fossé de Joinville de direction nord-est/sud-ouest ;
- le faisceau « en queue de cheval » de failles de moyenne dimension de direction nord-ouest/sud-est formant la prolongation vers le sud du réseau de failles de la Marne et formant la zone dite de « fracturation diffuse » en bordure occidentale de la zone de transposition (ZT) ;
- les failles de couverture du fossé de Gondrecourt-le-Château de direction nord-est/sud-ouest (cf. Figure 4-5).

Ce réseau de failles délimite une région très stable au sein de laquelle aucune structure majeure ni secondaire n'a été identifiée, et ce jusqu'à des profondeurs de 5-6 km. L'absence de toute structure tectonique identifiée a été l'un des critères permettant de délimiter la zone de transposition (ZT), d'environ 250 km² qui a été définie en 2005 comme la zone de faisabilité de principe du stockage géologique. Il s'agit d'une zone, exempte de faille majeure et secondaire présentant ainsi toutes les caractéristiques indispensables au confinement des radionucléides sur de grandes échelles de temps. Cette ZT a été délimitée à distance des failles et familles de failles avoisinantes citées plus haut. Ainsi, plus précisément :

- la limite sud-ouest de la ZT est à environ 8 km des failles de socle de la Marne et à 5 km des failles de couverture du fossé de Joinville ;
- la limite sud de la ZT se trouve entre 3 km et 5 km du faisceau « en queue de cheval » des failles de socle et de couverture de la zone dite de « fracturation diffuse » de moyenne dimension formant la prolongation méridionale des failles de la Marne ;
- la limite sud-est de la ZT à 1 km des failles de couverture du fossé de Gondrecourt-le-Château ;
- la limite nord de la ZT se situe à une quinzaine de kilomètre de la faille de Chonville.

Ainsi, aucune faille affectant la couche du Callovo-Oxfordien et plus largement la couverture sédimentaire n'a été mise en évidence sur la zone de transposition. Les failles de plus grandes tailles les plus proches sont situées hors de la zone de transposition.

D'autre part, aucun indice de déformation néotectonique (évènement tectonique survenu durant le Quaternaire) n'a été reconnu sur ces failles ni dans leur voisinage, ces dernières étant inactives depuis *a minima* deux millions d'années, c'est-à-dire depuis le Quaternaire. Il est probable au vu de leur signature sismique qu'il n'y ait eu aucune déformation sur ces failles depuis la dernière grande phase tectonique distensive Oligocène, soit depuis les derniers 18-25 millions d'années.

RÉSEAU DE FAILLES LE PLUS PROCHE DU CENTRE DE STOCKAGE CIGÉO : LE FOSSE DE GONDRECOURT

Le fossé de Gondrecourt fait partie d'un ensemble de structures similaires contemporaines (fossés de Joinville, de Colombey-les-Belles, de Rémoville) affectant, sans les déformer, les terrains sédimentaires de la Lorraine centrale situés à l'intérieur d'une zone délimitée, au sud, par la faille de Vittel et, au nord, par l'axe du synclinal de Savonnières-en-Perthois. Leur formation est attribuée à la phase d'extension oligocène[9] synchrone de celle de la formation du fossé rhénan, soit entre 25 et 34 millions d'années (Bergerat *et al.,* 2007 (48), Pagel *et al.,* 2018 (49)).

Plus spécifiquement, le fossé de Gondrecourt, d'orientation nord-est/sud-ouest (N30°E) et d'une longueur totale d'environ 30 km entre Vacon (au nord-est) et Pautaines-Augéville en Haute-Marne (au sud-ouest) a fait l'objet d'une caractérisation statique et dynamique fine grâce à l'ensemble des campagnes de reconnaissance géologique (reconnaissance de terrain, forages Andra, Andra 2005) et géophysique (retraitement de profils pétroliers et acquisition de sismique réflexion 2D et 3D), qui ont été menées sur le secteur par l'Andra.

Il s'agit d'un fossé de couverture, c'est à dire qu'il ne s'enracine pas en profondeur dans le socle mais il s'amortit dans les formations du Trias et du Permien sous-jacentes (cf. Figure 4-4). Situé en bordure orientale de la zone de transposition (ZT), sa largeur est d'au maximum de 2 km et sa distance à la zone de transposition est de l'ordre de 1 km pour la faille bordière secondaire la plus à l'ouest et de l'ordre de 3 km pour la faille principale qui borde le fossé à l'est (cf. Figure 4-5). Les rejets (valeur du déplacement entre les deux compartiments d'une faille) le long de ce fossé ont pu être estimés grâce au retraitement et à l'interprétation des profils sismiques 2D qui les recoupent. La faille principale qui borde le fossé à l'est montre les rejets les plus importants. Ils diffèrent cependant du nord-est au sud-ouest. En partie nord-est, ils sont de l'ordre de 40 m à 50 m au niveau des encaissants (calcaires du Dogger et de l'Oxfordien) de la couche argileuse du Callovo-Oxfordien, et sont de l'ordre de 70 m à 80 m en partie sud-ouest au niveau de ces mêmes encaissants.

Aucun indice de déformation récente n'a été reconnu sur le fossé de Gondrecourt, ni dans son voisinage, ce dernier étant inactif depuis à minima deux millions d'années, c'est-à-dire depuis le quaternaire (base de données NEOPAL-http://www.neopal.net/). En regard de la signature sismique, aucune déformation n'aurait affecté ce dernier depuis la dernière grande phase tectonique distensive Oligocène, soit depuis les derniers 25 millions d'années (Pisapia *et al.*, 2017 (50)), ou du moins depuis les prémices de la phase alpine miocène il y a 18-20 millions d'années.

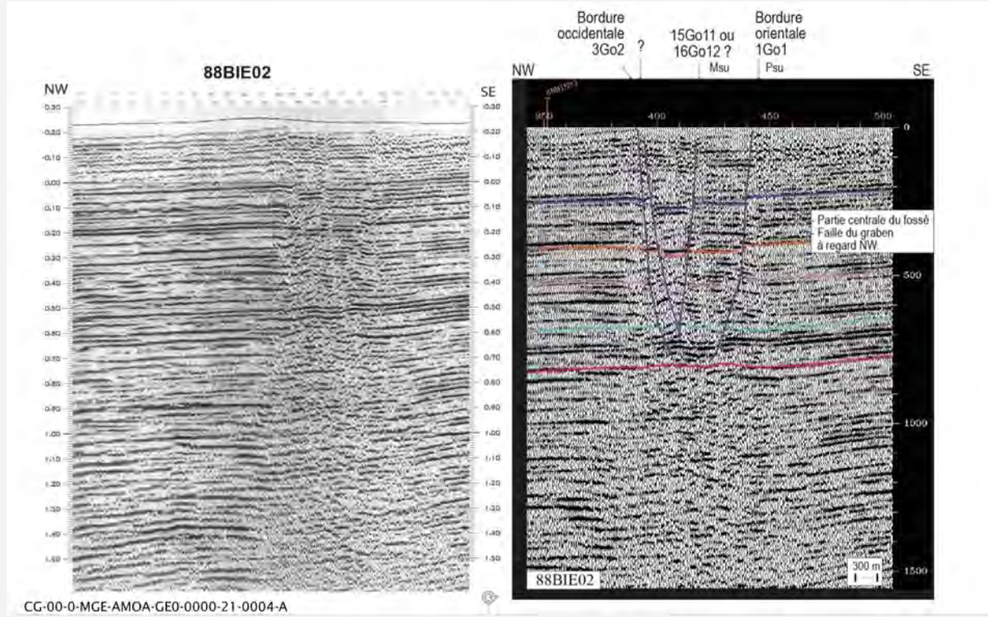


Figure 4-4 *Interprétation du profil pétrolier 88BIE02 montrant l'amortissement du fossé de Gondrecourt en profondeur au toit du Permien (cf. Figure 4-5 pour la localisation)*

[9] La phase de distension Oligocène est la phase distensive Oligocène qui s'étend durant le Tertiaire de -33 Ma à -23 Ma d'années environ et qui correspond à la tectonique en extension qui affecte la partie occidentale de la plate-forme européenne. Cette phase extensive de direction globalement est-ouest, engendrée par un ralentissement de l'expansion océanique en Atlantique nord-est à l'origine de la création et l'ouverture du rift ouest-européen. C'est un système de grabens intracontinentaux qui traverse de façon subméridienne l'Europe occidentale sur plus de 1 000 km.

4.2.3 Contexte tectonique de la zone d'Intérêt pour la recherche approfondie et de la zone d'Implantation des ouvrages souterrains

C'est au cœur de la zone de transposition, homogène et exempte de failles majeure et secondaire, qu'a été délimitée en 2009 la ZIRA, zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie. La ZIRA qui s'étend sur environ 30 km² a fait l'objet d'une campagne sismique 3D haute résolution en 2009-2010. La ZIOS, zone d'implantation des ouvrages souterrains, correspond à la portion de la couche géologique sous la ZIRA dans laquelle sont implantés les ouvrages souterrains du projet global Cigéo.

En regard des incertitudes sur les méthodes d'investigations géophysiques mises en œuvre, un seuil de détection verticale de 2 m à 4 m dans les formations sédimentaires Mésosoïque a été déduit de la campagne sismiques 3D. De fait, la présence de failles d'un rejet inférieur à quatre mètres (deux mètres dans la couche du Callovo-Oxfordien) est jugée peu probable sur la ZIRA, aussi bien dans le Callovo-Oxfordien et ses encaissants que sur l'ensemble des formations sédimentaires présentes à l'aplomb de la ZIRA.

Par ailleurs, aucun des forages profonds de reconnaissance du Callovo-Oxfordien autour du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne (forages réalisés depuis la surface soit verticalement ou de manière oblique) n'a recoupé de structure tectonique. De même, à ce jour, la reconnaissance géologique réalisée systématiquement sur les quelques 2 km de galeries du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, soit une surface d'environ 10 hectares, n'a pas identifié de structure tectonique dans la couche du Callovo-Oxfordien et les formations sédimentaires l'encadrant.

4.2.4 Contexte tectonique de l'aire d'étude rapprochée

L'aire d'étude rapprochée intercepte dans sa partie sud-ouest quelques failles de la zone dite « de fracturation diffuse » et dans sa partie sud, le fossé de Gondrecourt. Ces failles sont à proximité ou peuvent concerner certaines portions des opérations d'alimentation électrique, d'adduction d'eau et de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000.

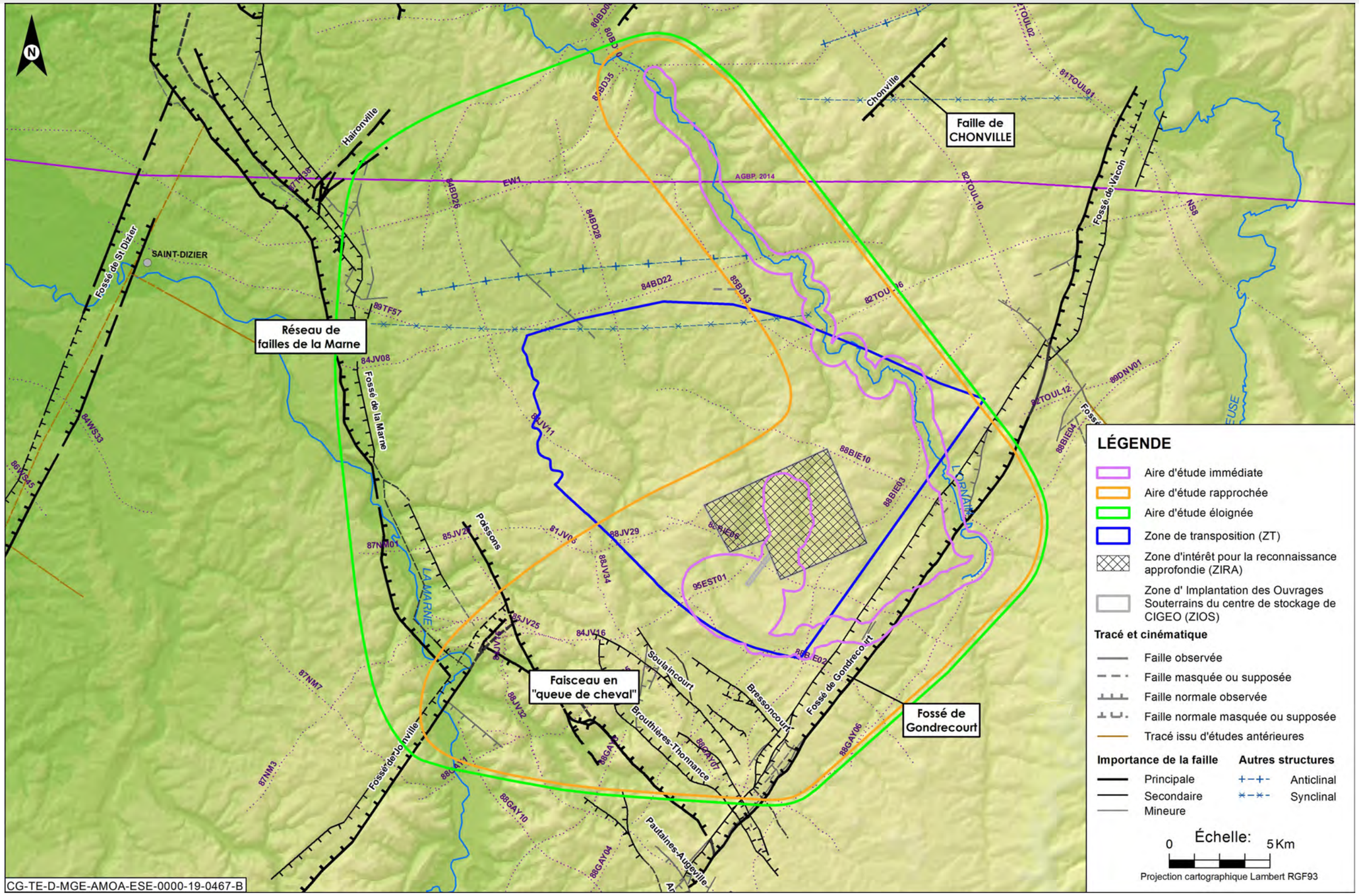


Figure 4-5 Contexte tectonique local

4.3 Stratigraphie

DÉFINITIONS

Les **sédiments** sont des particules de matières (fragments de roches, minéraux, matières organiques…) de tailles variables qui se déposent et s'accumulent après avoir été transportées généralement par le vent ou l'eau. Leurs origines peuvent provenir de l'érosion de roches plus anciennes, de transports de divers matériaux meubles ou fluides, ou être les résultats d'activités organiques diverses. Le sédiment peut être marin, fluviatile, lacustre, éolien ou glaciaire. Durant et après son dépôt, le sédiment peut être affecté par le phénomène de la **diagenèse**. La diagénèse est l'ensemble des processus physico-chimiques et biochimiques qui interviennent dans la transformation progressive d'un dépôt meuble de sédiments en **roches sédimentaires**, par compaction, déshydratation, augmentation de la pression, dissolution et recristallisation.

L'étude de l'agencement dans l'espace et dans le temps des couches ou strates géologiques est appelée la **stratigraphie**.

Pour dater les évènements intervenus durant la longue histoire de la Terre, de sa création à l'actuelle, on utilise une **échelle des temps géologiques**, aussi appelée « charte stratigraphique » standardisée à l'échelle internationale. Cette échelle fait correspondre des couches ou des ensembles de couches géologiques, à des intervalles de temps, dont les âges sont obtenus par les méthodes de datation absolue :

- la division de base est l'étage défini par rapport à un affleurement type, qui sert en quelque sorte d'étalon ;
- plusieurs étages forment une série ou une époque (par exemple, le Crétacé supérieur) ;
- plusieurs séries ou époques forment un système ou période (par exemple, le Crétacé) ;
- plusieurs systèmes ou périodes forment une ère (par exemple, le Mésozoïque).

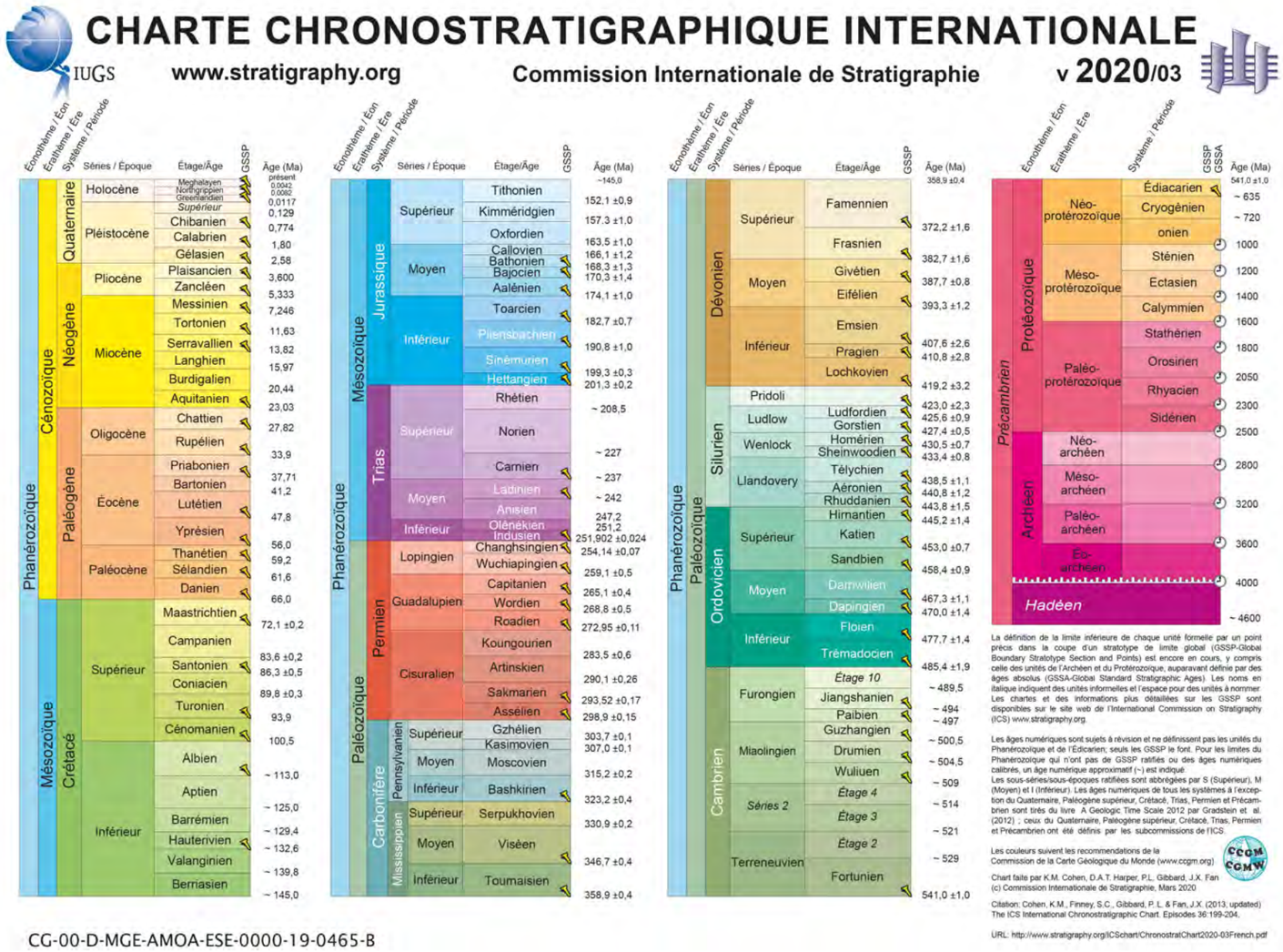


Figure 4-6 Échelle des temps géologiques

Le Bassin parisien est un bassin intracontinental Méso-cénozoïque d'environ 140 000 km², dont l'histoire sédimentaire débute à la fin du Paléozoïque (ère primaire). Situé sur la plaque ouest-européenne, le Bassin parisien se présente comme une vaste cuvette sub-arrondie, composée d'un empilement de couches sédimentaires dessinant en surface une succession d'auréoles concentriques, des plus vieilles en périphérie (Trias) aux plus récentes au centre du bassin (Tertiaire), où la série sédimentaire atteint une épaisseur de 3 200 mètres. La genèse et l'évolution du Bassin parisien ont été fortement influencées et contrôlées par les grands mouvements induits par la tectonique des plaques que sont successivement l'ouverture de la Téthys au Jurassique, celle de l'Atlantique au Jurassique et au Crétacé puis la collision pyrénéo-alpine qui s'initie dès le Crétacé supérieur et se poursuit pendant tout le Tertiaire, entre-coupé par la phase distensive oligocène. Chacun de ces évènements majeurs s'est traduit dans le Bassin parisien par des variations de la subsidence (enfoncement progressif, régulier ou saccadé du fond d'un bassin sédimentaire durant une assez longue période) dont le témoignage dans la série sédimentaire s'exprime par autant de cycles de variation du niveau des mers (transgression-régression).

L'ensemble des formations sédimentaires repose toutes sur le socle hercynien qui affleure largement au pourtour du bassin dans le massif des Ardennes au nord-est, le massif des Vosges à l'est, le Morvan et le massif du Massif central au sud et le Massif armoricain à l'ouest.

Le projet global Cigéo est localisé sur la bordure sud-est de ce Bassin parisien (cf. Figure 4-7). La structure générale de cette zone se présente comme une succession de couches sédimentaires à dominante argileuse et calcaire. Ces formations, portées aujourd'hui à l'affleurement par le décapage par érosion des couches sus-jacentes, se sont déposées entre 250 millions et 135 millions d'années avant l'ère actuelle et sont caractérisées par un paysage de cuestas où les contrastes lithologiques entre les formations argileuses et calcaires affleurant avec un faible pendage créent un relief typique de côtes.

Les couches géologiques qui affleurent à la surface de l'aire d'étude éloignée sont généralement à dominante argileuse et calcaire d'âge Jurassique, avec la présence très ponctuelle et locale de quelques niveaux sableux d'âge crétacé inférieur comme en forêt de Montier par exemple. Elles sont épaisses d'environ 1 800 mètres et présentent une pente monoclinale régulière de 1 à 1,5 degrés vers le nord-ouest (appelée pendage), en direction du centre du Bassin parisien.

Les formations géologiques présentes dans l'aire d'étude éloignée sont décrites ci-après au chapitre 4.3.2 du présent volume, de la surface vers la profondeur (cf. Figure 4-9).

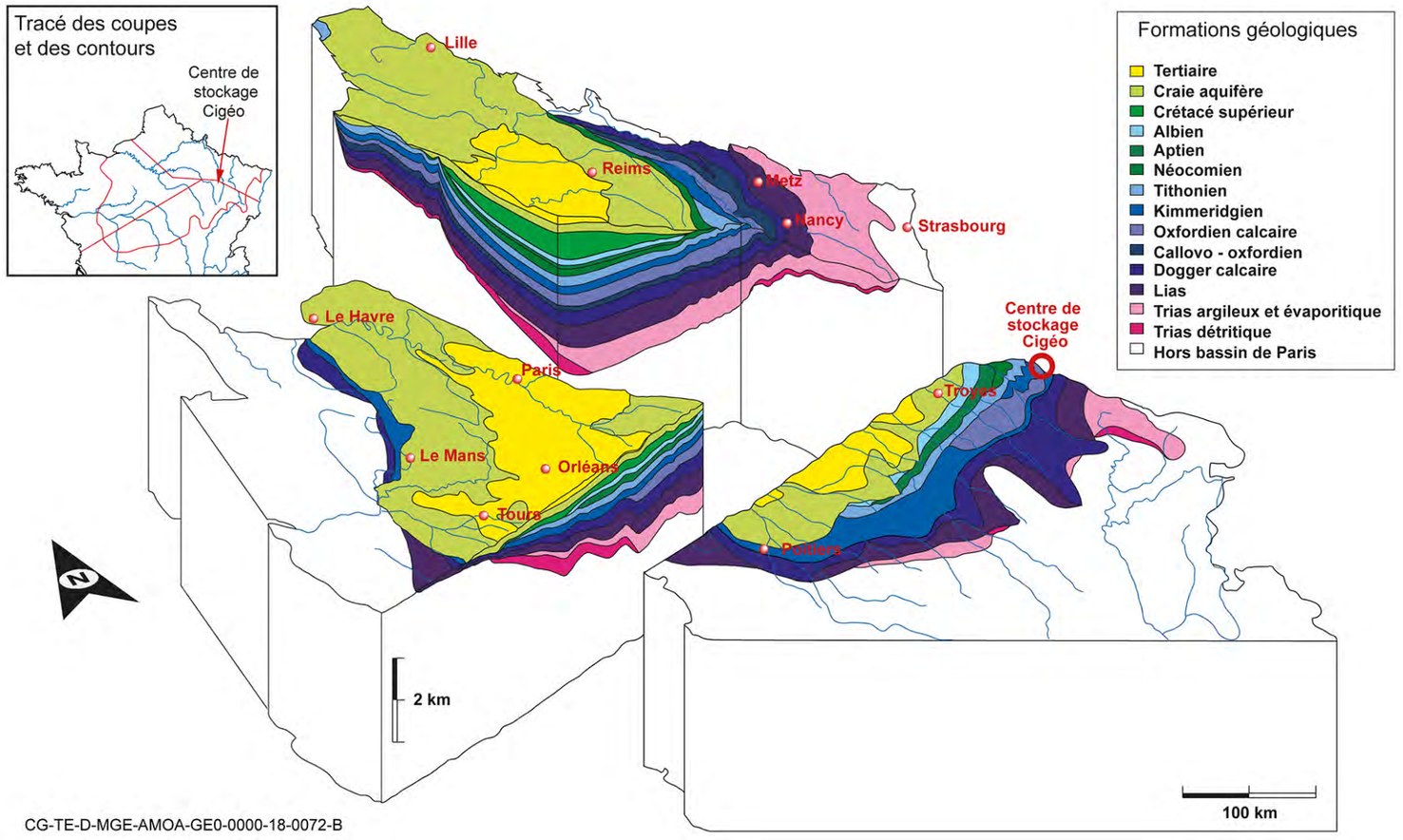


Figure 4-7 Bloc diagramme géologique du Bassin parisien

4.3.1 Formations affleurantes le long de la ligne électrique 400 kV

Du fait de sa longueur de l'ordre de 124 kilomètres, le linéaire de la ligne à 400 kV Houdreville – Méry, traverse des environnements et formations géologiques à l'affleurement de natures variées, recouvrant principalement les formations du Crétacé et du Jurassique qui constituent les bordures extérieures et périphériques du Bassin parisien (organisation en auréoles concentriques liée aux contrastes lithologiques des roches du Bassin parisien).

Ces formations correspondent d'est (Meuse) en ouest (Marne) à celles du Lias (Jurassique inférieur) à connotation marneuse auxquelles succèdent celles plus calcaires du Dogger (Bajocien, Bathonien...) qui constituent les reliefs de côtes et les plateaux de revers.

Plus à l'ouest apparaissent les formations marneuses et marno-calcaire du Jurassique supérieur (Kimméridgien, Oxfordien) à l'origine ensuite des côtes (côtes des bars dans les calcaires du barrois) et revers de plateau.

Enfin, sur une large portion occidentale du tronçon, l'ouvrage s'inscrit largement au sein des formations du Crétacé pour traverser d'est en ouest tout d'abord les formations tendres, marneuses, sableuses et argileuses du Crétacé inférieur (Champagne humide), relayées plus à l'ouest par les formations crayeuses du Crétacé supérieur de la Champagne sèche ou dite pouilleuse.

La figure 4-8 permet d'appréhender l'ensemble des formations présentent le long de la ligne électrique 400 kV.

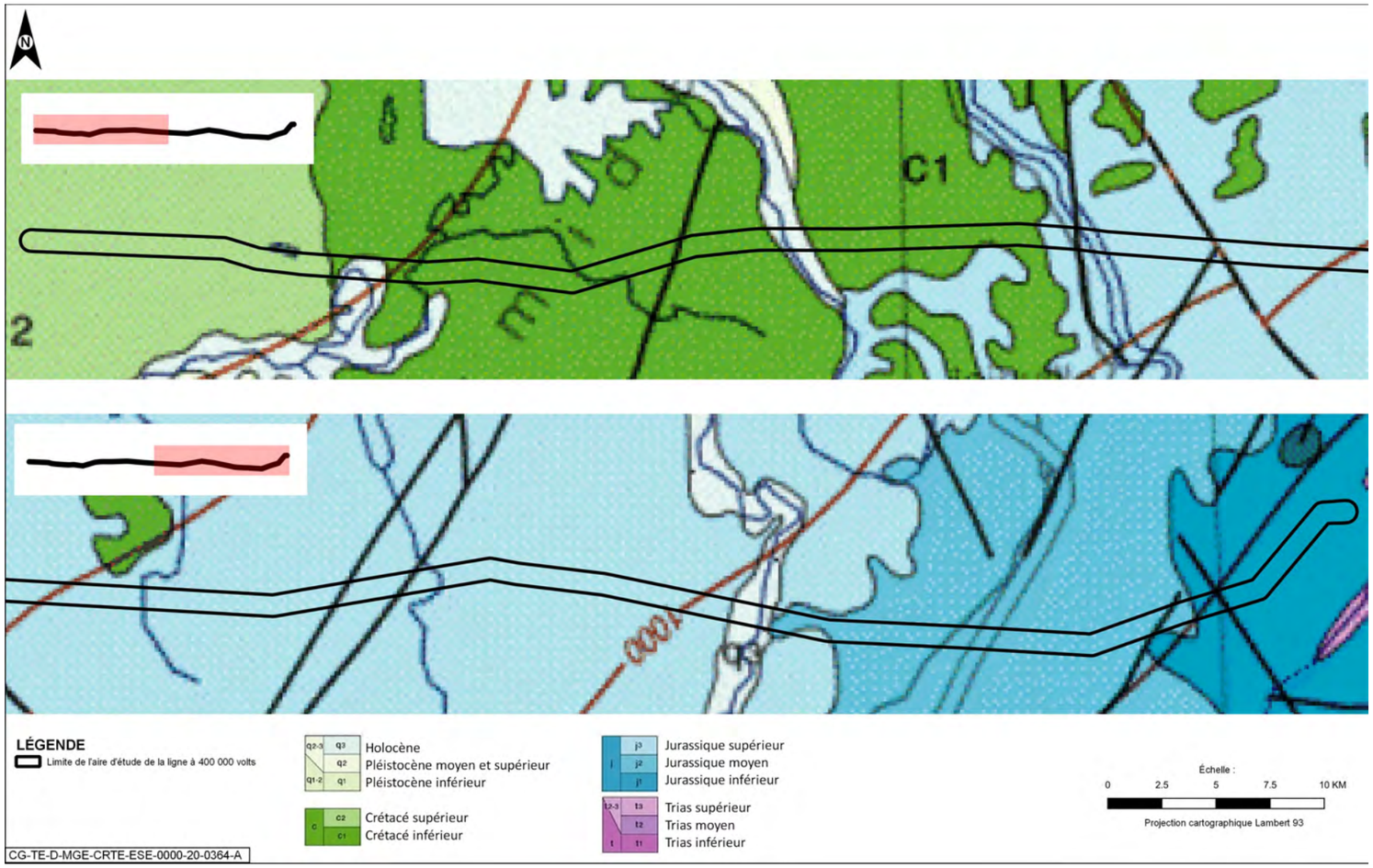


Figure 4-8 Carte géologique simplifiée le long de la ligne électrique 400 kV

4.3.2 Stratigraphie dans l'aire d'étude éloignée

La succession des formations géologiques présentes dans l'aire d'étude éloignée sont décrites sur la figure 4-9. Leur présence à l'affleurement sont présentées sur la figure 4-10.

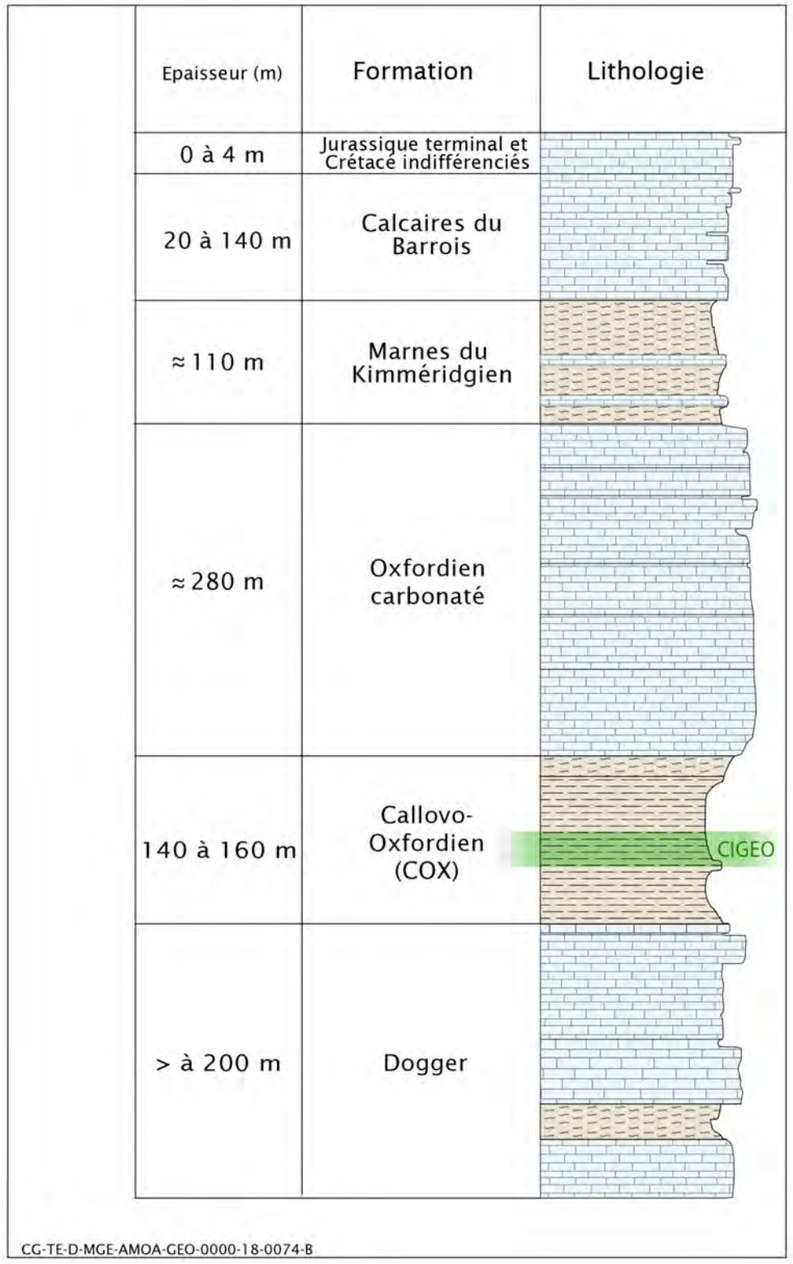


Figure 4-9 Succession schématique des formations géologiques de l'aire d'étude éloignée

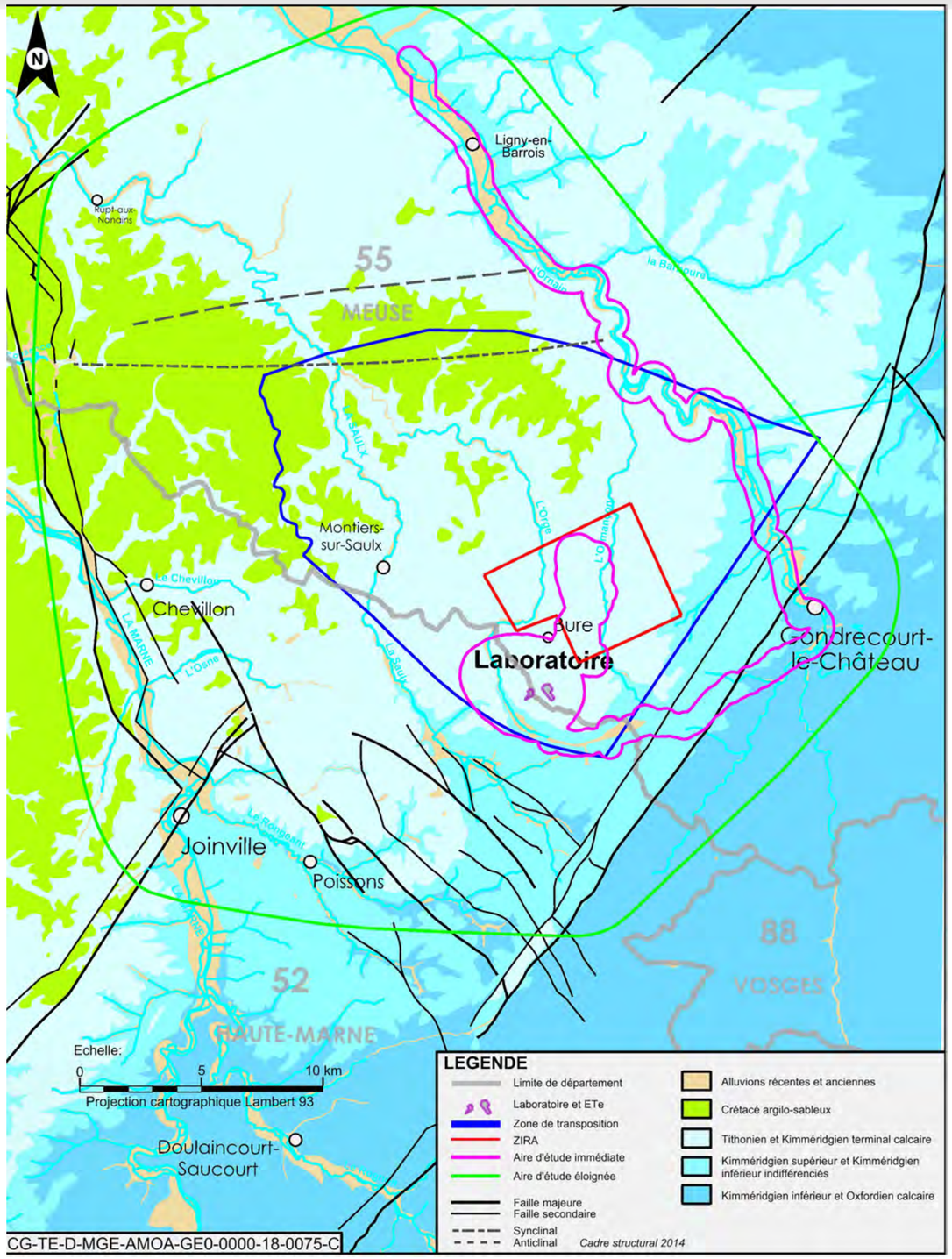


Figure 4-10 Carte géologique simplifiée de l'aire d'étude éloignée

Le log stratigraphique décrivant la succession des formations géologiques présentes sur l'aire d'étude éloignée (cf. Figure 4-9) présente les dénominations locales de ces formations géologiques, utilisées également dans la description du projet global Cigéo. Ces dernières ne sont pas reprises dans la carte géologique décrivant les formations géologiques à une échelle plus régionale (cf. Figure 4-10) et calée sur la charte stratigraphique globale (cf. Figure 4-6). La correspondance des formations géologiques pour ces deux figures est présentée dans le tableau 4-1.

Tableau 4-1 *Correspondance des formations géologiques aux dénominations locales présentes dans la représentation schématique des formations géologiques et les formations géologiques à l'affleurement présentées sur la carte géologique.*

Carte	Log
Alluvions récentes et anciennes	Pas indiquées sur le log
Crétacé argilo-sableux	Jurassique terminal et Crétacé indifférenciés pour partie
Tithonien et Kimméridgien terminal calcaire	Calcaires du Barrois
Kimméridgien sup. et inf. indifférenciés	Marnes du Kimméridgien
Kimméridgien inférieur et Oxfordien calcaire	Partie supérieure de l'Oxfordien calcaire

4.3.2.1 Formations quaternaires

» DÉFINITION

Les **formations quaternaires** sont les dépôts sédimentaires de l'aire quaternaire. Datés de moins de 2 millions d'années, ce sont des sédiments meubles qui n'ont pas subi de diagénèse. Ceux déplacés par les rivières sont appelés **alluvions**. Ceux déplacés par le vent sont appelés **lœss**. Ceux déplacés par les forces de gravité suite à la fragilisation de la roche du fait notamment des conditions météorologiques sont appelés **colluvions**.

Les origines très variables des formations quaternaires entraînent une forte variabilité de leur constitution, de leur épaisseur et de leur localisation.

Dans l'aire d'étude rapprochée, des alluvions sont présentes dans la vallée de l'Ornain le long de la ligne ferroviaire 027000. Elles reposent sur les formations du Kimmeridgien. Les alluvions récentes sont argilo-sableuses et peu épaisses. Les alluvions anciennes sont constituées de graviers calcaires et ne dépassent pas quatre mètres.

4.3.2.2 Jurassique terminal et Crétacé indifférencié

Cette formation de faible épaisseur (15 mètres à 20 mètres au maximum) constitue la base du Valanginien (Crétacé inférieur). Elle présente un faciès sablo-gréseux et ferrugineux.

Elle est plus représentée en direction de l'ouest, vers le centre du Bassin parisien. Dans l'aire d'étude rapprochée, elle n'est présente que ponctuellement sur les points les plus élevés de la topographie et a été érodée partout ailleurs. Elle est présente ponctuellement au niveau de la butte du Chaufour, du bois Lejuc et de la forêt de Montiers.

4.3.2.3 Calcaires du Barrois

Les Calcaires du Barrois sont une formation du Jurassique supérieur (Tithonien-Kimméridgien supérieur). La formation plonge vers le nord-nord-ouest avec un pendage moyen de l'ordre du degré localement perturbé par des ondulations (synclinal de Savonnières par exemple). Du fait que cette formation soit affleurante, son épaisseur est variable en fonction de sa localisation et de la topographie. Ainsi, la profondeur moyenne du mur des calcaires du Barrois (la base) au niveau du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne qui est de l'ordre de la vingtaine de mètres s'approfondit vers le nord-nord-ouest pour atteindre 130 m-140 m au nord-ouest de la ZIRA, et 160 m-170 m au nord-ouest de la ZT.

La formation, constituée de cinq niveaux lithologiques carbonatés distincts, lorsqu'elle est complète, peut avoir une épaisseur totale maximale de l'ordre de 140 mètres constitués de haut en bas par :

- les calcaires cariés, tachetés et tubuleux d'épaisseur moyenne de 35 mètres présentent une très faible variabilité spatiale de composition et d'épaisseur ;
- l'Oolithe de Bure épaisse d'environ deux mètres est constituée d'un calcaire oolithique cimenté ;
- les Calcaires de Dommartin, d'une épaisseur variant de 60 m à 65 m sont constitués de calcaires argileux, dolomitiques et bioclastiques se terminant par des calcaires sub-lithographiques caverneux ;
- la Pierre Châline épaisse d'environ 10-15 mètres est formée d'une alternance de niveaux coquilliers, de calcaires à foraminifères et débris de coquilles, de calcaires micritiques et de marnes. De par sa nature, elle peut être imperméable ou semi-perméable ;
- les Calcaires sublithographiques, épais de 20-25 mètres environ sont constitués de calcaires micritiques homogènes à inter bancs marneux fins et de rares niveaux bioclastiques peu épais.

Ces niveaux lithologiques présentent une très faible variabilité spatiale de composition et d'épaisseur.

Cette formation forme un large plateau calcaire qui affleure sur la majeure partie des zones d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo.

» DÉFINITION

La **karstification** est un processus d'altération de la roche calcaire par dissolution lors des infiltrations d'eau. Ces infiltrations peuvent créer des marques d'altération le long des fissures, ou ouvrir des fissures jusqu'à former des cavités. Ces cavités peuvent être connectées en réseaux pour les karsts les plus développés.

Au sein de l'aire d'étude éloignée, les phénomènes de karstification se développent progressivement vers le nord-nord-ouest. Les Calcaires du Barrois, présents dans l'aire d'étude rapprochée, sont ainsi peu karstifiés et se caractérisent par la présence de fractures mineures millimétriques à centimétriques associées à des marques d'altération, jusqu'à des profondeurs de 15-20 mètres sous la surface. Ces fractures sont liées à la fracturation de la roche par mécanismes de gélifraction (fragmentation d'une roche sous l'effet du gel) pouvant être accentuées ensuite par les phénomènes de dissolution liés au phénomène de karstification.

4.3.2.4 Marnes du Kimméridgien

Les marnes du Kimméridgien se sont déposées il y a environ 150 millions d'années. Au niveau de la zone puits et des installations souterraines, l'épaisseur totale des marnes du Kimméridgien est d'environ 110 mètres.

Cette formation affleure sous la plateforme ferroviaire de l'ancienne voie ferrée qui sera reprise par l'ITE (au sud de l'aire d'étude rapprochée) et localement dans les vallées de l'Orge, de l'Ornain, de la Saulx et de l'Ormançon En progressant vers le nord-ouest cette formation s'enfonce sous les calcaires du Barrois.

Cette formation se caractérise par la superposition très régulière de trois niveaux argilo-marneux de quelques dizaines de mètres d'épaisseur chacun, séparés par deux bancs de « Calcaires blancs » de 10 mètres à 15 mètres

d'épaisseur. Quelques niveaux calcaires d'épaisseur métrique sont intercalés au sein des argiles et des marnes. Un des bancs calcaires est probablement aquifère.

4.3.2.5 Oxfordien carbonaté

L'Oxfordien carbonaté correspond au développement d'une plateforme carbonatée unique, qui s'étend de l'Oxfordien moyen au Kimméridgien inférieur. L'épaisseur de cette formation augmente faiblement d'est en ouest sur la zone de transposition (de 275 m à 335 m). Autour du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, cette formation a une épaisseur moyenne de 280 mètres. Seule la partie supérieure de cet ensemble est présente à l'affleurement sous la partie est de l'ITE et la portion de la ligne ferroviaire 027000 à Gondrecourt-le-Château.

Les calcaires de l'Oxfordien se caractérisent par des variations de faciès liées à des changements d'environnement tant verticalement que latéralement. La transition entre le Callovo-Oxfordien et la plateforme carbonatée est progressive et s'exprime par des faciès argilo-marneux légèrement bioclastiques (contenant des éléments fossiles) sur une vingtaine de mètres. Cette formation appelée localement « Marnes à coraux de Foug » possède des caractéristiques très proches du sommet du Callovo-Oxfordien mais elle est variable latéralement. De la distribution de ces caractéristiques découlent ces propriétés hydrodynamiques avec la présence de plusieurs niveaux perméables définis comme des horizons poreux.

Les différentes données directes et indirectes collectées montrent que les caractéristiques de l'Oxfordien calcaire au niveau de la ZIRA sont globalement équivalentes à celles déterminées au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne. Elles peuvent se résumer ainsi de bas en haut :

- les 20 premiers mètres de l'Oxfordien calcaire sont constitués d'une alternance de marnes, de calcaires argileux aux caractéristiques très proches des faciès de la partie supérieure du Callovo-Oxfordien précédente ;
- l'unité sus-jacente, d'une centaine de mètres d'épaisseur, regroupe des faciès fins de lagon poreux et perméables et des calcaires très peu poreux. À l'aplomb du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, ces faciès de lagon s'organisent en quatre niveaux poreux discontinus (Hp1 à Hp4) qui atteignent une épaisseur cumulée de près de 80 mètres. La faible connectivité de ces niveaux expliquerait leur faible productivité. D'après les forages et les affleurements, ces faciès de lagon sont présents dans toute la partie est et nord-est de la zone de transposition ;
- les 100 mètres suivants montrent une succession de bancs d'une série marneuse intercalés entre des niveaux de calcaires oolithiques. Au sommet de chacun de ces niveaux calcaires correspond un niveau plus poreux et perméable. Au total, trois niveaux aquifères (Hp5 à Hp7) d'épaisseur comprise entre 5 et 10 mètres et de perméabilité moyenne autour de 10^{-7} m/s ont été reconnus. Au niveau du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, les perturbations provoquées par le drainage des puits montrent que les ensembles Hp1 à Hp4, Hp5 et Hp6 à 7 sont hydrauliquement indépendants. Dans la partie est et nord-est, la série marneuse s'exprime en bancs de plus en plus épais et crée une séparation nette entre les niveaux aquifères inférieurs (Hp1 à Hp4) et supérieurs (Hp5 à Hp7) de l'Oxfordien. La continuité de la série grise entre l'est et le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne étant assurée, les transferts possibles entre les horizons poreux inférieurs et supérieurs et entre chaque horizon Hp5 à Hp7 devraient être limités sur la ZIRA. Dans la partie sud-ouest de la ZT, l'épaisseur négligeable ou l'absence de ce semi-perméable fait que l'ensemble des formations de l'Oxfordien calcaire y compris les horizons poreux ne forme qu'une seule nappe avec globalement un seul champ d'écoulement ;
- les derniers 30 mètres sont constitués de calcaires peu poreux et de faibles perméabilités.

4.3.2.6 Callovo-Oxfordien (Cox)

Le Callovo-Oxfordien dénommé « Cox » est la couche géologique au sein de laquelle sera implantée l'installation souterraine du centre de stockage Cigéo. Cette couche sédimentaire n'affleure pas dans l'aire d'étude rapprochée. D'âge Jurassique (environ 160 millions d'années), cette formation regroupe le Callovien, dernier étage de la série géologique du Dogger, et la partie inférieure de l'Oxfordien, premier étage de la série du Malm et constitue l'appellation, propre à l'Andra : « le Callovo-Oxfordien ».



Figure 4-11 Argilites du Callovo-Oxfordien

4.3.2.6.1 Caractéristiques géométriques du Callovo-Oxfordien

Les limites géométriques de la couche ont été caractérisées précisément grâce aux nombreux forages et lignes sismiques 2D et 3D réalisés depuis la surface et grâce aux travaux dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne (cf. Chapitre 4 du volume VII de la présente étude d'impact). L'ensemble des données acquises ont été ensuite retranscrites dans un modèle géométrique en 3D.

L'épaisseur du Callovo-Oxfordien augmente du sud-ouest vers le nord-est en relation avec la principale zone d'apport des sédiments localisée plus au nord-est :

- sur la ZT (zone de transposition), elle est comprise entre 130 mètres (sud-ouest) et 162 mètres (nord-est) ;
- dans la ZIRA, elle varie de 142 mètres (sud-ouest) à 162 mètres (nord-est) ;
- dans la ZIOS, l'épaisseur de la couche varie d'environ 136 mètres au niveau de la descenderie à environ 162 mètres au nord-est de la ZIRA.

Sa profondeur augmente vers le nord-ouest avec un pendage de 1° en moyenne conformément à l'ensemble de la pile sédimentaire dans ce secteur du Bassin parisien :

- sur la zone de transposition, le sommet de la couche est situé entre 340 mètres (sud-est) et 550 mètres (nord-est) de profondeur avec respectivement une profondeur de la base entre 470 mètres et 700 mètres ;

- dans la ZIRA, le sommet de la couche est situé entre 340 mètres (sud-est) et 532 mètres (nord-ouest) de profondeur avec respectivement une base entre 500 mètres et 675 mètres. Le milieu de la couche est entre 420 mètres et 604 mètres de profondeur ;
- sous la zone puits, le sommet est attendu entre 443 mètres et 594 mètres de profondeur.

Sur la ZT et dans la ZIRA, la couche du Callovo-Oxfordien ne présente aucune déformation de quelque ordre et nature que ce soit (telles que des failles majeures et secondaires, des flexures…).

4.3.2.6.2 Composition et propriétés du Callovo-Oxfordien

Les nombreuses mesures en forages, les analyses en laboratoire sur les échantillons extraits des forages et les expérimentations menées au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne (cf. Chapitre 4 du volume VII de la présente étude d'impact) ont permis d'obtenir un niveau de description très élevé des propriétés du Callovo-Oxfordien que ce soit vis-à-vis de sa nature (composition chimique, minéralogique, structuration interne…) ou de ses propriétés en lien avec le centre de stockage Cigéo (propriétés d'interactions avec les éléments chimiques et radioactifs, propriétés de migration de l'eau et les éléments chimiques et radioactifs, géochimie, caractéristiques géomécaniques…). Associé aux mesures sismiques Haute-Résolution, un modèle 3D permet de représenter pour la ZIRA, les principales propriétés du Callovo-Oxfordien dans l'espace. Les propriétés majeures du Callovo-Oxfordien sont résumées dans les chapitres ci-dessous. Il est important de mentionner que les propriétés de la couche ont fait l'objet de nombreux documents scientifiques et techniques dont beaucoup ont été publiés dans des revues scientifiques internationales.

La description lithologique de la couche du Callovo-Oxfordien est continue latéralement sur de grandes distances et s'explique par l'origine des sédiments qui la compose et le contexte tectonique et sédimentaire calme de leur dépôt, il y a environ 160 millions d'années. Les sédiments se sont déposés sous une profondeur d'eau de l'ordre de la centaine de mètres dans un milieu marin ouvert et calme ; les zones émergées les plus proches, constituant les sources d'apports en sédiments, se situaient dans le massif « Londres-Brabant », correspondant aux actuelles Ardennes. L'éloignement de ces sources d'apport explique la granulométrie fine des constituants minéralogiques comme les argiles constituant la couche du Callovo-Oxfordien, d'où sa dénomination commune d'« *argilites* ».

Les argilites du Callovo-Oxfordien ont fait l'objet de nombreuses analyses minéralogiques et géochimiques menées depuis plus de 20 ans, et publiées pour beaucoup dans des revues scientifiques (Gaucher *et al.,* 2004 (51) ; Belcourt, 2009 (52) ; Marty *et al.,* 2018 (53)).

Les argilites de l'unité argileuse du Callovo-Oxfordien sont composées en masse à environ 95 % de minéraux primaires : ~40 % de minéraux argileux, muscovite et biotite ; ~30 % de carbonates, principalement de la calcite ; et ~25 % de tectosilicates (quartz et feldspaths).

Les autres minéraux présents dans les argilites (environ 5 %) sont principalement des sulfures, dont de la pyrite et de la matière organique. La pyrite (FeS_2) est présente dans toute la formation avec des teneurs en moyenne de 1 % et localement jusqu'à 3 %. Les autres sulfures identifiés sont la sphalérite (sulfure de zinc) et la chalcopyrite (sulfure de fer et de cuivre). La matière organique est présente naturellement avec des teneurs comprises entre 0,5 % et 2 %. La présence de sulfures et de matières organiques sont révélatrices des conditions anoxiques et réductrices au sein de la couche du Callovo-Oxfordien.

Les analyses chimiques réalisées sur de nombreux échantillons indiquent que les argilites du Callovo-Oxfordien contiennent relativement peu d'éléments toxiques (tels que le cadnium, le nickel, l'arsenic, l'uranium… – cf. Tableau 4-2), en comparaison avec des déblais miniers par exemple. Les ordres de grandeur des teneurs pour ces éléments chimiques dans le Callovo-Oxfordien sont similaires au fond géochimique des sols calcaires rencontrés sur le territoire d'implantation du centre de stockage Cigéo.

Le tableau 4-2 indique la composition chimique moyenne des argilites du Callovo-Oxfordien.

Dans l'épaisseur de la couche, les proportions des principales phases minérales (argiles, carbonates et quartz) sont représentatives des variations des niveaux bathymétriques (hauteur d'eau) au moment du dépôt du sédiment. Ces variations couplées à l'enfouissement du Callovo-Oxfordien par le passé sont les principales causes des variations de ses propriétés. L'analyse de la variabilité des propriétés physiques mesurées en forages et sur échantillons permet de représenter le Callovo-Oxfordien en trois grandes unités géologiques qui sont de bas en haut (cf. Figure 4-12) :

- l'unité argileuse (UA) la plus épaisse (100 m à 120 m environ), la plus homogène et la plus riche en minéraux argileux (plus de 40 % en moyenne). Elle représente environ les 2/3 inférieurs de la couche du Callovo-Oxfordien. Elle peut être scindée en trois sous-unités aux variations ténues et progressives. La sous-unité UA2 correspond au niveau stratigraphique où la teneur en argile est la plus élevée et dans laquelle les différentes expérimentations du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne ont lieu ;
- l'unité de transition (UT). Elle constitue le terme de passage entre l'UA et l'unité silto-carbonatée (USC) aux teneurs en carbonates les plus élevées (de 40 % à 90 %) ;
- l'unité silto-carbonatée (USC), de vingt à trente mètres d'épaisseur, avec une importante variabilité pétro-physique verticale liée aux alternances lithologiques (marnes et niveaux carbonatées). Elle représente des niveaux dont la composition minéralogique est plus contrastée et hétérogène. L'enrichissement progressif en carbonates dans cette unité marque l'installation de la plateforme carbonatée de l'Oxfordien supérieur.

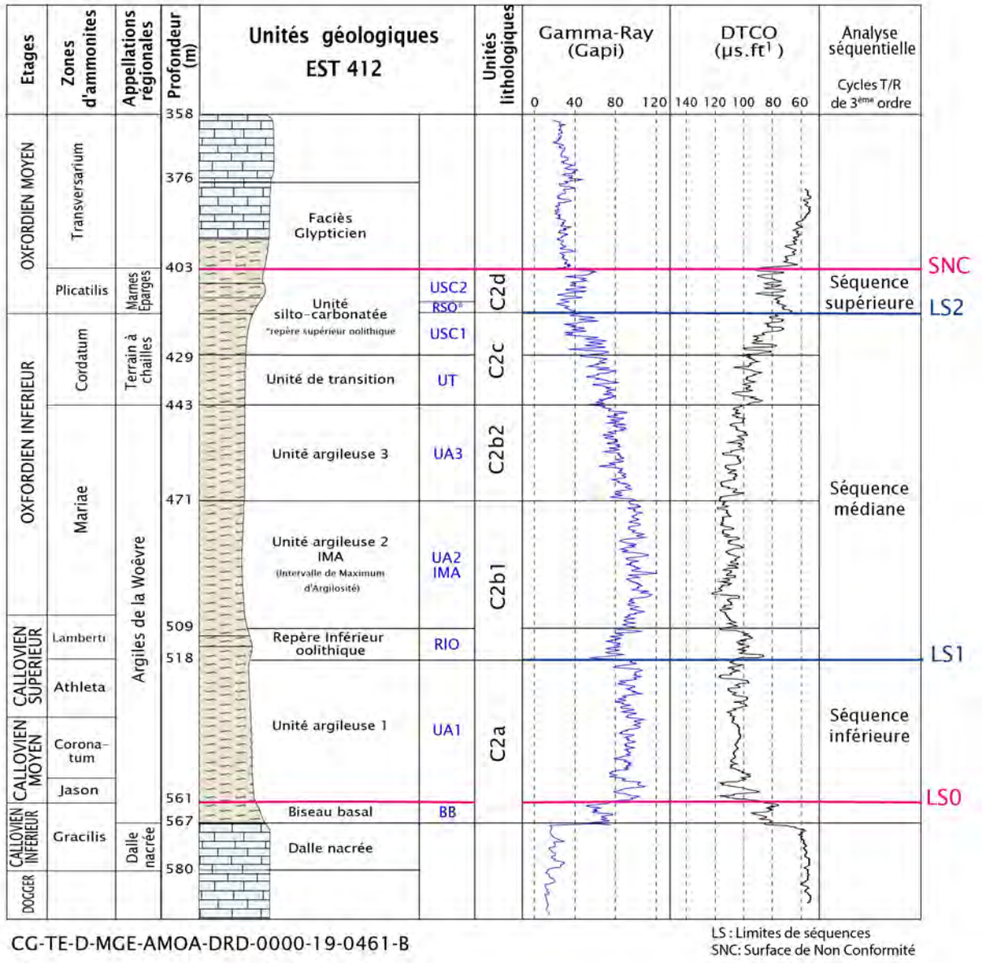


Figure 4-12 *Unités géologiques représentatives du Callovo-Oxfordien : unité argileuse (UA), unité de transition (UT) et unité silto-carbonatée (USC). Les limites géologiques du Callovo-Oxfordien sont données par les surfaces stratigraphiques LS0 et SNC*

Tableau 4-2 Composition chimique (moyenne ± écart-type) des argilites de la couche géologique du Callovo-Oxfordien

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	MnO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5
unité	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Moy. ± ET	44,8 ± 6,5	11,1 ± 2,9	4,1 ± 1,0	2,3 ± 0,3	0,03 ± 0,01	15,0 ± 5,6	0,3 ± 0,1	2,7 ± 0,6	0,6 ± 0,1	0,1 ± 0,1
	S	As*	Ag	B	Ba	Be*	Bi*	Cd*	Ce	Co
unité	%	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*
Moy. ± **ET**	0,8 ± 0,3	11 ± 3	<0,2	110 ± 34	196 ± 48	1,9 ± 0,5	0,18 ± 0 08	0,21 ± 0,11	56 ± 13	13 ± 4
	Cr	Cu	La	Li	Mo*	Nb*	Ni	Pb*	Sb*	Sc*
unité	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*
Moy. ± ET	87 ± 20	15 ± 5	32 ± 4	56 ± 25	0,5 ± 0,2	13 ± 3	40 ± 12	14 ± 4	0,5 ± 0,1	13 ± 1
	Se*	Sn*	Sr	U	V	W*	Y*	Zn	Zr	
unité	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	
Moy. ± ET	0,58 ± 0,03	2,4 ± 0,5	386 ± 196	2,0 ± 0,5	104 ± 30	1,1 ± 0,6	20 ± 3	92 ± 39	156 ± 34	

* éléments traces dont les concentrations moyennes ont été calculées avec un nombre d'échantillons plus faible analysés avec une méthode plus précise que les autres données disponibles.

Compte-tenu de la composition minéralogique du Callovo-Oxfordien, le terme d'argilite, roche argileuse sédimentaire indurée composée de particules d'une taille inférieure à deux microns est utilisé (minéraux argileux accompagnés souvent de quartz très fin).

Latéralement, la couche du Callovo-Oxfordien présente globalement cette même organisation sur une zone de plus de 350 km² selon les résultats des forages réalisés dans un rayon de 15 km autour du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne. La variabilité minéralogique verticale est ainsi peu marquée latéralement pour une même profondeur relative dans le Callovo-Oxfordien. Cette constance témoigne d'un environnement de dépôt calme et stable du point de vue tectonique et sédimentaire.

Comparativement à d'autres formations géologiques, les constituants du Callovo-Oxfordien et leur structuration lui confèrent des propriétés intrinsèques particulièrement importantes pour retarder la migration des éléments chimiques et radioactifs. Ces propriétés sont présentées au chapitre 4.3.2.1 du volume IV de l'étude d'impact.

4.3.2.6.3 La structure interne des argilites du Callovo-Oxfordien

La minéralogie, la structuration interne (microstructure) et les propriétés d'écoulement et de transport du Callovo-Oxfordien ont fait l'objet de très nombreuses études par la communauté scientifique. Ces études ont fait ont publiées dans des revues et journaux scientifiques et présentés dans de nombreuses conférences.

La structure interne des argilites Callovo-Oxfordien est constitué de minéraux et de l'eau contenue dans les pores (vides entre les minéraux) entre et au sein de certains minéraux argileux (les smectites). L'eau est le vecteur du transport des radionucléides. L'organisation des pores est une caractéristique importante des argilites qui contribue à ces propriétés favorables.

Les minéraux argileux sont des minéraux de très petites tailles (inférieur au micromètre soit un millionième de mètre). Les pores, localisées très majoritairement entre et au sein des minéraux argileux, ont ainsi des tailles principalement comprises entre quelques centaines et dixième de nanomètres (un milliardième de mètre). Les pores de tailles supérieures (de l'ordre du micromètre) sont peu nombreux et ne forment pas un réseau connecté. Les argilites sont considérées comme un milieu poreux homogène à simple porosité compte tenu des tailles petites des pores (de dimension nanométrique), de leur répartition homogène et de la très bonne connectivité entre les différentes tailles de pores.

4.3.2.6.4 La composition chimique de l'eau porale du Callovo-Oxfordien

La composition chimique de l'eau porale (contenue dans les pores) du Callovo-Oxfordien a fait l'objet de nombreuses études expérimentales, notamment dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne et d'études de modélisation. La composition chimique de l'eau porale du Callovo-Oxfordien est ainsi bien caractérisée.

L'acquisition des données expérimentales de la composition chimique des eaux s'est appuyée sur des mesures sur échantillons et sur des expérimentations dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne. On citera à titre d'exemple l'expérience PAC (Prélèvement et Analyse Chimique de l'eau porale) où les données acquises ont permis d'établir un modèle numérique robuste de composition de l'eau porale. Ce modèle est basé sur les processus de régulation de la chimie des eaux comme par exemple les équilibres acido-basiques, les équilibres avec les minéraux et l'électroneutralité. À titre illustratif, le tableau suivant donne la composition des eaux issues de l'expérience PAC et celle déterminée par modélisation (modèle Thermoar de Gaucher *et al.*, 2009 (54)).

L'eau porale du Callovo-Oxfordien est proche de la neutralité acido-basique (pH ~7,0), réductrice (Eh entre -210 mV et -180 mV) et de force ionique modérée (~0,1), avec comme espèces prédominantes les ions chlorure (Cl^-) et sodium (Na^+). Les autres espèces majeures sont les cations bivalents Ca^{2+} et Mg^{2+} et les anions sulfate (SO_4^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-).

Tableau 4-3 Composition géochimique des eaux issues de l'expérience PAC et celle déterminée par modélisation (modèle Thermoar de Gaucher et al., 2009 (54))

Concentration (mmol/L)	PAC1002	Modèle géochimique Thermoar
pH	7,2 ± 0,2	7,2
Force ionique (-)	0,09 ± 0,008	0,08
Pe	-3,0	-3,0
Chlorures	41,4 ± 0,8	41,0
Sulfates	16,2 ± 1,4	15,1
TIC	4,5 ± 0,2	2,1
Sodium	53,1 ± 1,7	43,0
Calcium	6,7 ± 0,7	8,0
Magnésium	5,2 ± 0,5	5,0
Potassium	0,9 ± 0,2	1,0
Strontium	0,2 ± 0,01	0,2
Silice	~0,4	0,2

4.3.2.6.5 La perméabilité et le processus de diffusion

La faible dimension des pores dont les surfaces sont constituées de minéraux argileux (qui sont électro-statiquement chargés négativement) confère aux argilites des propriétés spécifiques de mobilité de l'eau et de transport de solutés (composés chimiques dissous dans l'eau). Ainsi l'eau se répartie à environ 50 % d'« eau libre » et 50 % d'« eau liée » respectivement déplaçable et non déplaçable par un gradient de pression hydraulique.

Le réseau de pores de dimension nanométrique et la présence d'eau liée confère ainsi au Callovo-Oxfordien des propriétés hydrauliques intrinsèquement faibles (perméabilité inférieure à 10^{-13} m.s^{-1}). Les circulations d'eau y sont donc très lentes : une molécule d'eau n'y parcourt que de l'ordre de quelques centimètres en 100 000 ans.

Le transport de masse (eau et solutés) dans les pores est donc dominé par le processus de diffusion[10], comme cela a pu être démontré à grande échelle du Callovo-Oxfordien par l'étude des traceurs naturels présent dans l'eau. Les flux de matière sous l'effet de gradient hydraulique sont, de fait, inférieurs à ceux mobilisés par diffusion.

De plus, les anions contenus dans l'eau sont repoussés des surfaces argileuses du fait de leurs charges de surface négatives. Ce phénomène appelé « exclusion anionique » limite l'accès des anions à l'ensemble des pores ce qui réduit leur mobilité en comparaison des molécules d'eau. De nombreux essais expérimentaux et travaux numériques attestent de ce phénomène qui a pu être décrit également dans d'autres roches à dominantes argileuses. Le phénomène d'exclusion des anions ralentit la migration des anions qui ne sont pas retenus à la surface des minéraux argileux et en conséquence « contrebalance » leur absence de rétention.

[10] La diffusion est un phénomène de transport de masse due à l'agitation thermique (mouvement incessant dont sont animés les atomes ou molécules qui constituent la matière). La diffusion tend à rendre homogènes les concentrations des espèces chimiques au sein d'un système. Par diffusion, on observe un déplacement des constituants des zones de forte concentration vers celles de faible concentration.

4.3.2.7 Dogger

Le Dogger comprend deux formations carbonatées (Calcaires du Bajocien inférieur et du Bathonien) séparées par un intervalle plus marneux (Marnes de Longwy). Le Dogger est épais de plus de 200 mètres et constitue la formation géologique sous-jacente du Callovo-Oxfordien. Le Dogger n'affleure pas sur l'aire d'étude éloignée.

4.4 Caractéristiques radiologiques du sous-sol

L'origine de la radioactivité dans le sous-sol de l'aire d'étude rapprochée est naturelle (tellurique).

Les éléments radioactifs potentiellement présents dans le sous-sol sont donc le potassium 40 (^{40}K) ainsi que les chaînes naturelles de radioactivité de l'uranium 238 (^{238}U), de l'uranium 235 (^{235}U) et du thorium 232 (^{232}Th). Aucune radioactivité artificielle n'a été détectée.

Les échantillons de sous-sol analysés proviennent des différentes couches géologiques qui seront traversées pour le creusement des liaisons surface-fond (puits et descenderies), dont la couche du Callovo-Oxfordien dans laquelle sera implantée l'installation souterraine du centre de stockage Cigéo. Il s'agit de marnes et de calcaires pour le Kimméridgien et l'Oxfordien carbonaté, et d'argilites pour le Callovo-Oxfordien.

4.4.1 Potassium 40 (^{40}K)

Les échantillons de la couche du Callovo-Oxfordien présentent un niveau de radioactivité en ^{40}K relativement homogène, compris entre 510 ± 60 $Bq.kg^{-1}$ et 810 ± 90 $Bq.kg^{-1}$ sec.

La présence de potassium 40 dans les roches sédimentaires est associée aux minéraux argileux qui comportent du potassium dans leur structure minérale.

Les calcaires présentent une composition très différente avec un niveau de radioactivité 2,5 à 4 fois plus faible dans le Kimméridgien (189 ± 20 $Bq.kg^{-1}$ sec) que dans le Callovo-Oxfordien et une absence de détection d'activité dans les calcaires de l'Oxfordien (≤ à la limite de détection égale à 8 $Bq.kg^{-1}$ sec).

4.4.2 Isotopes du thorium (Th) et de l'uranium (U)

Les familles radioactives de l'uranium 238, l'uranium 235 et du thorium 232 et leurs descendants respectifs (^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{234}U…) sont naturellement présents dans les différentes roches du sous-sol.

La géologie sédimentaire du sous-sol composée de calcaires, marnes et argiles en profondeur n'est pas propice à la présence d'éléments radioactifs naturels des familles de l'uranium et du thorium. En effet, contrairement aux roches cristallines, ces roches sédimentaires ne contiennent pas ou peu de minéraux porteurs d'uranium et de thorium. Dans les roches argileuses telles que la couche du Callovo-Oxfordien, l'uranium et le thorium sont principalement associés aux minéraux argileux et à la matière organique.

Les rapports ^{234}U et ^{238}U des niveaux de radioactivité sont, soit égaux à un, soit très proches d'un, témoignant de l'équilibre séculaire et donc de l'origine naturelle de cette radioactivité. Aucun radionucléide artificiel n'est présent.

Les niveaux de radioactivité en ^{232}Th varient entre 32 $Bq.kg^{-1}$ et 41 $Bq.kg^{-1}$ sec dans le Callovo-Oxfordien. Comme pour le ^{40}K, les niveaux de radioactivité en ^{232}Th dans les formations calcaires sont plus faibles que dans le Callovo-Oxfordien, 7,6 $Bq.kg^{-1}$ ± 1,1 $Bq.kg^{-1}$ pour le Kimméridgien et non détecté dans l'Oxfordien.

Les niveaux de radioactivité en ^{235}U sont assez faibles (≤2 $Bq.kg^{-1}$ sec). Les rapports de masse $^{235}U/^{238}U$ sont de 0,72, valeur représentative de l'abondance de l'^{235}U dans l'uranium naturel.

Le niveau de radioactivité en ^{238}U varie selon la couche étudiée, avec une différenciation nette pour les échantillons issus des formations calcaires qui montrent les niveaux les plus bas (14 $Bq.kg^{-1}$ sec maximum pour les calcaires de l'Oxfordien et 35 $Bq.kg^{-1}$ sec pour les calcaires du Kimméridgien). Les échantillons du Callovo-Oxfordien ont des niveaux de radioactivité en ^{238}U compris entre 19 $Bq.kg^{-1}$ sec et 29 $Bq.kg^{-1}$ sec.

4.4.3 Synthèse de l'état initial radiologique des couches géologiques

Les niveaux de radioactivité naturelle mesurés dans les couches géologiques sont recensés dans le tableau 4-4.

Tableau 4-4 Synthèse des niveaux de radioactivité mesurés dans le sous-sol (prélèvements d'échantillons effectués entre 1994 et 2008, mesures par ICP-MS pour U et Th)

Origine	Éléments radioactifs	Valeurs maximales mesurées	Unité
Marnes et calcaires du Kimméridgien			
Naturelle	^{40}K	600	Bq/kg sec
	^{226}Ra	29	Bq/kg sec
	^{232}Th	32	Bq/kg sec
	^{235}U	1,6	Bq/kg sec
	^{238}U	35	Bq/kg sec
	$^{235}U/^{238}U$	0,72	Sans Unité
	$^{234}U/^{238}U$	1	Sans Unité
Artificielle	Néant		Bq/kg sec
Calcaire de l'Oxfordien carbonaté			
Naturelle	^{40}K	<8	Bq/kg sec
	^{226}Ra	17	Bq/kg sec
	^{232}Th	<1	Bq/kg sec
	^{235}U	0,7	Bq/kg sec
	^{238}U	14	Bq/kg sec
	$^{235}U/^{238}U$	0,72	Sans Unité
	$^{234}U/^{238}U$	1	Sans Unité
Artificielle	Néant		
Argilite du Callovo-Oxfordien			
Naturelle	^{40}K	810	Bq/kg sec
	^{226}Ra	34	Bq/kg sec

Origine	Éléments radioactifs	Valeurs maximales mesurées	Unité
	^{232}Th	41	Bq/kg sec
	^{235}U	1,4	Bq/kg sec
	^{238}U	29	Bq/kg sec
	^{235}U/^{238}U	0,72	Sans Unité
	^{234}U/^{238}U	1	Sans Unité
Artificielle	Néant		

Les éléments radioactifs détectés sont exclusivement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité sont faibles et varient selon la nature des formations géologiques.

4.5 Caractéristiques radiologiques des eaux porales du Callovo-Oxfordien

Le niveau de radioactivité naturelle mesurée sur l'eau dégazée du Callovo-Oxfordien (mesures effectuées en 2022 sur un échantillon d'eau provenant du forage GIS1002) est faible (environ 1 Bq/L). Elle est liée au potassium ^{40}K, en accord avec les concentrations mesurées en potassium dans l'eau.

Les niveaux de radioactivité naturelle mesurés sur l'eau dégazée du Callovo-Oxfordien sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 4-5 Niveaux de radioactivité dans l'eau du Callovo-Oxfordien (mesures effectuées sur un échantillon d'eau provenant du forage GIS1002)

Paramètre	Valeur	Unités	Fraction
Alpha global	<0,12	Bq/L	Soluble
Bêta global	0,94 ± 0,22	Bq/L	Soluble
Bêta hors ^{40}K	<0,16	Bq/L	Soluble

Dans le cas de l'eau tout juste extraite de la roche du Callovo-Oxfordien, celle-ci contient des gaz dont le radon (^{222}Rn) à l'état de traces. Une analyse effectuée en 2011, en prenant des précautions pour limiter les pertes de ce radioélément dont la demi-vie est de 3,8 jours, indique une activité de 2,5 Bq/L (Tableau 4).

Tableau 4-6 Activité liée au radon 222 mesurée sur un échantillon de gaz à l'équilibre avec la roche du Callovo-Oxfordien (forage POX1201)

Paramètre	Valeur	Unités
^{222}Rn	2,4 ± 0,45	Bq/L

4.6 Ressources naturelles potentielles du sous-sol

Les ressources naturelles du sous-sol définies dans le code minier incluent les matériaux de carrières, les substances minérales, le charbon, les hydrocarbures et les ressources géothermiques. Elles ont été recensées dans le « Tome 2 du référentiel de site – Bilan des observations de l'OPE sur l'état de l'environnement de surface » (55).

4.6.1 Ressources naturelles au droit de la ligne électrique 400 kV

Deux carrières faisant l'objet d'une exploitation sont identifiées au sein de l'aire d'étude spécifique à la ligne électrique 400 kV, l'une sur la commune de Rachecourt-sur-Marne avec les carrières de Saint Christophe et l'autre sur la commune de Gondrecourt-le-Château, au sud-est du bourg. D'anciennes carrières sont signalées sur Wassy (dép. 52) à proximité de la ligne, alors que d'autres sont présentes sur Chevillon (dép. 52), éloignées du passage de la ligne, tout comme à Bure (dép. 55) en forêt et à l'écart de la ligne.

4.6.2 Les matériaux de carrière dans l'aire d'étude éloignée

4.6.2.1 Le schéma régional et les schémas départementaux des carrières

La loi Alur du 24 mars 2014 (56) a réformé les schémas départementaux des carrières instaurés en 1993 en modifiant l'article L. 515-3 du code de l'environnement. Elle dispose qu'un schéma régional des carrières vise à remplacer les schémas départementaux des carrières existants. Cette réforme doit permettre :

- une gestion plus rationnelle et économe des matériaux primaires issus de carrières au regard, d'une part, des usages actuels et des utilisations possibles, et, d'autre part, de la disponibilité d'autres ressources minérales, notamment celles issues du recyclage (intégration des déchets inertes valorisables ou recyclés) et celles complémentaires aux granulats terrestres (intégration des granulats marins) ;
- la prise en compte de flux logistiques de plus en plus interdépartementaux voire suprarégionaux, pour lesquels l'échelle régionale est plus adaptée ;
- la sécurisation de l'approvisionnement en matériaux et substances de carrières nécessaires aux projets d'aménagement du territoire et à l'industrie.

Actuellement, le Schéma régional des carrières du Grand Est est en cours d'élaboration. Les Schémas départementaux des carrières de la Meuse de 2014 et de la Haute-Marne de 2003 demeurent applicables (57).

Ces deux schémas départementaux sont organisés autour des orientations suivantes :

- réduire la consommation de matériaux alluvionnaires et augmenter la production de roche massive ;
- développer les modes de transport présentant les plus faibles **impacts** sur l'environnement et optimiser les flux routiers pour le transport des matériaux (implantation des nouvelles carrières à proximité des voies de transport routier existantes, sécurisation des flux routiers) ;
- développer l'intégration paysagère et environnementale des carrières et leur réaménagement.

4.6.2.2 L'exploitation des matériaux alluvionnaires

Dans l'aire d'étude éloignée, les schémas départementaux des carrières de la Meuse et de la Haute-Marne n'indiquent aucune ressource avérée ou exploitée dans le passé en matériaux alluvionnaires (sables, graviers, etc.). Les petits cours d'eau locaux du secteur comme l'Orge et l'Ormançon n'ont pas de bassins versants suffisamment développés et donc de plaines alluviales conséquentes dans lesquelles des alluvions sablo-graveleuses auraient pu se déposer en quantité suffisante pour être économiquement exploitables.

4.6.2.3 L'exploitation des matériaux de carrière

D'après les données de la Banque de données du sous-sol BSS (2020), plusieurs dizaines de petites carrières à ciel ouvert ont exploité les Calcaires du Barrois par le passé soit pour des besoins locaux en pierre de construction ou granulats soit pour des besoins d'empierrage ou de remblais. L'Oolithe de Bure, une couche de calcaire de deux mètres d'épaisseur bien indurée et peu poreuse, constitue une pierre de taille de qualité. Son exploitation se faisait par excavation de fosses rectilignes de quelques mètres de profondeur et de plusieurs dizaines, voire centaines de mètres de longueur d'où les carriers extrayaient la pierre en déposant les déblais de chaque côté des fosses. Elle a été autrefois exploitée dans des carrières à ciel ouvert ou souterraine notamment à Bure, Givrauval, Reffroy, Saint-Joire, Tréveray et plus généralement sur pratiquement toutes les communes de l'aire d'étude éloignée.

Actuellement, dans l'aire d'étude rapprochée, il existe une carrière à ciel ouvert sur la commune de Gondrecourt-le-Château. Elle exploite les calcaires de l'Oxfordien pour des besoins locaux en granulats ou autres usages d'empierrage (Société Paul CALIN). L'exploitation par tir y est autorisée par le prestataire ALPHAROC (arrêté préfectoral n° 2011-Mi-001 du 18 octobre 2011 (58)).

Dans l'aire d'étude éloignée, la BSS permet de recenser quelques exploitations en activité comme à Stanville, Jusigny-en-Barrois, Brauvilliers et Rachecourt-sur-Marne.

4.6.3 Les minerais dans l'aire d'étude éloignée

L'exploitation industrielle du minerai de fer a culminé au 19e siècle. Il n'y a plus aucune mine de fer en exploitation à l'heure actuelle. Ce minerai, alimentant des forges locales, a été exploité dans de nombreuses petites mines à ciel ouvert où les remplissages karstiques enrichis en minerai de fer étaient excavés. Ces mines étaient situées sur les sommets de plateaux calcaires où ont subsisté en placage les dépôts argileux et latéritiques du Crétacé inférieur. Les mines les plus proches étaient concentrées :

- dans le bois de Tréveray, le bois à l'est de Biencourt-sur-Orge, la forêt de Montiers-sur-Saulx et la forêt de Morley ;
- à l'ouest et sud-ouest dans le bois des Lacets de Mélaire ;
- à Poissons, aux lieux-dits les Hautes Minières et Haut de Guillaumont ; sur le plateau au-dessus de Montreuil-sur-Thonnance et le bois de Châtillon à Thonnance-lès-Joinville.

Les données géologiques disponibles incluant les données de la « Banque de données du sous-sol » (BSS) et les informations historiques indiquent qu'il n'y a eu aucune mine à ciel ouvert ou souterraine exploitant dans le passé des substances minérales sur l'aire d'étude éloignée, autre que les anciennes petites mines locales de fer situées sur les plateaux.

Par ailleurs, le forage le plus profond de l'Andra (EST433 réalisé à Montiers sur Saulx) a identifié une série de couches d'argile et de sel d'environ 190 mètres d'épaisseur datée du Trias supérieur comprise entre 1 400 m et 1 600 m de profondeur. Ces couches ne sont pas exploitables en l'état en raison de la profondeur. Historiquement, le sel a été exploité dans les salines et les mines où les couches de Trias supérieur étaient à l'affleurement ou à quelques centaines de mètre de profondeur comme dans les départements voisins des Vosges, de la Meurthe-et-Moselle et de la Moselle.

À l'heure actuelle, aucune ressource minière n'est exploitée sur l'ensemble de la couverture sédimentaire de l'aire d'étude éloignée.

4.6.4 Le charbon dans l'aire d'étude éloignée

Les recherches et exploitations de charbon et d'hydrocarbures du 19e et 20e siècles en Lorraine ont montré que les gisements de charbon se situaient dans deux étages du Carbonifère supérieur : le Wesphalien surmonté par le Stéphanien, datés entre environ 300 et 320 millions d'années. Dans le bassin charbonnier Lorrain, les formations sédimentaires du Wesphalien sont les plus riches en charbon. Elles ont été largement exploitées au nord du département de la Moselle à plus de 10 km au nord-est de l'aire d'étude éloignée.

Dans l'aire d'étude éloignée, les formations du Wesphalien et du Stéphanien ont été identifiées dans les études Andra à plus de 4 000 mètres de profondeur. Cette profondeur est trop importante pour pouvoir les exploiter avec les techniques d'exploitation actuelles.

Ainsi en regard des potentiels et des profondeurs associées, aucune ressource en charbon potentiellement exploitable n'a été identifiée dans l'aire d'étude éloignée.

4.6.5 Les hydrocarbures dans l'aire d'étude éloignée

Les hydrocarbures liquides ou gazeux contenus dans les formations géologiques sont des fluides plus légers que l'eau. Ils ont une tendance naturelle à migrer de la roche-mère, vers la surface. Dans certains cas, ils atteignent des pièges géologiques, roche sédimentaire poreuse surmontée d'une couverture imperméable dont la structuration tectonique permet l'accumulation des fluides et la formation des gisements conventionnels de pétrole et/ou de gaz. Une partie des hydrocarbures générés reste cependant piégée et disséminée au sein des roches-mères d'origine et constitue des hydrocarbures de roches-mères ou hydrocarbures non-conventionnels.

Les gisements d'hydrocarbures les plus proches du centre de stockage Cigéo sont situés en dehors de l'aire d'étude éloignée :

- le gisement de pétrole de Forcelles dans la Meurthe et Moselle à environ 54 km à l'est-sud-est ;
- le gisement de gaz des Trois-Fontaines près de Saint-Dizier à 39 km au nord-ouest.

Ces deux gisements qui ne sont plus exploités, présentent des caractéristiques communes : les roches-mères sont datées du Westphalien, les pièges des gisements sont structuraux et les réservoirs d'hydrocarbures sont dans des couches datées du Trias moyen à supérieur, situées sous la couverture régionale imperméable représentée par les couches de sel du Trias supérieur.

Dans l'aire d'étude éloignée, les formations sus-jacentes au Carbonifère ne présentent aucune accumulation de matière organique, l'enfouissement des argiles et schistes carton du Toarcien autour de 1 000 mètres dans ce secteur, n'est pas suffisant pour créer les conditions de pression et de température nécessaires à la transformation de la matière organique en hydrocarbures.

De plus, les données géologiques et géophysiques d'exploration pétrolière des années 50 à 80, ainsi que les campagnes sismiques 3D haute résolution sur la zone, couplées aux données des campagnes de reconnaissance géologique menées par l'Andra depuis environ 30 ans n'ont pas permis d'identifier de pièges structuraux sur l'ensemble de l'aire d'étude éloignée.

4.6.6 La géothermie dans l'aire d'étude éloignée

» DÉFINITION

La **géothermie** désigne l'ensemble des applications permettant de récupérer la chaleur contenue dans le sous-sol ou dans les nappes d'eaux souterraines. Différents types de géothermie sont distingués selon la température des formations géologiques exploitées :

- la **géothermie très basse énergie** (TBE) concerne l'exploitation des ressources de faible température (température inférieure à 30 °C). Associée à une pompe à chaleur, elle peut reposer soit sur des dispositifs de récupération de la chaleur emmagasinée dans les couches superficielles du sol (de quelques dizaines de centimètres à quelques dizaines de mètres de profondeur), soit sur le pompage de l'eau d'aquifères peu profonds (généralement jusqu'à 100 mètres). Elle est bien adaptée pour le chauffage des logements individuels et au petit tertiaire ;
- la **géothermie basse énergie** (BE) concerne l'extraction d'une eau dont la température est comprise entre 50 °C et 100 °C. Elle repose sur les gisements situés entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres de profondeur. La chaleur contenue dans les eaux souterraines peut être directement utilisée dans les réseaux de chauffage urbain.

Les **géothermies à plus hautes énergies** (moyenne énergie et haute énergie) se basent sur des fluides localisés à des profondeurs plus importantes, captés sous forme de vapeurs pouvant être utilisées pour la production d'électricité.

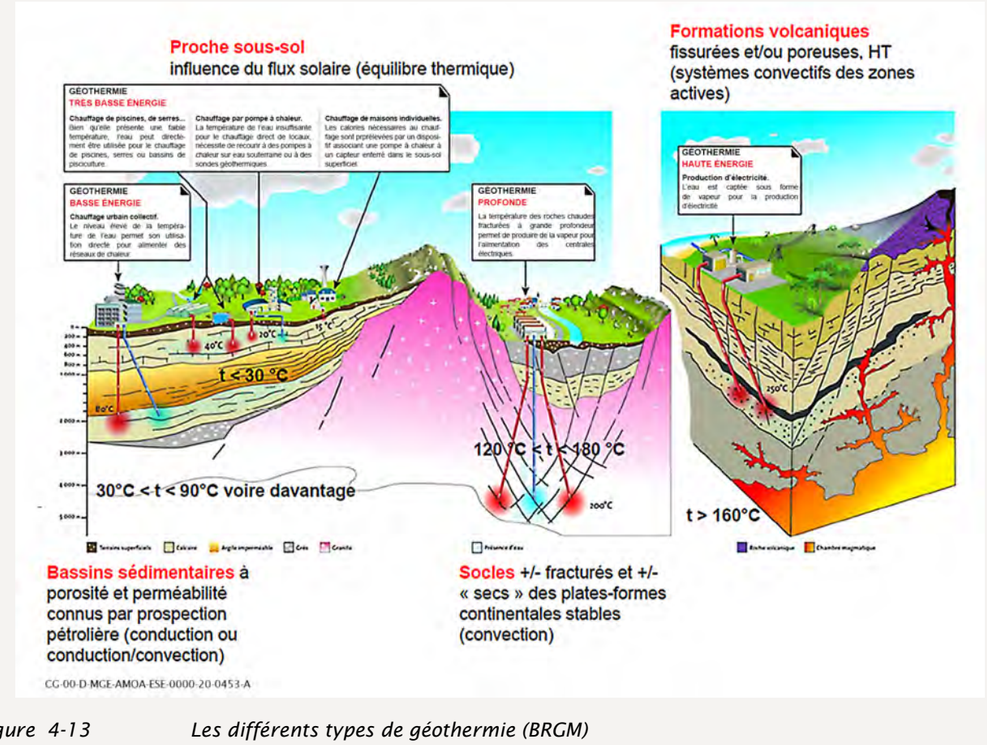


Figure 4-13 Les différents types de géothermie (BRGM)

4.6.6.1 Exploitations géothermiques existantes

D'après les données de la Base de données du sous-sol (BSS) (ADEME, BRGM, 2004), il existe une dizaine d'installations de géothermie très basse énergie (TBE) dans la Meuse et aucune en Haute-Marne. Ces installations sont listées dans le tableau 4-7 présenté ci-après. Les données de la BSS ne recensent aucune installation de géothermie basse énergie (BE) sur la ZT.

Tableau 4-7 Installations de géothermie de très basse énergie sur la ZT et au-delà

Type d'installation géothermique	Profondeur (m)	Commune (en Meuse)	No. BSS
Sonde géothermique	90	Bonnet	BSS000UNTX
Sonde géothermique	73	Bure	BSS000UNPB
Sondes géothermiques	114	Bure	BSS003WCWA, C, G, K et W
Sonde géothermique	76	Chassey Beaupré	BSS000UPDD
Champ de sondes géothermiques	92	Dammarie sur Saulx	BSS000UNAH
Pompe à chaleur sur aquifère	10	Gondrecourt le Château	BSS000UNWJ

4.6.6.2 Caractérisation du potentiel géothermique de l'aire d'étude rapprochée

Afin d'évaluer le potentiel géothermique de la future zone d'implantation du centre de stockage Cigéo, l'Andra a mené une opération de forage en 2007-2008, à la demande du Comité local d'information et de suivi du laboratoire de Bure (Clis). Cette opération a été réalisée dans le cadre d'un programme baptisé TAPSS 2000, organisé entre l'Andra et un consortium de 21 laboratoires (universités françaises, CNRS, IFPEN, BRGM, IRD et IRNS). Le forage profond a été réalisé par l'Andra et mis à la disposition de la communauté scientifique.

Les données acquises par l'Andra sur les eaux souterraines (cf. Chapitre 5.2 du présent volume) sous le centre de stockage Cigéo, jusqu'à environ 2 000 mètres de profondeur ont mis en évidence les éléments suivants :

- les formations géologiques superficielles comme les calcaires du Barrois qui présentent un potentiel exploitable par géothermie très basse énergie (TBE) jusqu'à une profondeur d'environ 100 mètres. Toutefois, les débits disponibles sont faibles et aléatoires ;
- la présence de trois aquifères respectivement localisés dans l'Oxfordien calcaire, le Dogger calcaire et les Grès de Lorraine ;
- le Trias inférieur (grès de Lorraine encore appelés grès du Buntsandstein) qui présente les meilleures propriétés hydrauliques avec une perméabilité d'environ 10^{-5} à 4.10^{-5} m/s, une température de l'ordre de 66 °C et une salinité très élevée d'environ 180 g/l (à titre de comparaison, l'eau de la Mer Méditerranée est de l'ordre de 38,5 g/l). Cet aquifère est donc potentiellement exploitable pour de la géothermie basse énergie (BE) avec les contraintes de ses caractéristiques intrinsèques (forte salinité) ; le Dogger et l'Oxfordien localement aquifères qui se caractérisent par une perméabilité largement plus faible que le Trias inférieur (deux ou trois ordres de grandeur) et des températures inférieures à 30 °C. Ils ne sont pas intéressants pour de la géothermie BE et encore moins pour la géothermie moyenne énergie (ME) et haute énergie (HE) ;
- les autres couches comme le Callovo-Oxfordien, qui ne sont pas aquifères et ne présentent donc pas d'intérêt pour la géothermie BE à HE ;
- aucune des formations comprises dans les 2 000 premiers mètres de profondeur ne présente de potentiel pour de la géothermie ME et HE. De telles exploitations nécessiteraient d'exploiter des couches plus profondes que le Trias. Les investigations ont permis de définir le gradient géothermal qui s'établit à 3 °C/100 m et s'inscrit dans la moyenne nationale. Ainsi, il serait nécessaire d'atteindre des profondeurs minimales de 3 000 mètres pour de la géothermie ME et de 5 000 mètres pour de la géothermie HE.

Parmi les trois horizons aquifères identifiés, seule la formation argilo-gréseuse du Trias inférieur constitue une ressource géothermique BE potentielle. Son exploitation a donc été étudiée et fait l'objet du chapitre ci-dessous.

Concernant la formation argilo-gréseuse du Trias inférieur constituant une ressource géothermique BE potentielle, la température de cette formation s'établit à 66 °C, ce qui correspond aux températures les plus basses exploitées dans le Dogger en région parisienne qui sont en moyenne de 73 °C à 1800 – 2 000 mètres de profondeur. Avec 180 g/l, la salinité de l'eau de la formation argilo-gréseuse est largement plus élevée que celle du Dogger exploitée en région parisienne où elle varie entre 6,5 g/l et 35 g/l.

La salinité implique plusieurs contraintes d'exploitation :

- la mise en œuvre d'équipements adaptés et couteux comme des pièces et tuyauteries en titane ;
- la mise en œuvre de doublets géothermiques pour réinjecter l'eau dans la nappe car la salinité est trop élevée pour que l'eau puisse être rejetée en surface. La réinjection nécessite souvent l'emploi de techniques complexes lorsque le fluide est très salé (risque de corrosion des équipements), lorsqu'il est chargé en argiles (risque de colmatage de la zone de réinjection) ou encore lorsque le contraste de température entre l'extraction et la réinjection est fort (risque de dépôt dans les conduites). En France, plusieurs tentatives d'exploitation durable avec réinjection dans des grès du Trias ont échoué en raison de la difficulté de développer des techniques adaptées aux caractéristiques des eaux de ces grès cumulant une teneur très élevée en sel ainsi qu'en particules d'argile.

Le rapport de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) « Potentiel géothermique du site de Meuse/Haute-Marne », 2014 (59) conclut que : « *La ressource géothermique du secteur de Meuse/Haute-Marne ne présente pas de caractère exceptionnel. En effet, elle ne présente pas d'intérêt particulier par rapport à d'autres formations ou zones qui possèdent un potentiel géothermique mieux démontré et des conditions d'exploitation plus aisées, comme la formation du Dogger du centre du Bassin parisien, ni un gradient géothermique élevé, comme dans le pourtour du Massif Central ou du fossé rhénan* ».

Les travaux menés par l'Andra sur l'aire d'étude éloignée et les connaissances disponibles à l'échelle régionale confirment que les ressources avérées ou potentielles en géothermie n'ont aucun caractère exceptionnel ou particulier. Elles sont similaires à celles qui existent très largement dans la région proche de l'aire d'étude.

Les conclusions de l'Andra n'ont par ailleurs pas été remises en cause par les contre-expertises indépendantes de l'IRSN, du BRGM et de Géowatt (mandatée par le Clis), ainsi que par la Commission nationale d'évaluation.

Ce point a également fait l'objet d'une note de contribution présentée lors du débat public « Potentiel géothermique du site de Meuse/Haute-Marne », 2014.

4.7 Risques naturels liés à la géologie

» RISQUES

Les risques naturels sont les éventuelles conséquences graves sur les populations, sur l'intégrité des biens et sur l'activité économique engendrés par des phénomènes naturels exceptionnels.

Ce chapitre décrit les risques naturels liés à la géologie : mouvements de terrain et séismes. Le recensement des risques présents a été réalisé à partir des dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM) de la Meuse et de la Haute-Marne (20, 21) et du site internet Géorisques.

4.7.1 Risques de mouvements de terrain

» MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les **mouvements de terrain** sont un déplacement gravitaire, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol sous l'effet de sollicitations naturelles (fonte des neiges, pluviométrie, séisme, dissolution liée à de l'infiltration d'eau, etc.) ou anthropiques (terrassement, vibration, déboisement, exploitation minière de matériaux ou de nappes aquifères, etc.). Les volumes en jeu peuvent atteindre plusieurs millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an), rapides (quelques centaines de mètres par jour) à très rapide (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres par seconde) comme dans le cas de chutes de pans de falaises ou d'escarpements rocheux (chute de blocs).

Dans l'aire d'étude immédiate, les mouvements de terrains potentiels peuvent être dus notamment à :

- un effondrement de cavité souterraine naturelle karstique ou d'une galerie artificielle ;
- un retrait-gonflement des argiles lié à la variation de l'humidité des sols telle que dans certains terrains argileux se produisent des gonflements (période humide) et des tassements (périodes sèches) ;
- un glissement de terrain se produisant généralement sur pente en situation de forte saturation en eau des sols meubles ;
- une coulée de boue caractérisée par un transport de matériaux sous forme plus ou moins fluide par l'afflux important d'eau ;
- l'érosion des berges d'un cours d'eau sous l'action des crues.

[11] https://www.georisques.gouv.fr/

4.7.1.1 Risques liés à un effondrement de cavités souterraines naturelles ou artificielles

Plusieurs cavités souterraines et excavations à ciel ouvert ont été recensées sur les communes de l'aire d'étude immédiate :

- deux carrières non répertoriées sur Géorisques : l'une à Bure (il s'agit d'une ancienne petite mine de fer et l'autre à Tronville-en-Barrois) ;
- plusieurs cavités naturelles à Ribeaucourt, Bure, Mandres en Barrois, Bonnet, Cirfontaines-en-Ornois, Chassey-Beaupré, Gondrecourt-le-Château, Saint-Amand-sur-Ornain, Nantois et Tronville-en-Barrois. Ces anfractuosités naturelles sont liées aux reliefs karstiques creusés par dissolution des calcaires liée aux circulations d'eau au sein des calcaires du Barrois ;
- des ouvrages anciens sur le site archéologique des ruines de Nasium à Saint-Armand-sur-Ornain et des ouvrages civils souterrains (comme les aqueducs, tunnels routiers et ferroviaires, passages souterrains piétons) ;
- une cave ou des ouvrages troglodytes creusés par l'homme à Velaines et à Nançois-sur-Ornain ;
- la carrière de roche en activité à Gondrecourt-le-Château.

Des effondrements de cavités souterraines ont été répertoriés à Nançois-sur-Ornain et à l'ouest de Ligny-en-Barrois.

En l'absence de relief karstique classique constitué de cavités souterraines de moyenne à grande ampleur dans les calcaires du Barrois (cf. Chapitre 4.3.2.6 du présent volume de l'étude d'impact), le risque d'effondrement de cavité est très faible dans l'aire d'étude immédiate. Aucun mouvement de terrain et aucun glissement n'a été répertorié autour du centre de stockage.

4.7.1.2 Risques liés à un retrait et gonflement des argiles

Le retrait par assèchement des sols argileux lors d'une sécheresse prononcée et/ou durable produit des déformations de la surface des sols (tassements différentiels). Il peut être suivi de phénomènes de gonflement au fur et à mesure du rétablissement des conditions hydriques initiales ou plus rarement de phénomènes de fluage avec ramollissement (déformation lente d'un sol sur des pentes faibles).

La cartographie des zones exposées au phénomène de retrait gonflement des argiles du 1er janvier 2020 est présentée sur le site internet Géorisques (cf. Figure 4-14).

Dans l'aire d'étude immédiate aucune zone d'aléa fort n'est identifiée. Plusieurs vallées : l'Orge, l'Ornain et ses affluents dont l'Ormançon présentent un aléa moyen. Les autres secteurs de l'aire d'étude immédiate, principalement sur les affleurements de marnes sont en aléa faible.

4.7.1.3 Autres risques de mouvements de terrain

D'autres mouvements de terrain ont été répertoriés sur le site internet de Géorisques[11] :

- érosion des berges de l'Ornain sur la commune de Givrauval ;
- glissement de terrain sur les hauteurs de Tronville-en-Barrois, et au pied de la route nationale N4 et du canal à Ligny-en-Barrois.

Ces quelques mouvements de terrain sont tous circonscrits dans la vallée de l'Ornain ; cet aléa reste faible.

Aucun risque de coulée de boue n'est répertorié dans l'aire d'étude immédiate.

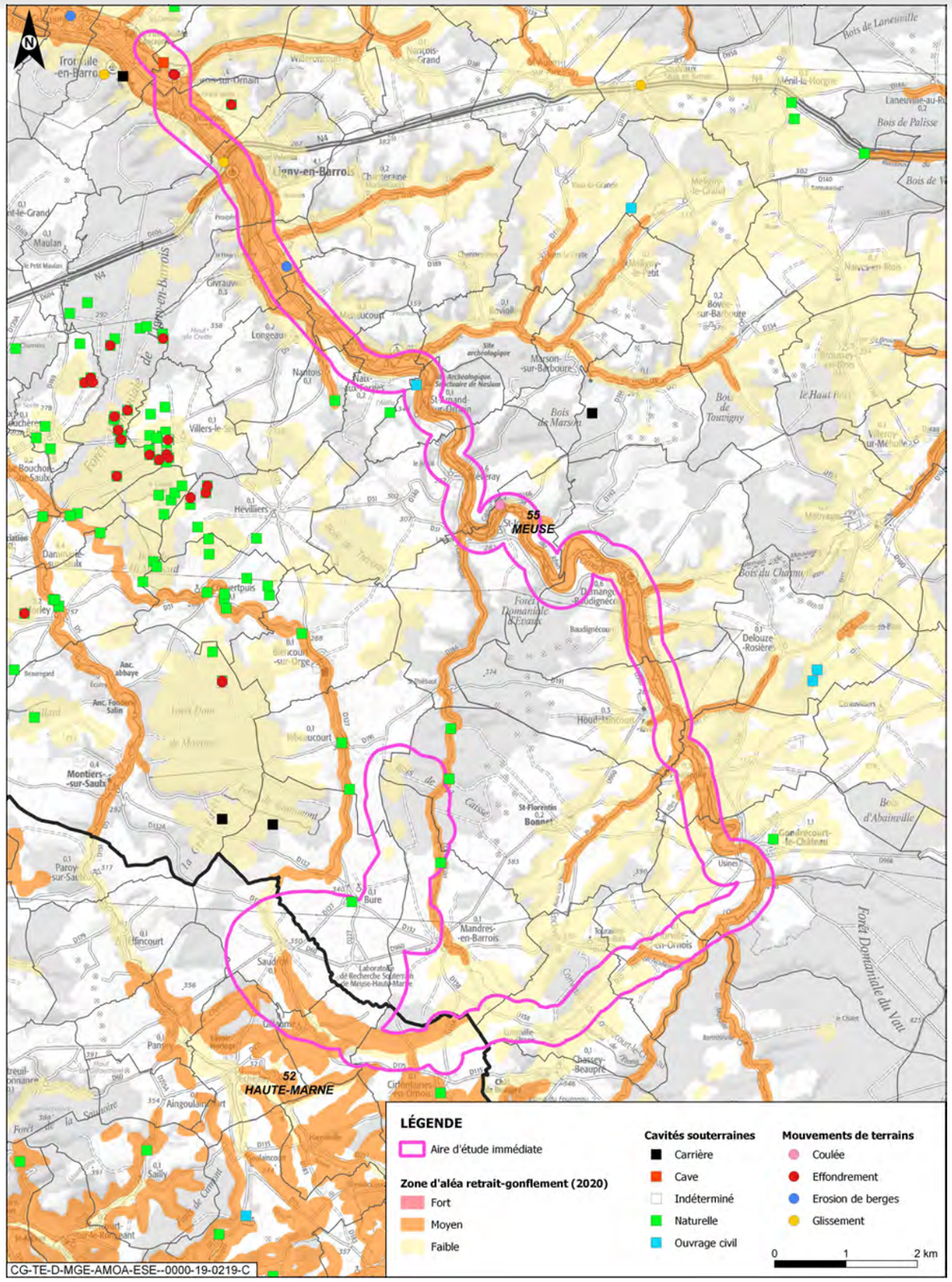


Figure 4-14 Risques géologiques

4.7.1.4 Risques de mouvement de terrain le long de la ligne électrique 400 kV

La consultation de la base de données Géorisques a permis de relever la présence de **cavités** au niveau des communes traversées par la ligne à 400 kV. Elles correspondent principalement, le long du tracé de la ligne, à des cavités naturelles avec une concentration au niveau de la commune de Troisfontaines-la-Ville dans le département de la Haute-Marne et une à proximité de la ligne à Autreville.

D'autres sont observables dans la vallée de la Blaise, celle de la Marne, à Bure, à l'écart du tracé de la ligne (triangles jaunes sur les extraits de cartes).

Certaines de ces cavités, dénommées « gouffres », sont également relevées sur Chevillon (dép. 52) et Osne-le-Val (dép. 52) à l'écart également du tracé de la ligne, ainsi qu'une grotte à Favières (dép. 54) elle aussi éloignée.

Concernant les aléas retrait-gonflement des argiles, deux secteurs présentent un aléa fort. Il s'agit d'une part de la région du Saintois entre Houdreville et Dolcourt (supports 296 à 312), et d'autre part du secteur du Pays du Der depuis la vallée de la Blaise jusqu'à Lentilles (supports 104 à 126).

D'autres secteurs plus localisés concernent les supports 128, 129, 131 et 136 à Frampas, les supports 138 et 139 à Voillecomte, et les supports 142 à 145 à Wassy (cf. Figure 4-15).

Les autres risques de mouvements de terrain potentiels ne sont pas concernés.



Figure 4-15 Risque lié au retrait/gonflement des argiles le long de la ligne électrique 400 kV

4.7.2 Risque sismique d'origine naturelle ou anthropique

L'ensemble de l'aire d'étude éloignée et de l'aire d'étude spécifique de la ligne électrique 400 kV est localisé en zone de sismicité 1 c'est-à-dire présentant une activité sismique qualifiée de « très faible » (cf. Figure 4-16), selon le zonage sismique français en vigueur depuis le 1er mai 2011 défini par l'article D. 563-8-1 du code de l'environnement.

La réglementation parasismique distingue deux classes d'ouvrage « les ouvrages à risque normal » et « les ouvrages à risque spécial » et fixe différents niveaux d'exigence de résistance aux séismes selon le niveau de risque à la personne et de l'impact socio-économique que présente la défaillance de chaque ouvrage.

Les installations nucléaires de base comme le projet de centre de stockage se classent dans la catégorie des « ouvrages à risque spécial » comme les barrages et les installations classées pour la protection de l'environnement.

Elles font l'objet de recommandations et de règles de sureté spécifiques, dites règles fondamentales de sureté (cf. RFS 2001-01 (60) et RFS III.2.f pour les INB (61)), établies par l'Autorité de sureté nucléaire.

Dans toute la région située au nord-ouest de l'aire d'étude éloignée, il n'existe aucun épicentre de séisme historique et la sismicité instrumentale est nulle. En quelques 60 ans, un seul séisme, de très faible de magnitude (<1) et dont le foyer se situe dans la couverture sédimentaire, a été détecté en 2004 à l'ouest de Saint-Dizier.

Dans toute l'aire d'étude éloignée, il n'existe aucun épicentre de séisme historique et la sismicité instrumentale est nulle. Aucun séisme n'a été ressenti ou n'a occasionné des dégâts matériels au cours des derniers 1 000 ans. Aucun indice de déformation néotectonique n'a été reconnu sur les failles les plus proches (cf. Chapitre 4.2.3 du présent volume de l'étude d'impact) et dans leur voisinage, ces dernières étant inactives depuis *a minima* deux millions d'années, c'est-à-dire depuis le Quaternaire. Il est probable au vu de leur signature sismique qu'il n'y a eu aucune déformation sur ces dernières depuis la dernière grande phase tectonique distensive Oligocène à l'origine de la formation des grands fossés de la Limagne, de la Bresse ou du Rhin, soit depuis les derniers 25 millions d'années.

La sismicité naturelle ne commence à se manifester qu'à l'est d'une ligne Langres-Neufchâteau-Toul, à plus de 30 km du centre de stockage Cigéo. Les manifestations d'activité sismique significatives les plus proches se situent dans des zones situées à environ 50 km de l'aire d'étude rapprochée.

Dans le cadre de la détermination des mouvements sismiques à prendre en compte pour la sûreté des installations nucléaires, l'Andra a fait installer depuis 2001, un réseau d'écoute sismique (RES) spécifique afin de disposer de données précises sur la sismicité instrumentale de la région d'implantation du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne.

Il est composé actuellement de cinq stations sismiques qui viennent s'ajouter au maillage d'autres réseaux utilisés pour la surveillance régionale et nationale : réseau sismique numérique (RSN), réseau national de surveillance sismique (RéNass) et réseau sismologique & géodésique français (Résif). La combinaison et l'emboitement des différents réseaux visent à disposer de données précises pour caractériser la sismicité locale dans un rayon de 30 km autour du Laboratoire de recherche souterraine de Meuse/Haute-Marne et la sismicité régionale dans un rayon de 80 km. Ce dispositif doit également améliorer, dans la mesure du possible, la surveillance des failles régionales plus éloignées, comme celles de Metz et de Vittel par exemple, en relation éventuelle avec la sismicité de la zone « active » des Vosges.

Combinés aux données des réseaux nationaux mis en place depuis 1962 (RSN, RéNaSS), soit presque 60 ans d'observation, le réseau d'écoute sismique (RES) et le réseau accélérométrique :

- confirment l'absence de sismicité naturelle depuis 1962 à l'ouest d'une ligne Chaumont-Neufchâteau-Commercy (cf. Figure 4-18), exception faite d'un séisme très superficiel de très faible magnitude (M = 0,9) proche de Vitry-le-François en 2004 (cf. Figure 4-18 et figure 4-19) ;
- permettent d'identifier et localiser la sismicité induite, notamment les tirs de carrière (cf. Figure 4-19).

Ainsi, outre l'identification et la caractérisation de l'ensemble des tirs de carrières sur la région (cf. Étoiles sur la figure 4-19) par ces réseaux, la sismicité induite a fait l'objet d'une attention particulière quant à la discrimination des séismes naturels et anthropiques (cf. Carrés sur la figure 4-19). Ainsi, deux « essaims » de sismicité induite ont été reconnus comme distingués sur la figure 4-19, les deux sites de stockage de gaz souterrain de Cerville situé à 70 km à l'est, et le site de Trois-Fontaines-l'Abbaye situé à plus de 40 km au nord-nord-ouest. La sismicité induite, provoquée par le pompage de gaz stocké dans ces stockages souterrains est caractérisée par des évènements de très faible magnitude, de l'ordre de M = 0,5 à 2,8 à Cerville et de l'ordre de M = 0,6 à 1,2 sur le site de Trois Fontaines.

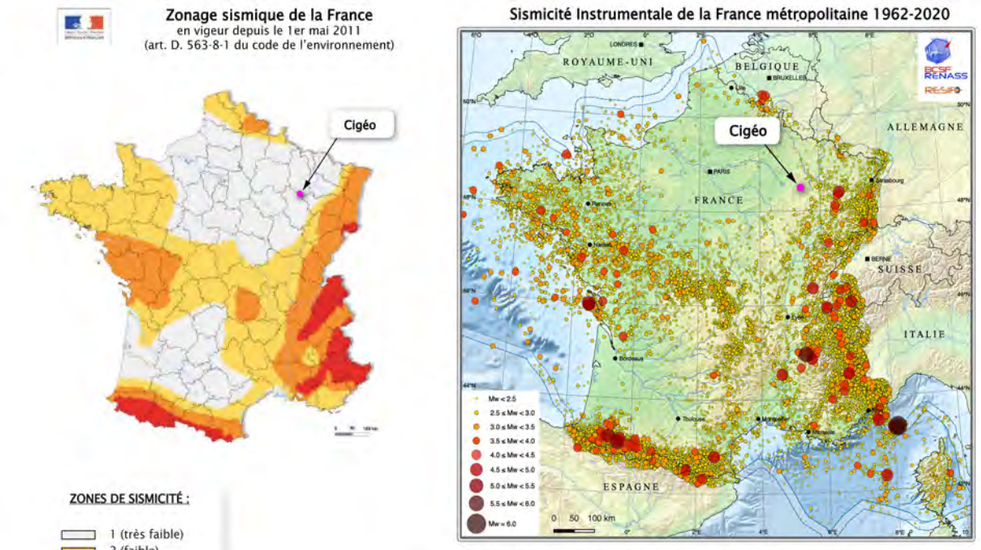


Figure 4-16 *Zonage sismique en France et instrumentale (base SiHex – Cara et al., 2015 à droite) (62, 63)*

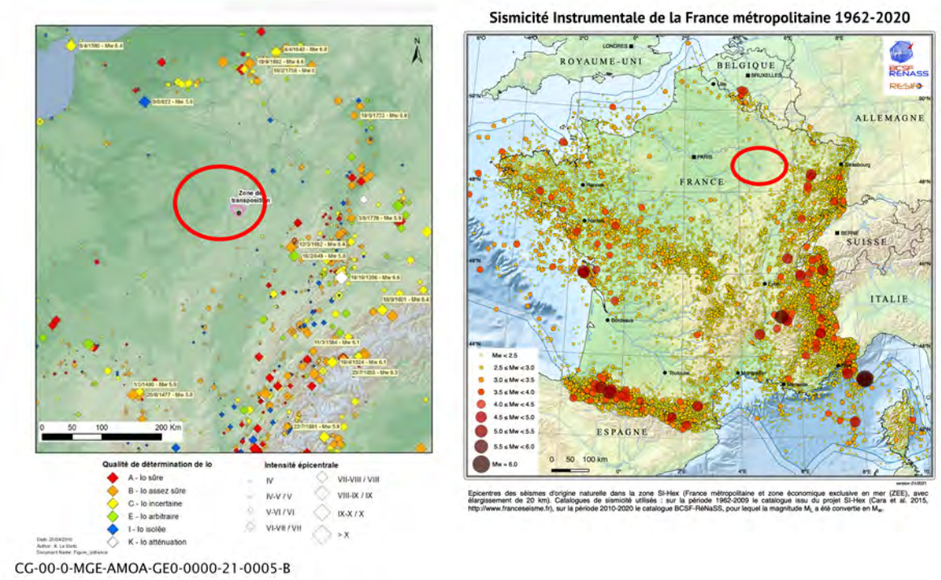


Figure 4-17 *Sismicité historique (base SisFrance à gauche) et instrumentale (base SiHex – Cara et al., 2015 à droite) (62, 63) et localisation de la région de Meuse/Haute-Marne*

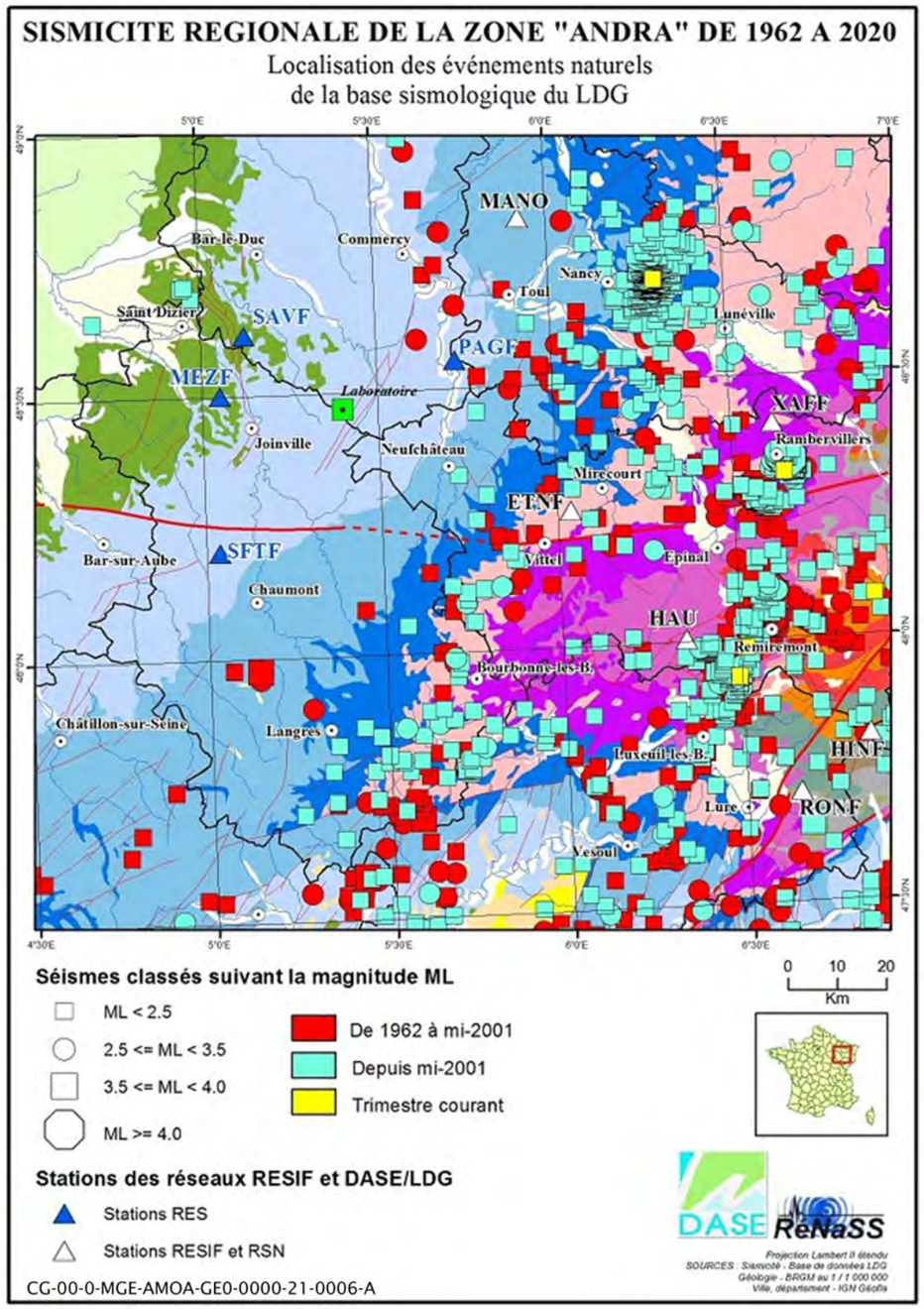


Figure 4-18 *Carte de la sismicité naturelle de la « zone Andra » sur la période 1962- 2020 sur fond géologique (trimestre courant : octobre-novembre-décembre 2020)*

CAS DU SÉISME DU TEIL : UN ÉVÈNEMENT NON TRANSPOSABLE À LA RÉGION DE MEUSE/HAUTE-MARNE

En novembre 2019, un séisme de magnitude 5 sur l'échelle de Richter, s'est produit sur la commune du Teil près de Montélimar. Ce séisme inédit de par sa faible profondeur (entre 1 et 3,5 km) s'est produit par l'activation d'une faille jusqu'alors considérée comme inactive. Dès lors, l'Autorité de sureté nucléaire (ASN) demande à ce que ce type de phénomène soit pris en compte dans l'évaluation de l'aléa sismique.

Pour rappel, le contexte sismotectonique de la région d'implantation du projet global Cigéo diffère significativement de celui de la vallée du Rhône où s'est produit le séisme du Teil. En effet, la vallée du Rhône, localisée au front même des chevauchements alpins plus à l'est, est caractérisée par une sismicité modérée et soutenue dans le temps (Larroque *et al.,* 2020 (64), Ritz *et al.,* 2020 (65)) avec des taux de déformation deux à trois ordres de grandeur supérieur à celui qui règne sur le Bassin parisien oriental (Tesauro *et al.,* 2006 (66)). Aussi le séisme du Teil s'est produit sur la faille de la Rouvière (Ritz *et al.,* 2020 (65)) qui appartient au système de failles bien connu des Cévennes. Certains segments de ce système de failles étaient suspectés d'une activité quaternaire non négligeable et étaient de fait considéré comme potentiellement actif par exemple la faille active de Marsanne localisée 2 km plus à l'est de celle de la Rouvière (base de données NEOPAL[12], base BDFA[13]).

De telles conditions sismotectoniques ne se retrouvent pas en partie orientale du Bassin parisien en termes de taux de déformation et d'activité sismique, et sur l'aire d'étude éloignée en termes d'activités anthropiques (absence de toute excavation à l'aplomb, voire même au voisinage immédiat des failles qui encadrent l'aire d'étude éloignée) ; ces deux conditions excluent de fait le déclenchement d'un tel séisme sur les failles du fossé de Gondrecourt par exemple.

[12] http://www.neopal.net

[13] https://bdfa.irsn.fr

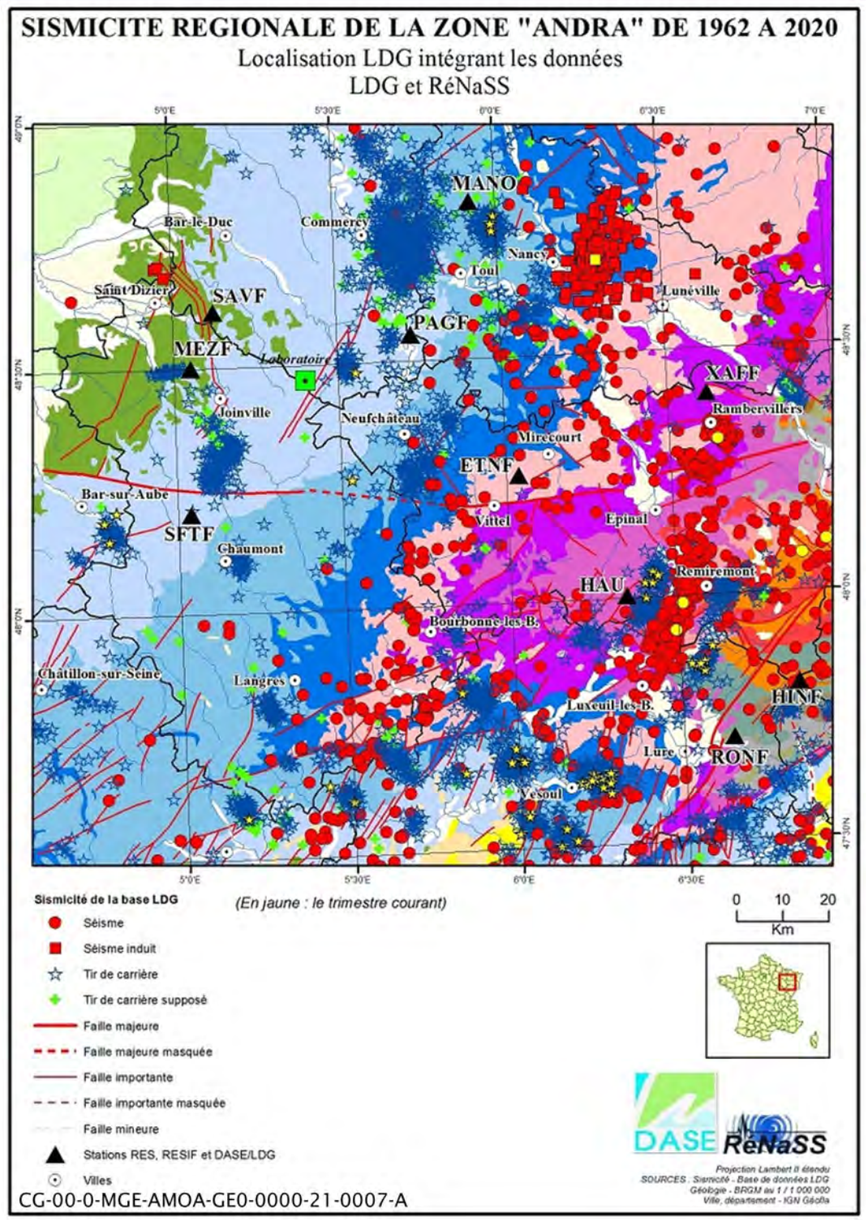


Figure 4-19 Carte de la sismicité totale (naturelle, induite et tirs de carrière) de 1962 à 2020

4.8 Synthèse concernant le sous-sol

- **Tectonique**

Le projet global Cigéo s'implante à l'est du Bassin parisien qui est une zone remarquablement stable.

Trois secteurs de failles, inactives depuis *a minima* deux millions d'années et probablement 25 millions d'années, sont présents dans l'aire d'étude rapprochée du projet global Cigéo à proximité des opérations d'alimentation électrique, d'adduction d'eau et de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 :

- les failles de socle de la Marne de direction nord-nord-ouest/sud-sud-est et les failles de couverture du fossé de Joinville de direction nord-est/sud-ouest ;
- le faisceau « en queue de cheval » de failles de moyenne dimension de direction nord-ouest/sud-est formant la prolongation vers le sud du réseau de failles de la Marne et formant la zone dite de « fracturation diffuse » en bordure occidentale de la zone de transposition (ZT) ;
- les failles de couverture du fossé de Gondrecourt-le-Château de direction nord-est/sud-ouest.

Au cœur de cette aire d'étude rapprochée, la zone de transposition où vient s'implanter le centre de stockage Cigéo est exempte de faille détectable.

- **Stratigraphie**

Le projet global Cigéo se situe sur la bordure orientale du Bassin parisien, constitué d'une alternance de formations sédimentaires à dominante argileuse et calcaire déposées entre 250 millions et 135 millions d'années.

Le linéaire de la ligne 400 kV Houdreville – Méry, traverse les formations géologiques qui constituent les bordures extérieures du Bassin parisien. D'est en ouest, sont retrouvées : les formations du Lias plutôt marneuses, celles du calcaire du Dogger, celles du Jurassique supérieur puis celles plus tendres du Crétacé.

Les formations géologiques présentes dans le sous-sol de l'aire d'étude éloignée sont, des plus récentes en surface aux plus anciennes en profondeur :

- les formations quaternaires, principalement dans la vallée de l'Ornain ;
- la formation du Jurassique terminal et du Crétacé indifférencié (partie inférieure de la formation du Valanginien) sur quelques points hauts ;
- les Calcaires du Barrois d'une quarantaine de mètres d'épaisseur autour du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne et présentant une karstification diffuse dans cette même zone ;
- les Marnes du Kimméridgien sur environ 110 mètres d'épaisseur sous la zone puits ;
- l'Oxfordien carbonaté sur près de 280 mètres d'épaisseur autour du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne ;
- le Callovo-Oxfordien entre 443 mètres et 594 mètres de profondeur sous la zone puits. Cette couche à dominante argileuse est homogène latéralement sur 350 km² ; l'agencement de sa structure minérale lui offre une très faible perméabilité et les minéraux argileux lui confèrent une forte capacité de rétention des éléments radioactifs, ce qui notamment conduit à la sélectionner pour l'implantation de l'installation souterraine du stockage ;
- les Calcaires du Dogger de plus de 200 mètres d'épaisseur.

Ces formations présentent une inclinaison générale vers le centre du Bassin parisien soit un pendage d'environ 1,5° vers le nord-ouest. Les strates calcaires sont le lieu de circulations d'eau.

- **Caractéristiques radiologiques**

Les éléments radioactifs présents dans les formations géologiques du sous-sol sont exclusivement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité sont faibles et sont du niveau attendu dans ces types de formations géologiques. Le niveau de radioactivité naturelle mesurée sur l'eau dégazée du Callovo-Oxfordien est faible (environ 1 Bq/L).

- **Ressources naturelles du sous-sol**

Aucun gisement particulier ou exceptionnel de ressources naturelles qu'il s'agisse de matériaux de carrière, de minerais, d'hydrocarbures ou de géothermie, n'est présent dans l'aire d'étude éloignée.

- **Risques naturels liés à la géologie**

Quelques cavités naturelles sont identifiées à proximité du tracé, particulièrement à Troisfontaines-la-Ville (dép. 52).

La ligne 400 kV Houdreville – Méry traverse deux grandes zones présentant un aléa fort de retrait-gonflement des argiles : la région du Saintois et celle du Pays du Der. Très ponctuellement, certains secteurs sont caractérisés par des aléas forts de retrait-gonflement des argiles.

Le principal risque naturel lié à la géologie répertoriée dans l'aire d'étude immédiate est celui d'effondrement des cavités karstiques dans les calcaires du Barrois et il est qualifié de faible.

Les affleurements d'argile font l'objet d'un aléa de retrait et gonflement des argiles. Il est faible sur la butte du Chaufour et le bois Lejuc et il est moyen dans certaines vallées : l'Orge, l'Ornain et ses affluents dont l'Ormançon.

L'ensemble de l'aire d'étude éloignée et de l'aire d'étude spécifique de la ligne électrique 400 kV est localisé en zone de sismicité 1 c'est-à-dire présentant une activité sismique qualifiée de « très faible ». Il est exclu toute variation de la tectonique à l'origine du déclenchement de séismes sur les failles avoisinantes.

Malgré une activité sismique très faible, voire inexistante, un suivi de la sismicité est mené depuis 2001 afin de disposer de données précises sur la sismicité.

Enjeu

L'aire d'étude rapprochée présente une grande stabilité tectonique et stratigraphique. Les caractéristiques du Callovo-Oxfordien sont performantes pour la rétention des éléments radioactifs. L'aire d'étude rapprochée n'est pas le lieu de risques naturels d'ampleur. Elle ne renferme pas de ressource géologique particulière ou exceptionnelle.

Enjeu faible

5

Eaux – État initial

5.1	Aires d'étude	106
5.2	Outils de planification et de réglementation de la gestion des eaux	108
5.3	Eaux souterraines	113
5.4	Eaux superficielles	158

Pour étudier le stockage en couche géologique profonde et concevoir le centre de stockage Cigéo, l'Andra mène, en complément des recherches et expérimentations présentées dans le chapitre relatif à la thématique géologie (cf. Chapitre 4 du présent volume), diverses études regroupées sous le terme générique d'études hydrologiques avec des études sur l'hydrologie de surface, et l'hydrogéologie des formations rencontrées.

Le présent chapitre s'attache à présenter les éléments clefs de connaissance de l'état initial des eaux, nécessaires à l'analyse des incidences prévisibles du projet sur l'environnement et la santé humaine.

HYDROLOGIE

L'**hydrologie** (67) (du grec « *hýdōr* », eau et « *lógos* », étude) est une discipline scientifique dont l'objet est de s'intéresser à tous les aspects du cycle de l'eau. L'hydrologue contribue à la connaissance et gestion des ressources en eau et à leur durabilité en rapport avec les bassins versants environnementaux.

L'hydrologie se subdivise classiquement :

- **l'hydrologie de surface** étudiant le ruissellement, les phénomènes d'érosion, les écoulements des cours d'eau et les inondations ;
- **l'hydrologie de subsurface** ou hydrologie de la zone non-saturée étudiant les processus d'infiltration, de flux d'eau et de transport de polluants au travers de la zone non saturée. Cette zone a une importance fondamentale car elle constitue l'interface entre les eaux de surfaces et de profondeur ;
- l'hydrologie souterraine ou **hydrogéologie** portant sur les ressources en eau du sous-sol, leur captage, leur protection et leur renouvellement ;
- **l'hydrologie urbaine** constituant un « sous-cycle » de l'eau lié à l'activité humaine : production et distribution de l'eau potable, collecte et épuration des eaux usées et pluviales.

Bien que ces domaines soient intrinsèquement liés les uns aux autres, il est utile de distinguer ces différents aspects de l'hydrologie car les phénomènes physiques en jeu diffèrent grandement entre eux, ce qui implique des échelles de temps distinctes de plusieurs ordres de grandeur.

Afin de faciliter l'évaluation de l'état initial de l'environnement pour la thématique eau, quatre parties distinctes sont proposées :

- la présentation des aires d'étude (cf. Chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** du présent volume) ;
- la présentation des outils de planification de la gestion des eaux (cf. Chapitre 5.2 du présent volume) ;
- la présentation des eaux souterraines (cf. Chapitre 5.3 du présent volume) ;
- la présentation des eaux superficielles (cf. Chapitre 5.4 du présent volume).

5.1 Aires d'étude

Trois aires d'étude sont utilisées pour décrire l'état initial pour la thématique eau. Elles sont présentées dans le tableau 5-1 et illustrées sur la figure 5-1.

Les interrelations entre les masses d'eau souterraines et les masses d'eau superficielles justifient la prise en compte d'une aire d'étude commune pour l'étude des deux milieux.

Les masses d'eau sont étudiées sur une aire d'étude éloignée s'étendant sur les départements de la Meuse et de la Haute-Marne (en dehors de la ligne 400 kV). Au vu de l'ensemble des connaissances disponibles (acquises par l'Andra ou disponibles dans les bases de données publiques), au-delà de cette aire d'étude éloignée, les eaux superficielles et les eaux souterraines ne sont pas susceptibles d'être affectées par le projet global Cigéo.

Compte tenu de sa longueur (124 km), la ligne 400 kV ne figure pas entièrement sur la figure 5-1 mais elle est représentée sur figure 1-1 dans le chapitre 1.3 du présent volume.

Les unités hydrologiques incluses dans l'aire d'étude éloignée font l'objet d'une présentation générale, exception faite des plans d'eau étudiés au niveau de l'aire d'étude rapprochée. La présentation est approfondie pour les cours d'eau situés dans l'aire d'étude immédiate et directement concernés par le projet global Cigéo (caractéristiques hydrauliques, usages). Il en est de même pour les eaux souterraines décrites de manière générale au niveau de l'aire d'étude éloignée, puis plus en détails pour les masses d'eau directement concernées par le projet global Cigéo.

L'opération d'alimentation électrique au niveau de la ligne 400 kV concerne les masses d'eau des départements de l'Aube, de la Haute-Marne, de la Meuse et de la Meurthe-et-Moselle. L'analyse des masses d'eau concernées par le projet de sécurisation de ligne 400 kV est présentée dans une unique aire de 500 mètres de part et d'autre de la ligne et de manière plus générale que pour le projet global Cigéo.

La méthodologie retenue pour délimiter les aires d'étude du projet global Cigéo figure dans le chapitre 1.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

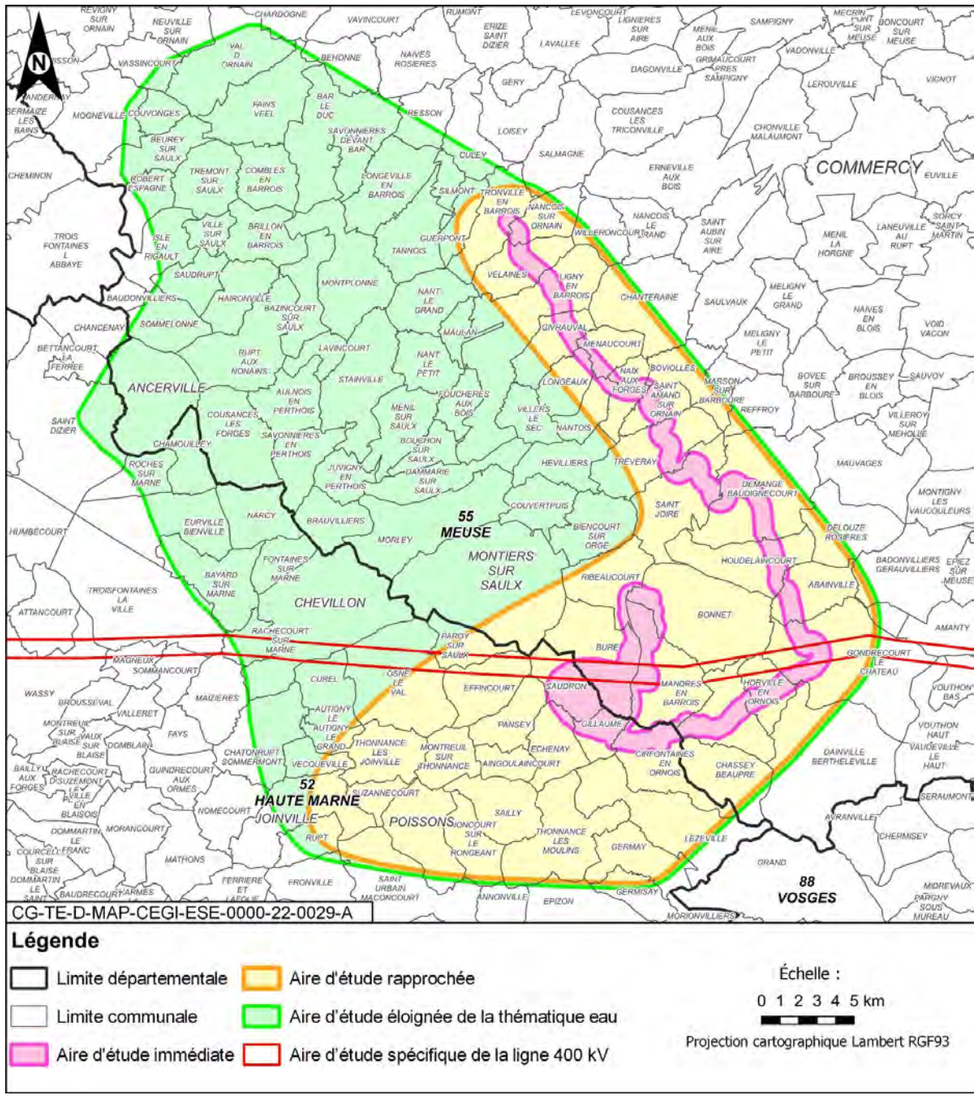


Figure 5-1 Aires d'étude pour la thématique eau

Tableau 5-1 Définition des aires d'étude utilisées pour caractériser l'eau

Aire d'étude	Description	Particularité sur la thématique de l'eau
Immédiate	Aire d'étude du projet global Cigéo centrée sur l'emprise envisagée pour les installations du projet global Cigéo dont l'implantation est arrêtée, augmentée d'une zone de 500 mètres de part et d'autre. Elle inclut le périmètre opérationnel en phase travaux et en phase de fonctionnement.	Cette aire d'étude correspond à la zone susceptible d'être affectée par les effets directs induits par les ouvrages et installations ainsi que par les perturbations liées aux travaux et activités dans la zone d'intervention potentielle et à sa proximité immédiate.
Rapprochée	Aire d'étude du projet global Cigéo incluant les communes d'implantation des infrastructures de surface du projet global Cigéo et des trois captages participant à l'adduction en eau du centre de stockage Cigéo avec leurs périmètres de protection associés.	Cette aire d'étude permet de prendre en compte tous les périmètres de protection des trois points de captage nécessaires à l'opération d'adduction d'eau et les plans d'eau présents autour du projet global Cigéo.
Éloignée	Aire d'étude du projet global Cigéo qui s'étend sur une superficie d'environ 1 500 km². Cette aire est délimitée : Annexe 1 : au nord et au nord-ouest par l'extension des traçages déjà réalisés dans le secteur ; Annexe 2 : au sud par la tête des bassins versant de la Saulx ; Annexe 3 : au nord et à l'est par l'Ornain (longée par la ligne ferroviaire 027000) en considérant les bassins versants interceptés jusqu'à une distance moyenne en amont du point de franchissement du cours d'eau par la ligne ferroviaire de 1 km ; Annexe 4 : à l'ouest par la limite du bassin versant de la Marne.	Cette aire permet l'étude des conditions météorologiques locales grâce aux données acquises à la station d'Houdelaincourt et mises en perspectives par les données de la station plus ancienne de Saint-Dizier. Elle permet aussi la caractérisation des sols et du sous-sols indispensable à la sûreté de l'installation et à la connaissance des systèmes hydrauliques et hydrogéologiques en interrelation. Cette aire inclut l'opération d'adduction d'eau potable pour laquelle il est nécessaire de vérifier, dans le cadre des recherches futures de variantes les terrains à éviter. Cette aire tient compte : Annexe 5 : de la zone de transposition où la géologie garantit la sureté de l'installation de stockage souterrain ; Annexe 6 : des relations entre les eaux de surface et les eaux souterraines dans les secteurs karstiques en incluant les secteurs de pertes dans les cours d'eau locaux et les zones de résurgences associées, y compris d'un cours d'eau vers un autre (de l'Ornain vers la Saulx, de la Saulx vers la Marne) ; Annexe 7 : des usages déclarés de l'eau et des sens d'écoulement des masses d'eau de surface ou souterraine associées. L'ensemble des connaissances disponibles à ce jour permettent de tracer une enveloppe de l'aire d'influence hydraulique potentielle des installations de surface, en prenant comme référence les directions d'écoulements ainsi que les exutoires naturels identifiés par des traçages artificiels.
Ligne 400 kV	Aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV qui s'étend sur 500 mètres de part et d'autre de la portion de ligne 124 km concernée par les travaux de sécurisation.	

5.2 Outils de planification et de réglementation de la gestion des eaux

5.2.1 Directive-cadre européenne sur l'eau (DCE)

Adoptée en 2000 par le Conseil et par le Parlement européen, la DCE définit un cadre communautaire pour la gestion et la protection des eaux sur le plan européen en vue d'une meilleure gestion des milieux aquatiques et joue un rôle stratégique et fondateur en matière de politique de l'eau. Elle fixe en effet des objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines.

En lien avec la directive cadre sur l'eau (DCE) 2000/60/CE (68), l'article R. 212-12 du code de l'environnement définit l'état quantitatif d'une eau souterraine. Celui-ci est « *considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, compte tenu de la nécessaire alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes en application du principe de gestion équilibrée énoncé à l'article L. 211-1 du code de l'environnement* ».

La directive cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE) (68) et sa directive fille 2006/118/CE (69) pour l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine définissent l'état qualitatif des eaux souterraines comme « bon » lorsque à la fois :

- les concentrations en polluants dues aux activités humaines ne dépassent pas les normes définies ;
- ces concentrations n'empêchent pas d'atteindre les objectifs fixés pour les eaux de surface ou écosystèmes terrestres associés ;
- il n'est constaté aucune intrusion d'eau salée (ou autre eau polluée) due aux activités humaines.

Les paramètres et valeurs seuils sont fixés par l'arrêté du 17 décembre 2008 (70) (cf. Chapitre 5.1.1 du volume VII de la présente étude d'impact) et mis en application par le guide technique d'évaluation de l'état des eaux souterraines (71).

La directive cadre sur l'eau transposée en droit français par loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 (72), définit le « bon état » d'une masse d'eau[14] de surface lorsque l'état écologique et l'état chimique de celle-ci sont au moins « bons » (cf. Chapitre 5.4.4 du présent volume de l'étude d'impact).

Ces seuils sont reportés dans le volume VII en annexe de la présente étude d'impact. Les stations de suivi de l'OPE sont représentées sur la figure 5-9.

Les objectifs d'atteinte de bon état sont précisés localement dans les SDAGE (cf. Chapitre 5.2.2 du présent volume) pour chaque masse d'eau. Les agences de l'eau réalisent tous les six ans des états des lieux de ces masses d'eau afin de vérifier l'atteinte ou non de ces objectifs.

» BON ÉTAT

Au sens de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) (68), le bon état d'une eau souterraine est l'état atteint par une masse d'eau souterraine lorsque son état quantitatif et son état chimique sont au moins qualifiés de « bons ».

[14] Masse d'eau : définie dans l'inventaire national rapporté à la Commission européenne pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) (68). Une masse d'eau est un volume distinct d'eau (superficielle ou souterraine), constituant le découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE. Elle permet de définir les objectifs environnementaux, d'évaluer l'état des milieux et ultérieurement de vérifier l'atteinte de ces objectifs.

5.2.2 Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

5.2.2.1 Références réglementaires

» SCHÉMA DIRECTEUR D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SDAGE)

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) est un document de planification qui fixe, pour une période de six ans, « *les objectifs (…) et les orientations permettant de satisfaire aux principes prévus au L. 211-1 et L. 430-1 du code de l'environnement* » (article L. 212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de la Seine et les cours d'eau côtiers normands.

Ces principes ont pour objet « *une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ; cette gestion prend en compte les adaptations nécessaires au changement climatique* » (article L. 211-1 du code de l'environnement) et « *la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole* » (article L. 430-1 du code de l'environnement).

À ce titre, chacun des 11 SDAGEs définis pour chaque bassin de la France métropolitaine et d'outre-mer a vocation à guider les choix de tous les acteurs du bassin dont les activités ou les aménagements ont une incidence sur la ressource en eau (cf. Figure 5-2). Les acteurs publics (État, collectivités, établissements publics) ont un rôle crucial à assumer. Ils doivent assurer la cohérence ou la compatibilité entre leurs décisions et documents et les éléments pertinents du SDAGE.

Dans cette optique, le législateur a donné une valeur juridique particulière au SDAGE en lien avec les décisions administratives du domaine de l'eau et les documents d'aménagement du territoire. Ainsi :

- les « *programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux* » (article L. 212-1 point XI du code de l'environnement) ;
- les schémas de cohérence territoriale (SCoT), les schémas de secteur et, en l'absence de SCoT, les plans locaux d'urbanisme (PLU) et les cartes communales doivent être compatibles ou rendus compatibles dans un délai de trois ans avec « *Les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux définis par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux* » (article L. 111-1-1 du code de l'urbanisme) ;
- les schémas des carrières doivent être compatibles ou rendus compatibles « *dans un délai de trois ans avec les dispositions des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux et des schémas d'aménagement et de gestion des eaux, s'ils existent* » (article L. 515-3 du code de l'environnement) ;
- les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) doivent être compatibles ou rendus compatibles « *avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux prévu à l'article L. 212-1 dans un délai de trois ans suivant la mise à jour du schéma directeur* » (article L. 212-3 du code de l'environnement) ;
- les objectifs et les règles générales des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires sont « *compatibles avec les objectifs de qualité et de quantité des eaux définis par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux » et prennent en compte « les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau définies à l'article L. 211-1 du code de l'environnement* » (article L. 4251-2 du code général des collectivités territoriales) ;
- les articles R. 593-17 et R. 593-26 du code de l'environnement prévoient également des aspects de compatibilité entre les procédures relatives aux installations nucléaires de base et le SDAGE (au moment de l'analyse préalable des incidences sur l'environnement ainsi que des éventuelles prescriptions portant sur les conditions dans lesquelles ces installations peuvent procéder à des prélèvements d'eau ou à des rejets d'effluents).

Le SDAGE s'impose donc à ces documents et schémas par un lien de « compatibilité ».

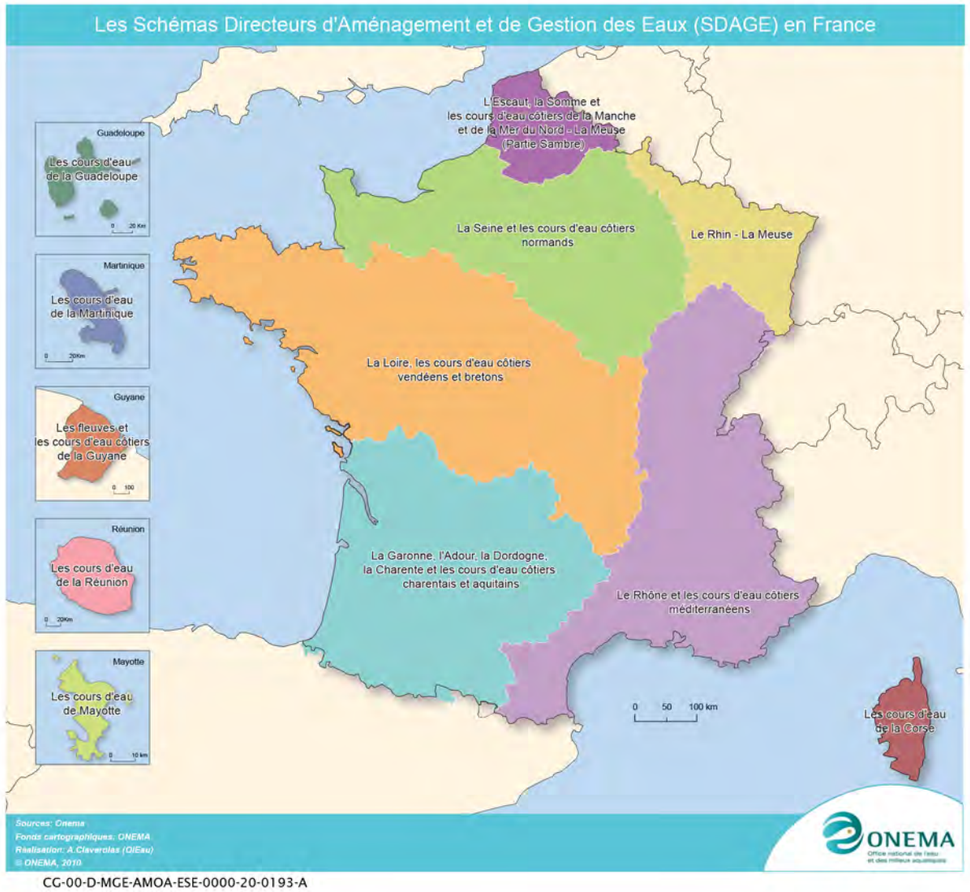


Figure 5-2 Les 11 SDAGEs en France métropolitaine et d'outre-mer (source Gest'eau (73))

5.2.2.2 SDAGE Seine-Normandie applicable pour le projet global Cigéo

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 a été adopté par le comité de bassin du 23 mars 2022 (74). Il définit 124 dispositions réparties dans 28 orientations permettant de répondre aux orientations fondamentales réparties comme suit :

- orientation fondamentale 1 - Pour un territoire vivant et résilient : des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée ;
- orientation fondamentale 2 - Réduire les pollutions diffuses en particulier sur les aires d'alimentation de captages d'eau potable ;
- orientation fondamentale 3 - Pour un territoire sain : réduire les pressions ponctuelles ;
- orientation fondamentale 4 - Pour un territoire préparé : assurer la résilience des territoires et une gestion équilibrée de la ressource en eau face aux changements climatiques ;
- orientation fondamentale 5 - Agir du bassin à la côte pour protéger et restaurer la mer et le littoral.

Le SDAGE est découpé en cinq chapitres, accompagné de sept annexes :

- chapitre 1 : Objet, portée juridique et procédure d'élaboration du SDAGE 2022-2027 ;
- chapitre 2 : Les progrès accomplis depuis le dernier état des lieux ;
- chapitre 3 : Quels projets pour le bassin en 2027 et à plus long terme ? ;
- chapitre 4 : Les objectifs du SDAGE ;
- chapitre 5 : Les orientations fondamentales, orientations et dispositions ;

Les orientations fondamentales (OF) du SDAGE pour une gestion équilibrée de la ressource en eau s'articulent autour de cinq enjeux identifiés à l'échelle du bassin :

- enjeu 1 - pour un territoire sain : réduire les pollutions et préserver la santé :
  - ✓ OF2 : réduire les pollutions diffuses en particulier sur les aires d'alimentation de captages d'eau potable ;
  - ✓ OF3 : pour un territoire sain : réduire les pressions ponctuelles ;
  - ✓ OF5 : protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- enjeu 2 – pour un territoire vivant : faire vivre les rivières, les milieux humides et la biodiversité en lien avec l'eau :
  - ✓ OF1 : pour un territoire vivant et résilient : des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée ;
  - ✓ OF5 : protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- enjeu 3 – pour un territoire préparé : anticiper le changement climatique et gérer les inondations et les sécheresses :
  - ✓ OF4 : pour un territoire préparé : assurer la résilience des territoires et une gestion équilibrée de la ressource en eau face au changement climatique ;
- enjeu 4 – pour un littoral protégé : concilier les activités économiques et la préservation des milieux littoraux et côtiers :
  - ✓ OF5 : protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- enjeu 5 – pour un territoire solidaire : renforcer la gouvernance et les solidarités du bassin :
  - ✓ les cinq OF.

5.2.2.3 SDAGE Rhin-Meuse applicable pour le projet de sécurisation de la ligne 400 kV

La ligne 400 kV est concernée par les SDAGEs Seine-Normandie et Rhin-Meuse. Le SDAGE Seine-Normandie ayant déjà été présenté au chapitre précédent, cette section présente uniquement le SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 (75-78) qui concerne l'extrémité est de la ligne 400 kV après Gondrecourt-le-Château jusqu'à Houdreville.

Cet outil de planification de la gestion de l'eau est adopté par le Comité de bassin Rhin-Meuse et arrêté par la préfète coordinatrice de bassin le 18 mars 2022 (79). Les orientations fondamentales du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 pour une gestion équilibrée de la ressource en eau répondent aux six grands thèmes identifiés à l'issue de l'état des lieux :

- thème 1. Eau et santé ;
- thème 2. Eau et pollution ;
- thème 3. Eau, nature et biodiversité ;
- thème 4. Eau et rareté ;
- thème 5. Eau et aménagement du territoire ;
- thème 6. Eau et gouvernance.

Les mesures territorialisées des programmes de mesures sont regroupées en domaines, dont les priorités sont les suivantes :

- milieux aquatiques ;
- assainissement ;
- industries et artisanat : cibler les efforts grâce à l'inventaire des émissions ;
- agriculture ;
- ressources ;
- pollutions diffuses hors agriculture ;
- gouvernance.

Le SDAGE a été bâti autour des trois fondamentaux suivants :

- s'adapter au changement climatique ;
- penser la fonctionnalité des milieux naturels à l'échelle des territoires ;
- intégrer les évolutions de la décentralisation sur les politiques de l'eau.

5.2.3 Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau

SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SAGE)

D'après le site Gest'eau, le Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) est un outil de planification, institué par la loi sur l'eau de 1992 (80), visant la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau.

Déclinaison du SDAGE à une échelle plus locale, il vise à concilier la satisfaction et le développement des différents usages (eau potable, industrie, agriculture...) et la protection des milieux aquatiques, en tenant compte des spécificités d'un territoire. Délimité selon des critères naturels, il concerne un bassin versant hydrographique ou une nappe. Il repose sur une démarche volontaire de concertation avec les acteurs locaux.

Il est un instrument essentiel de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) (68). À ce titre, 68 SAGE ont été identifiés comme nécessaires par les SDAGE approuvés en 2009 (période 2010-2015) et 62 SAGE ont été identifiés comme nécessaires par les SDAGE approuvés en 2015 (période 2016-2021) pour respecter les orientations fondamentales et les objectifs fixés par la DCE.

Le SAGE est établi par la Commission locale de l'eau (CLE), composée d'élus, d'usagers et des services de l'État. Il est soumis à enquête publique et approuvé par le préfet. Il s'agit d'un outil élaboré par les acteurs locaux et approuvé par l'État.

Tous les documents d'urbanisme doivent être compatibles ou rendus compatibles avec le SAGE.

Il n'existe aucun SAGE sur l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo, ni dans l'aire d'étude de la ligne 400 kV.

Dans le SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et dans le SDAGE 2022-2027 Rhin-Meuse, il n'est pas prévu l'élaboration d'un nouveau SAGE dans l'aire d'étude éloignée et dans l'aire d'étude de la ligne 400 kV.

5.2.4 Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires Grand Est

SCHÉMA RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT, DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET D'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES (SRADDET)

Le Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) est un document de planification qui, à l'échelle régionale, précise la stratégie, les objectifs et les règles fixées par la Région dans plusieurs domaines de l'aménagement du territoire. Il intègre et se substitue aux anciens plans et schémas existants, dont les SRCE.

Le SRADDET de la région Grand Est a été adopté le 22 novembre 2019 et approuvé le 24 janvier 2020 (15). Ainsi, la Région et les territoires qui composent le Grand Est se dotent d'un outil stratégique pour concrétiser une ambition collective et relever les trois défis qui émergent du diagnostic territorial du SRADDET :

- faire région, à toute échelle, renforcer les coopérations ;
- dépasser les frontières pour un rayonnement du Grand Est ;
- réussir les transitions de nos territoires.

Pour la région Grand Est, le SRADDET définit une stratégie d'avenir avec la définition de 30 objectifs déclinés en règles générales à appliquer. Les objectifs relatifs au volet « eau » sont présentés en suivant :

- objectif 6 : protéger et valoriser le patrimoine naturel, la fonctionnalité des milieux et les paysages ;
- objectif 7 : préserver et reconquérir la trame verte et bleue ;
- objectif 10 : améliorer la gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau.

Les principales règles définies afin d'atteindre ces trois objectifs sont les suivantes :

- règle n° 10 : réduire les pollutions diffuses afin de préserver la qualité des eaux servant notamment à la production d'eau potable, définir localement des dispositions concourant à la réduction des pollutions diffuses et ponctuelles de l'eau en cohérence avec les SDAGE ;
- règle n° 11 : réduire les prélèvements d'eau. C'est-à-dire encourager les collectivités à fixer un objectif de réduction des prélèvements d'eau (réutilisation d'eaux pluviales et d'eaux usées traitées, entretien des espaces publics, équipement hydro-économes etc.) et d'amélioration des rendements des réseaux (état des lieux, entretien, renouvellement le cas échéant, etc.) ;
- règle n° 19 : préserver les zones d'expansion des crues en les inscrivant au cœur des projets d'aménagement ;
- règle n° 25 : limiter l'imperméabilisation des sols en définissant les conditions permettant de limiter l'imperméabilisation des surfaces (sur la base de la séquence éviter-réduire-compenser) et de favoriser l'infiltration des eaux pluviales *in situ*, en cohérence avec les conditions d'infiltration locales.

5.2.5 Contrat de milieu

CONTRAT DE MILIEU

Un contrat de milieu est un accord technique et financier entre partenaires concernés pour une gestion globale, concertée et durable à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente : rivière, lac, baie ou nappe d'eau souterraine.

Ce programme d'actions volontaires et concertées sur cinq ans avec engagement financier contractuel (désignation des maîtres d'ouvrage, du mode de financement, des échéances des travaux, etc.) est signé entre les partenaires concernés : préfet(s) de département(s), agence de l'eau et les collectivités locales (conseil départemental, conseil régional, communes, syndicats intercommunaux...).

Il s'agit d'un outil pertinent pour la mise en œuvre des SDAGE et des programmes de mesures pour prendre en compte les objectifs et dispositions de la directive cadre sur l'eau. Il peut être aussi une déclinaison opérationnelle d'un SAGE.

Aucun contrat de milieu de type rivière n'existe au droit de l'aire d'étude rapprochée du projet global Cigéo sur :

- la Marne ou ses affluents (La Saulx, l'Ornain) ;
- la Saulx ou ses affluents ;
- l'Ornain ou ses affluents.

5.2.6 Directive Nitrates

Il existe des arrêtés définissant au titre de la directive nitrates n° 91/676/CEE (81) les listes des communes vulnérables aux pollutions par les nitrates d'origine agricole. Ces listes sont annexées à l'arrêté du préfet coordonnateur de bassin du 4 août 2021 (82) (qui se substitue à ceux du 20 décembre 2012, du 27 avril 2015 et du 2 juillet 2018).

Toutes les communes situées dans l'aire d'étude éloignée de la thématique eau sont concernées par le zonage de vulnérabilité nitrates, hormis les communes de Delouze-Rosières et de Marson-en-Barrois (dép. 55). Parmi elles, celles qui comportent un captage prioritaire ou sensible notamment en raison de la pollution aux nitrates sont :

- en Haute-Marne : Thonnance-lès-Joinville, Bayard-sur-Marne, Échenay ;
- en Meuse : Bonnet, Savonnières-devant-Bar, Combles-en-Barrois, Gondrecourt-le-Château.

Le maintien et le développement de pratiques agricoles favorables à l'environnement et répondant à des enjeux environnementaux identifiés (eau et biodiversité, zones humides, herbe) sont mis en œuvre à travers la démarche de mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC). Trois types de mesures sont possibles :

- des mesures systèmes s'appliquant sur la totalité ou presque de l'exploitation ;
- des mesures localisées, constituées d'engagements pris sur les parcelles où sont localisés les enjeux environnementaux ;
- des mesures de protection des ressources génétiques : protection des races menacées de disparition, préservation des ressources végétales, amélioration du potentiel pollinisateur des abeilles domestiques.

La rémunération des mesures agro-environnementales et climatiques est une compensation des manques à gagner des agriculteurs, qui s'engagent dans cette démarche combinant performance économique et performance environnementale. Les mesures sont souscrites volontairement par les agriculteurs pour une durée de cinq ans.

Un programme est actuellement proposé sur le captage d'Échenay. Son application repose sur l'aire d'alimentation des captages d'Échenay. Les mesures concernent notamment la création et le maintien d'un couvert herbacé, une interdiction de fertilisation azotée et une limitation des apports des herbicides.

5.2.7 Classement des cours d'eau réservoir de biodiversité et corridor

La définition d'un « réservoir biologique » au sens de l'article L. 214-17 du code de l'environnement est donnée à l'article R. 214-108 du même code. Il s'agit de « *cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux qui comprennent une ou plusieurs zones de reproduction ou d'habitat des espèces de phytoplanctons, de macrophytes et de phytobenthos, de faune benthique invertébrée ou d'ichtyofaune, et permettent leur répartition dans un ou plusieurs cours d'eau du bassin versant* ».

La sous-trame des milieux aquatiques et humides dans et à proximité de l'aire d'étude immédiate est principalement constituée par l'Orge, l'Ormançon, l'Ornain et ses affluents. Des éléments plus détaillés sont présents dans le chapitre 6.6.2 de ce présent volume III de l'étude d'impact.

Les cours d'eau réservoir de biodiversité et corridor concernés par l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV sont :

- la Voire au niveau de la commune de Droyes RB_21_2 ;
- la Héronne au niveau des communes de Droyes et de Planrupt RB_20.

5.2.8 Zone de répartition des eaux superficielles et souterraines

Parmi les exigences règlementaires potentielles et relatives aux prélèvements d'eau superficielles se trouve celle des zones de répartition des eaux (ZRE). Ces zones correspondent aux masses d'eau présentant un déséquilibre durable entre la ressource et les besoins en eau et où des arrêtés peuvent être pris en préfecture pour la limitation temporaire des débits d'exploitation autorisés par des captages publics ou privés.

La cartographie des ZRE du site internet SIGES Seine-Normandie (système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie) a été consultée. Les SDAGE des bassins Seine-Normandie et Rhin-Meuse 2022-2027 ont été consultés également. Ces différentes sources indiquent l'absence de zone de répartition des eaux superficielles dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

Les données disponibles sur la base de données Sandre indiquent l'absence de zones de répartition des eaux dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et au droit la ligne 400 kV. La zone de répartition des eaux la plus proche (ZRE n° 03001) se trouve très à l'ouest de l'aire d'étude éloignée. Elle correspond aux eaux souterraines de la nappe de l'Albien et concerne notamment la masse d'eau FRHG218.

Cette absence de zone de répartition des eaux signifie qu'il n'est pas identifié de contrainte d'exploitation des ressources en eau souterraine étudiées pour l'adduction d'eau du centre de stockage Cigéo.

5.2.9 Plan de gestion des risques d'inondation

Le PGRI du bassin Seine-Normandie et le PGRI du bassin Rhin-Meuse (83, 84) sont présentés avec l'ensemble des outils de planification associé aux risques inondation au chapitre 5.4.6.4 du présent volume de l'étude d'impact.

5.2.10 Synthèse concernant les outils de planification de gestion des eaux

Le projet global Cigéo est concerné par deux types d'outils de planification de gestion des eaux en vigueur au droit de l'aire d'étude éloignée et de l'aire spécifique de la ligne 400 kV : les SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands (74) et Rhin Meuse(75-78), et le SRADDET Grand Est (15). Il n'existe aucun SAGE sur l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo, ni au droit de l'aire d'étude spécifique la ligne 400 kV.

Aucun contrat de milieu de type rivière n'existe au droit de l'aire d'étude rapprochée du projet global Cigéo.

Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) applicable au projet global Cigéo

Le projet global Cigéo est concerné par deux SDAGE avec :

- ✓ le SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands adopté par le comité de bassin le 23 mars 2022 (74). Le SDAGE s'articule autour de cinq orientations fondamentales identifiés à l'échelle du bassin afin notamment de réduire les pollutions, de faire vivre les rivières, les milieux humides et la biodiversité en lien avec l'eau, d'anticiper le changement climatique, de concilier les activités économiques et la préservation des milieux littoraux et côtiers et de renforcer la gouvernance et les solidarités du bassin ;
- ✓ le SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 (75-78), adopté par le Comité de bassin Rhin-Meuse et arrêté par la préfète coordinatrice de bassin le 18 mars 2022 (79), au niveau de l'extrémité est de la ligne 400 kV après Gondrecourt-le-Château jusqu'à Houdreville. Le SDAGE s'articule autour de six grands thèmes liés à l'eau : la santé, la pollution, la biodiversité, l'aménagement du territoire et la gouvernance.

Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) du Grand Est

Le SRADDET de la région Grand Est adopté le 22 novembre 2019 et approuvé le 24 janvier 2020 (15) permet à la Région et aux territoires de se doter d'un outil stratégique pour concrétiser une ambition collective et relever les trois défis qui émergent du diagnostic territorial du SRADDET :

- ✓ faire région, à toute échelle, renforcer les coopérations ;
- ✓ dépasser les frontières pour un rayonnement du Grand Est ;
- ✓ réussir les transitions de nos territoires.

Les objectifs relatifs au volet « eau » du SRADDET Grand Est sont :

- ✓ objectif 6 : protéger et valoriser le patrimoine naturel, la fonctionnalité des milieux et les paysages ;
- ✓ objectif 7 : préserver et reconquérir la trame verte et bleue ;
- ✓ objectif 10 : améliorer la gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau.

Ces trois objectifs se déclinent en quatre règles applicables au projet global Cigéo.

En complément, au niveau de l'aire d'étude éloignée, plusieurs communes (six communes en Haute-Marne et deux communes en Meuse) sont concernées par des zonages de vulnérabilité aux nitrates et par un captage vulnérable. Au niveau des communes les plus proches du projet global Cigéo, seul le captage d'Échenay est classé vulnérable selon la directive nitrates et un programme de mesures agro-environnementales et climatiques est déployé sur l'aire d'alimentation du captage. Il n'existe pas de zone de répartition des eaux souterraines dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo ni au niveau de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV. La masse d'eau FRHG218 est néanmoins concernée par la zone de répartition de la nappe de l'Albien (n° 03001).

Six cours d'eau sont identifiés dans l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo comme réservoir de biodiversité et/ou corridor. Deux cours d'eau concernés par l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV sont également identifiés comme réservoir-corridor.

Aucune zone de répartition des eaux (ZRE) ne concerne le projet global Cigéo.

L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV sont concernées par deux plans de gestion des risques inondation.

Enjeu

Le projet global Cigéo s'inscrit dans un territoire comprenant des enjeux forts pour les eaux souterraines et pour les eaux superficielles.

Le respect des cinq orientations fondamentales du SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 applicable sur l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et le respect des six thèmes du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027, applicable pour l'extrémité est de la ligne électrique 400 kV après Gondrecourt-le-Château, sont un enjeu fort pour le projet global Cigéo.

Enfin, le respect des règles définies afin d'atteindre les trois objectifs relatifs au volet eau du SRADDET Grand Est est un enjeu fort pour le projet global Cigéo.

Enjeu fort

5.3 Eaux souterraines

5.3.1 Les « masses d'eaux » souterraines

L'aire d'étude éloignée est caractérisée par une succession de couches géologiques, calcaires, argileuses ou marneuses, qui présentent des propriétés hydrogéologiques contrastées, c'est-à-dire dans lesquelles l'eau souterraine peut circuler plus ou moins facilement.

» MASSE D'EAU SOUTERRAINE

La directive cadre 2000/60/CE sur l'eau (dite « DCE ») (68) introduit la notion de « masses d'eaux souterraines » qu'elle définit comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères ».

Au niveau de l'aire d'étude éloignée, différentes masses d'eau ont été répertoriées. Il s'agit, des plus superficielles aux plus profondes :

- des masses d'eau FRHG302 « Calcaires du Tithonien karstique entre Ornain et limite du district » et FRHG303 « Calcaires du Tithonien karstique entre Seine et Ornain » qui concernent les nappes des Calcaires du Barrois ;
- des masses d'eau FRHG305 « Calcaires kimméridgien-oxfordien karstique nord-est du district (entre Ornain et limite du district) » et FRHG306 « Calcaires Kimméridgien-Oxfordien karstique entre Seine et Ornain » qui concernent les nappes contenues dans les bancs Calcaires du Kimméridgien et dans les Calcaires Oxfordien ;
- de la masse d'eau FRHG312 « Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district » présente sous le Callovo-Oxfordien et concernant la nappe contenue dans la formation du Dogger ;
- de la masse d'eau FRHG215 « Albien-néocomien libre entre Seine et Ornain », à dominante sédimentaire non alluviale, présente dans la partie nord-ouest de l'aire d'étude éloignée.

Chaque masse d'eau est présentée sur la figure 5-3 et fait l'objet d'une description plus détaillée dans le chapitre 5.3.2 du présent volume.

Ainsi, en fonction de l'organisation des couches géologique et de la topographie, on rencontre à l'affleurement au niveau de l'aire d'étude éloignée :

- la masse d'eau FRHG303 qui recouvre la majorité de l'aire d'étude ;
- la masse d'eau FRHG302 qui est présente dans la partie nord-est de l'aire d'étude éloignée au niveau des plateaux en rive droite de l'Ornain ;
- la masse d'eau FRHG305 qui est présente dans la partie nord-est au niveau des fonds de vallées de l'Ornain et de ses affluents ;
- la masse d'eau FRHG306 qui couvre la partie sud-est de l'aire d'étude éloignée et comprend notamment les communes de Gondrecourt-le-Château, Saudron ;
- la masse d'eau FRHG215, qui est présente au nord-ouest de l'aire d'étude éloignée.

Aux cinq masses d'eau listées ci-avant, il faut ajouter les nappes d'accompagnement ou nappes alluviales (FRHG005 et autres masses d'eau non codifiées) développées dans les formations sédimentaires présentes au niveau des vallées des cours d'eau.

Comme l'indique la figure 5-3 toutes les masses d'eau identifiées ne sont pas rencontrées à l'affleurement au niveau des différentes opérations du projet global Cigéo. La masse d'eau FRHG312 « Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district » n'affleure qu'à plusieurs dizaines de kilomètres au sud de l'aire d'étude éloignée.

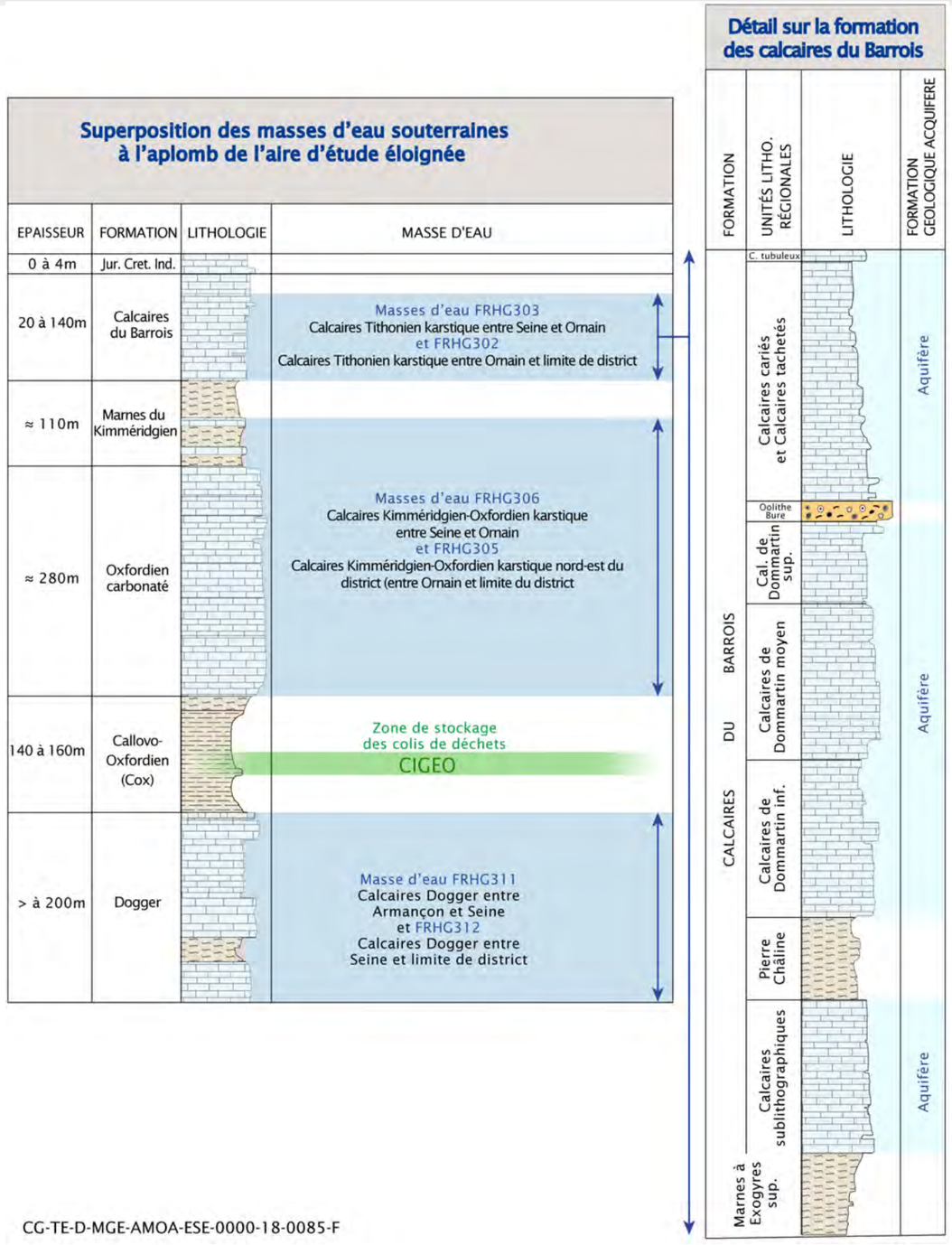


Figure 5-3 Correspondances « masses d'eaux » (DCE) et « aquifères » au droit du centre de stockage Cigéo

S'ajoutent aux masses d'eau de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo, les masses d'eau rencontrées d'est en ouest, au droit de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV :

- la masse d'eau FRHG218 « Albien-néocomien captif », à dominante sédimentaire non alluviale ;
- la masse d'eau FRHG208 « Craie de Champagne sud et centre », de formations crayeuses du Séno-Turonien, qui constitue l'aquifère le plus important de la région Champagne-Ardenne ;
- les masses d'eau, à dominante sédimentaire, FRB1G111 « Calcaires du Dogger versant Meuse sud » et FRCG110 « Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin » qui appartiennent aux Calcaires du Dogger du bassin parisien ;
- la masse d'eau FRB1G113 « Calcaires des côtes de Meuse de l'Oxfordien et du Kimméridgien et argiles du Callovo-Oxfordien », qui appartient aux Calcaires de l'Oxfordien du bassin parisien ;
- la masse d'eau FRB1G115 « Alluvions de la Meuse et de ses affluents » qui appartiennent aux alluvions quaternaires du bassin versant de la Meuse ;
- la masse d'eau FRHG005 « Alluvions du Pertois » qui correspond aux alluvions quaternaires dans la plaine du Perthois (vallée de la Marne et de ses affluents) ;
- la masse d'eau FRCG105 « Grès du Trias inférieur au nord de la faille de Vittel » à dominante sédimentaire, rattachée au district Rhin ;
- la masse d'eau FRCG108 « Domaine du Lias et du Keuper du plateau lorrain versant Rhin », imperméable localement aquifère, rattachée au district Rhin.

Le tableau 5-3 indique la répartition des masses d'eau souterraines concernées par les différentes opérations du projet global Cigéo. Les codes et dénominations des masses d'eau sont indiqués dans le tableau 5-3, relatifs au SDAGE 2022-2027.

Les formations calcaires rencontrées sont fréquemment des « aquifères », c'est-à-dire qu'elles constituent des réservoirs naturels où l'eau souterraine peut circuler « facilement » à la faveur de la porosité ou des fissures de la roche. Il s'agit de milieux « perméables » où se développent des « nappes d'eau ». À l'inverse, les niveaux argileux ou marneux sont des milieux où l'eau circule très peu ou pas et sont qualifiés d'aquitards s'ils sont faiblement perméables et d'aquicludes s'ils sont imperméables.

Les massifs de roches solubles, dans lesquels l'eau a creusé des cavités, sont dits karstiques. La partie superficielle du karst, épaisse de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, s'appelle l'épikarst.

» PERMÉABILITÉ

La perméabilité est un paramètre caractérisant la facilité d'un milieu poreux à transmettre un fluide (eau ou gaz) soumis à un gradient de charge (eau ou gaz). Par défaut, elle s'entend à saturation totale en eau (l'eau occupe la totalité de l'espace poreux) et sa dimension est celle d'une vitesse. Dans la nature, sa variabilité et très étendue depuis 10^{-2} $m.s^{-1}$ pour les milieux très perméables jusqu'à moins de 10^{-14} $m.s^{-1}$ pour les milieux les plus imperméables.

En hydrogéologie on définit classiquement trois classes de milieu en fonction de la perméabilité : les aquifères, perméables, les aquitards, peu perméables (ou semi-perméables) et les aquicludes, imperméables.

Ces notions sont reprises et résumées dans le tableau 5-2.

Selon leur nature et leur condition de gisement (profondeur, présence ou non d'un horizon de recouvrement) les nappes peuvent être libres, captives ou semi-captives.

Tableau 5-2 Échelle et signification des perméabilités des roches

Perméabilité ($m.s^{-1}$)	10^{-2}	10^{-5}	10^{-8}
Typologie (classe)	Aquifère (perméable)	Aquitard (semi-perméable)	Aquiclude (imperméable)

Tableau 5-3 Répartition des masses d'eau souterraines concernées par le projet global Cigéo par opération

BV	Masses d'eaux souterraines	Opération du centre de stockage Cigéo – Andra	Opération d'alimentation électrique - RTE		Opération d'adduction d'eau – Syndicats d'eau	Opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 – SNCF Réseau	Opération de la déviation de la route départementale D60/960
	Codes et dénominations SDAGE 2022-2027		Poste de transformation et liaisons électriques souterraines	Ligne 400 kV			
Seine-Normandie	FRHG303 Calcaires tithonien karstique entre Seine et Ornain (Calcaires du Barrois)	Zone puits Zone descenderie Liaison intersites	Postes de transformation électrique (toutes options comprises) Faisceau des liaisons électriques enterré Ligne 400 kV	Sécurisation de la ligne	Adduction d'eau (captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay) Potentiellement : Adduction d'eau (captage de Gondrecourt-le-Château)	Ligne ferroviaire 027000 (partie centrale)	Déviation de la route départementale D60/960 pour les trois options
	FRHG302 Calcaires tithonien karstique entre Ornain et limite du district (Calcaires du Barrois)	/	/	/	/	Potentiellement Ligne ferroviaire 027000 (partie nord)	/
	FRHG306 Calcaires kimmeridgien-oxfordien karstique entre Seine et Ornain	Installation terminale embranchée	/	Sécurisation de la ligne	Adduction d'eau (captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay) Potentiellement : Adduction d'eau (captage de Gondrecourt-le-Château)	Ligne ferroviaire 027000 (partie sud)	Potentiellement la déviation de la route départementale D60/960 pour l'option sud
	FRHG305 Calcaires kimmeridgien-oxfordien karstique nord-est du district (entre Ornain et limite de district)	/	/	/	/	Ligne ferroviaire 027000 (partie nord)	/
	FRHG312 Calcaires Dogger entre Seine et limite de district **ancienne masse d'eau FRHG310* (cf. Figure 5-3)	Zone puits Zone descenderie Liaison intersites	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRHG215 Albien-néocomien libre entre Seine et Ornain	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRHG218 Albien-néocomien captif	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRHG208 Craie de Champagne sud et centre	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRHG0055 Alluvions du Perthois	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
Rhin-Meuse	FRB1G111 Calcaires du Dogger versant Meuse sud	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRCG110 Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRB1G113 Calcaires des côtes de Meuse de l'Oxfordien et du Kimméridgien et argiles du Callovo-Oxfordien	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/

BV	Masses d'eaux souterraines	Opération du centre de stockage Cigéo – Andra	Opération d'alimentation électrique - RTE		Opération d'adduction d'eau – Syndicats d'eau	Opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 – SNCF Réseau	Opération de la déviation de la route départementale D60/960
	Codes et dénominations SDAGE 2022-2027		Poste de transformation et liaisons électriques souterraines	Ligne 400 kV			
	FRB1G115 Alluvions de la Meuse et de ses affluents	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	Nappe d'accompagnement non codifiée	Installation terminale embranchée	/	Sécurisation de la ligne	/	Ligne ferroviaire 027000	Déviation de la route départementale D60/960 pour les options nord et sud
	FRCG105 Grès du Trias inférieur au nord de la faille de Vittel	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	FRCG108 Domaine du Lias et du Keuper du plateau lorrain versant Rhin	/	/	Sécurisation de la ligne	/	/	/
	Total des masses d'eau souterraine par opération du projet global Cigéo	**4**	**1**	**14**	**2**	**5**	**3**

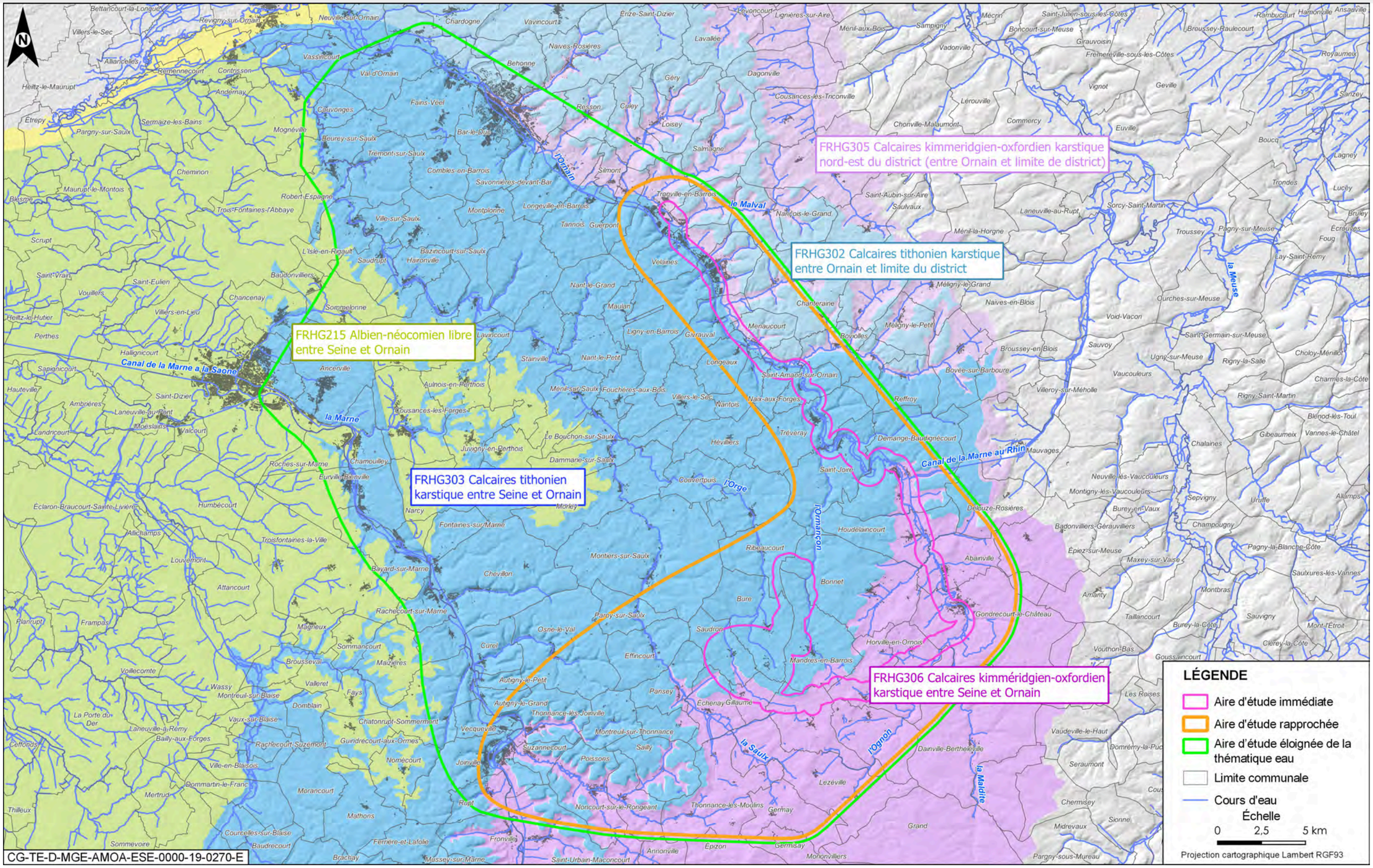


Figure 5-4 Masses d'eau souterraine rencontrées à l'affleurement sur l'aire d'étude éloignée

5.3.2 Les aquifères

Une description détaillée des différents aquifères rencontrés est présentée dans les chapitres suivants. Les aquifères des chapitres 5.3.2.1 à 5.3.2.4 du présent volume concernent le projet global Cigéo. Le chapitre 5.3.2.5 du présent volume présente les aquifères qui ne concernent que la ligne 400 kV.

5.3.2.1 Aquifères des Calcaires du Barrois (masses d'eau n° FRHG303 « Calcaires tithonien karstique entre Seine et Ornain » et n° FRHG302 « Calcaires tithonien karstique entre Ornain et limite du district »)

Les aquifères des Calcaires du Barrois (Tithonien) sont rattachés à deux masses d'eaux souterraines :

- **FRHG303** : cette masse d'eau est la première rencontrée au droit des installations de surface du centre de stockage Cigéo et se voit traversée par les liaisons surface-fond. Cette masse d'eau est également la première rencontrée au droit de la liaison intersites, de l'alimentation électrique, sur une partie des tracés d'alimentation d'eau, de la déviation de la route départementale D60/960 et de la ligne ferroviaire 027000 ;
- **FRHG302** : cette masse d'eau présente à l'affleurement sur les plateaux surplombant la vallée de l'Ornain dans la partie nord-est de l'aire d'étude éloignée est potentiellement rencontrée au niveau de la ligne ferroviaire 027000.

5.3.2.1.1 Description des aquifères

Comme indiqué dans le chapitre 4.3 du présent volume, relatif à la description du contexte géologique, les Calcaires du Barrois correspondent à la première formation rencontrée dans la zone d'implantation du centre de stockage Cigéo. À l'échelle de l'aire d'étude éloignée où toute la série du Barrois est présente trois niveaux aquifères se distinguent :

- aquifère des Calcaires cariés et tachetés

  Les calcaires cariés et tachetés constituent un ensemble aquifère formé de petits oolithes argileux, plus tendres que l'oolithe de Bure et de calcaires résistants tubulés, riches en Exogyres, mais cariés à l'affleurement sur une profondeur de 34 mètres ;

- aquifère des Calcaires de Dommartin

  C'est un aquifère à caractère karstique et fissuré, donc discontinu. Le karst et la fissuration se développent à des échelles variables et confèrent à cet aquifère une grande hétérogénéité d'ensemble avec une matrice calcaire peu perméable (de l'ordre de 10^{-7} m.s^{-1} à 10^{-6} m.s^{-1}) entrecoupée de chenaux karstiques et de réseaux de fractures à forte perméabilité. Au droit de la zone d'implantation du centre de stockage Cigéo la nappe contenue dans cette formation est libre ;

- aquifère des Calcaires sublithographiques

  Ces calcaires présentent une certaine variabilité hydrogéologique selon les conditions de gisement. Quand la formation est affleurante ou sous faible recouvrement elle est le siège de phénomènes épikarstiques caractérisés par la présence d'un réseau de fractures et de cavités. Cet épikarst forme une structure aquifère hétérogène et perméable (de l'ordre de 10^{-3} m.s^{-1}) qui reçoit et stocke temporairement les eaux d'infiltration avant qu'elles ne soient drainées en profondeur ou par un cours d'eau.

  À l'inverse, quand les calcaires sont sous recouvrement, notamment de la Pierre Châline, la fracturation est peu développée et la perméabilité faible (10^{-6} m.s^{-1} à 10^{-5} m.s^{-1}). La nappe est alors captive à semi-captive ;

Ces aquifères sont séparés deux à deux par des niveaux semi-perméables voire imperméables :

- les Oolithes de Bure qui s'intercalent entre les Calcaires Cariés et les Calcaires de Dommartin ;
- la pierre Châline qui s'intercalent entre les calacaires de Dommartin et les Calcaires sublithographiques. Cette formation marneuse de 12 mètres d'épaisseur a une perméabilité d'environ 10^{-9} m.s^{-1}, soit 1 000 000 à 10 000 fois plus faible que dans les niveaux qualifiés d'aquifères.

Ce schéma hydrogéologique d'ensemble est résumé sur la figure 5-3. À l'échelle de la zone d'implantation du centre de stockage Cigéo la série est érodée et seuls les aquifères des Calcaires de Dommartin et des Calcaires sublithographiques sont représentés.

Ces nappes font l'objet d'un suivi du point de vue piézométrique. De nombreux forages ont d'ores et déjà été réalisés par l'Andra en Meuse et Haute-Marne lors de différentes campagnes de reconnaissance réalisées. Ces campagnes avaient comme but d'approfondir les connaissances hydrogéologiques fines des différentes masses d'eau rencontrées à l'aplomb du centre de stockage Cigéo.

Les circulations d'eau dans ces niveaux sont très liées à la nature des terrains (lithologie) et à l'altération des roches carbonatées se manifestant par des phénomènes de fracturation et de karstification des roches (réseau plus ou moins connecté de conduits de dissolution de la roche formant des zones de circulation préférentielle).

Lorsque des phénomènes karstiques sont présents sous forme de réseaux de galeries connectées, les vitesses d'écoulement de l'eau peuvent être localement importantes (très perméable à perméable, de 10^{-1} m.s^{-1} à 10^{-3} m.s^{-1}).

5.3.2.1.2 Fonctionnement et comportement des nappes

Le schéma général de fonctionnement de l'aquifère du Barrois est illustré par les deux coupes type de la figure 5-5 passant par le ZIRA.

De manière générale, l'écoulement des nappes est contrôlé par trois principaux facteurs : le pendage des couches géologique, les axes de drainages naturels (fracturation, cours d'eau) et la topographie. Dans le secteur d'implantation des liaisons entre les installations de surface et les ouvrages souterrains de stockage de Cigéo, l'écoulement des nappes du Barrois est globalement orienté vers le nord/nord-ouest (cf. Figure 5-6).

Cette nappe subit au cours de l'année de fortes variations de niveau (cote piézométrique). L'alimentation de la nappe se fait de deux façons :

- lorsque l'aquifère est affleurant : l'alimentation se fait directement par les infiltrations des eaux de pluie, au travers de terrains de surface altérés, karstifiés et de ce fait très perméables. Le suivi des piézomètres mis en place dans le cadre de la surveillance du Laboratoire souterrain montre ainsi des variations annuelles de la cote piézométrique moyenne de trois mètres à cinq mètres entre les périodes estivales et hivernales. Lors de pluies importantes (pluie journalière de plus de 20 mm) des fluctuations du niveau de la nappe sont enregistrées à très court terme (quelques jours) et peuvent atteindre six mètres sous forme de pic ;
- lorsque l'aquifère est sous couverture : en s'éloignant vers le nord, pour les Calcaires sublithographiques qui s'enfoncent sous les Calcaires de Dommartin et le niveau imperméable de la Pierre Châline, l'alimentation se fait latéralement soit par les écoulements venant du sud (de la zone affleurante dite de recharge), soit par des infiltrations lentes verticales. Les variations annuelles des niveaux piézométriques sont perceptibles mais l'influence des pics de pluies journalières s'estompe.

En période de basses ou de hautes eaux, les directions générales d'écoulement ne sont pas modifiées.

Par ailleurs, les côtes topographiques des cours d'eau de l'Orge et de l'Ormançon, ainsi que les résultats des différents traçages disponibles, indiquent qu'il pourrait exister localement, notamment au nord de Bure dans la zone d'implantation des ouvrages souterrains, des écoulements souterrains de l'Ormançon vers l'Orge.

Plus au nord, dans la vallée de l'Orge et de la Saulx, les traçages montrent la présence d'écoulements vers la vallée de la Marne à l'ouest et vers des sources plus en aval dans la vallée de la Saulx (sources de Rupt-aux-Nonains, Haironville, Bazincourt-sur-Saulx) ou plus au nord, vers Bar-le-Duc et Fains-les-Sources.

La direction générale d'écoulement est également dictée par la direction d'écoulement des cours d'eau en surface qui viennent localement drainer cette nappe. Le régime hydrologique des cours d'eau présents sur l'aire d'étude éloignée, est très lié au niveau de la nappe (ou niveau piézométrique), créant des zones de pertes lorsque le niveau de la nappe est en-dessous du niveau du sol, sous les cours d'eau et des zones de gain et de ruissellement lorsque la nappe est affleurante au niveau des cours d'eau.

La nappe des Calcaires du Barrois est donc drainée à la fois par :

- les vallées des cours d'eau (Saulx, Orge, Ormançon) qui incisent l'aquifère des Calcaires du Barrois ;
- les sources de débordement ou des écoulements hypodermiques localisés dans la frange d'altération de la formation calcaire au niveau des versants des vallons incisant la formation géologique présentes :
  - ✓ en bordure sud-ouest de la formation et s'écoulant vers la vallée de l'Orge ;
  - ✓ en bordure est de la formation et s'écoulant vers la vallée de l'Ornain.

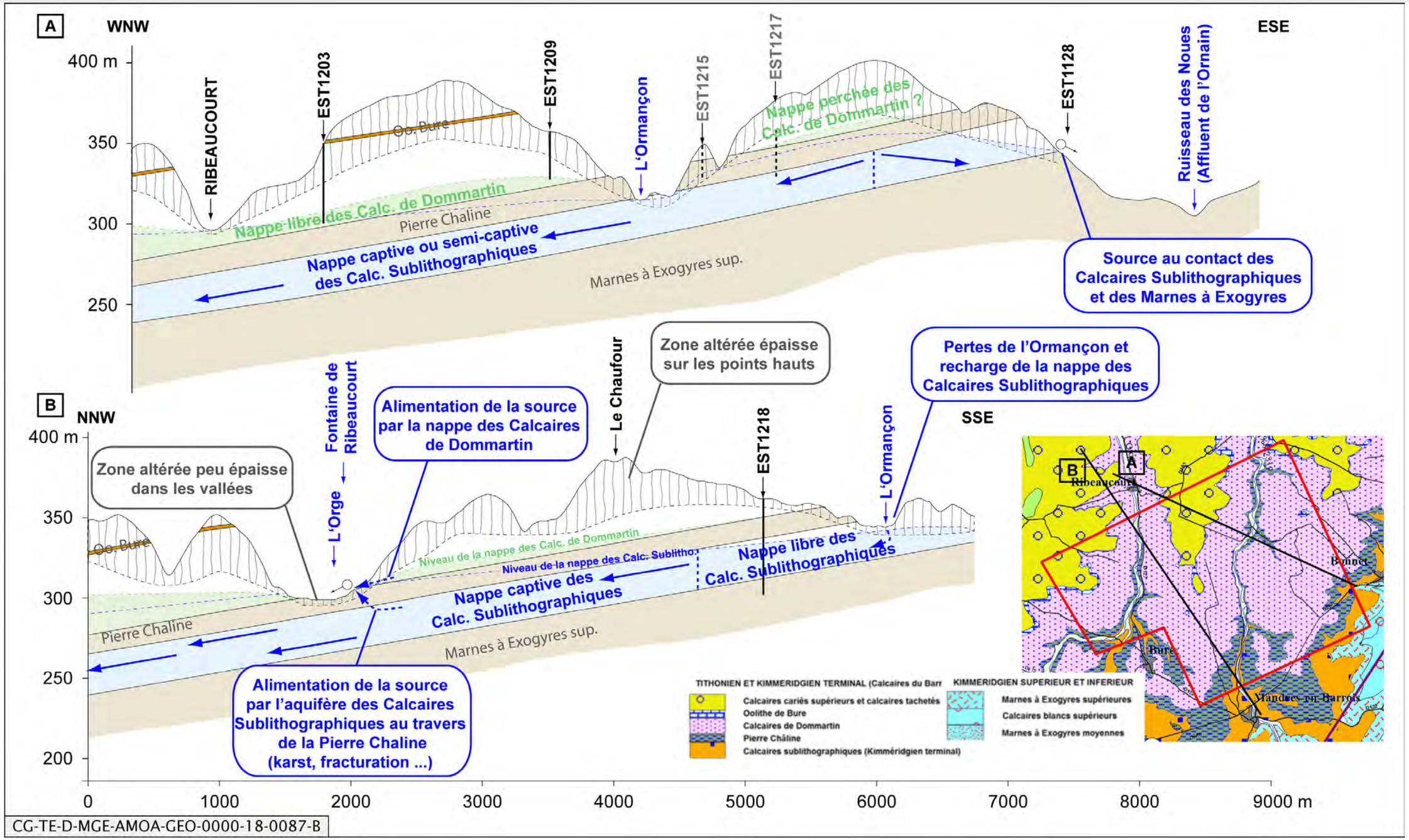


Figure 5-5 Modèle hydrogéologique des Calcaires du Barrois

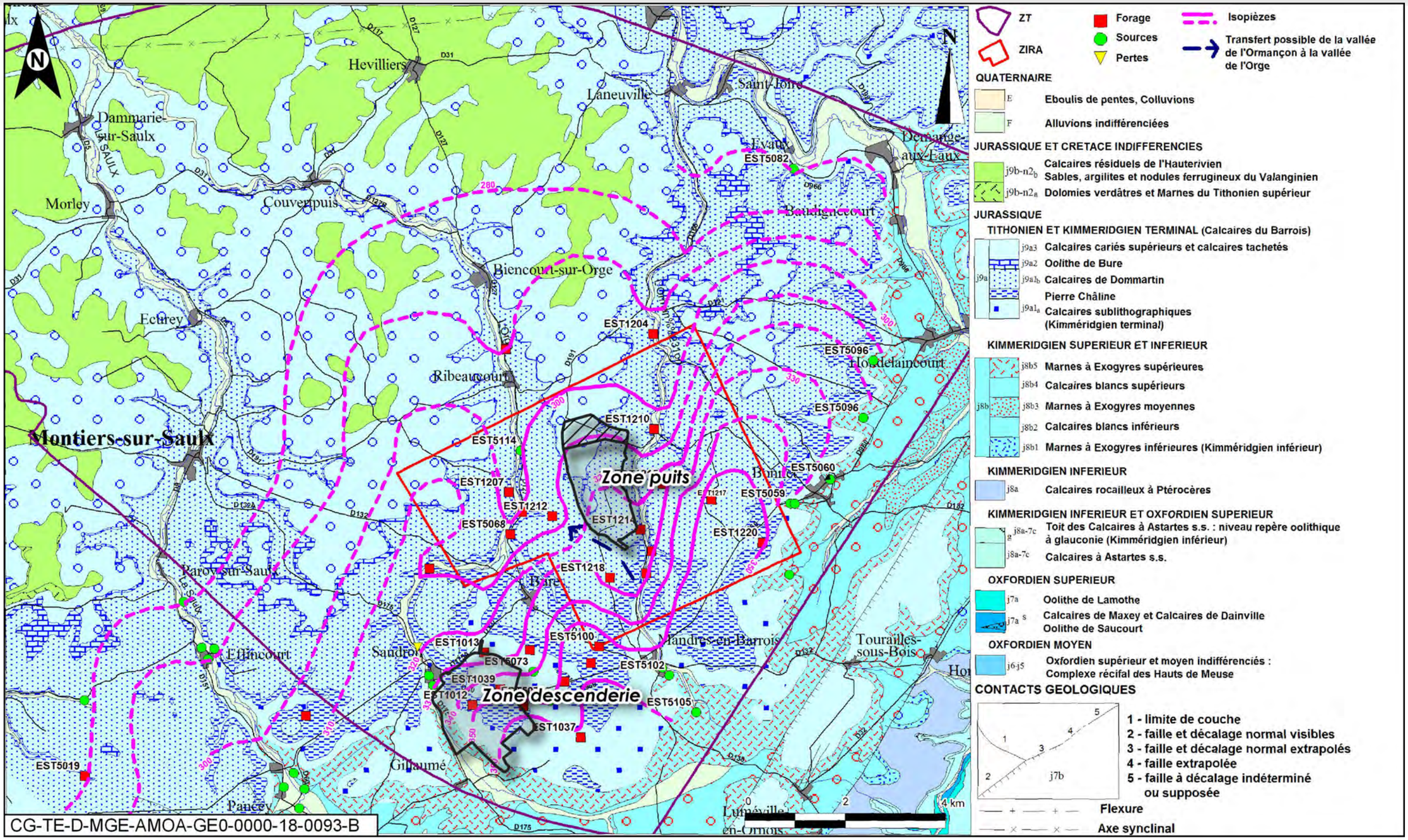


Figure 5-6 Piézométrie de hautes eaux des Calcaires du Barrois au niveau de la zone de transposition et de la ZIRA

5.3.2.2 Aquifères du Kimméridgien et de l'Oxfordien calcaire (masse d'eau n° FRHG306) et Aquifères des Calcaires du Kimméridgien-Oxfordien karstique (masse d'eau n° FRHG305)

5.3.2.2.1 Description des aquifères

L'Oxfordien calcaire forme un ensemble aquifère discontinu. Bien que les marnes du Kimméridgien ne soient pas considérées comme des aquifères, elles présentent cependant des intercalations calcaires en particulier deux bancs calcaires d'une quinzaine de mètres (cf. Figure 5-3), lesquels peuvent, à l'affleurement lorsque les formations sont altérées, être le siège de circulations d'eau, selon les données régionales (captage d'eau potable du syndicat des eaux d'Échenay).

L'ensemble aquifère de l'Oxfordien calcaire présente de fortes variations de faciès (nature des roches), avec des variations à la fois verticales et latérales en fonction des conditions de dépôt des sédiments et de la présence de fissures locales des roches. De ce fait, ces roches présentent de fortes variations de perméabilité qui vont conditionner les écoulements.

Des horizons poreux ont été définis sur la hauteur de l'ensemble aquifère de l'Oxfordien calcaire, dans l'aire d'étude. Les nappes de l'aquifère sont donc partiellement connectées entre elles et font l'objet d'un suivi du point de vue piézométrique réalisé entre 2015 et 2018 par l'Andra en Meuse et Haute-Marne. En 2018 le suivi permanent des niveaux piézométriques compte 51 forages dont 11 sur le site du Laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne.

Au droit du centre de stockage Cigéo, les relevés piézométriques de suivi du rabattement de la nappe montrent des variations piézométriques différentes entre horizons de l'Oxfordien calcaire. Ces différences de comportement ne permettent pas d'affirmer la présence d'une connexion aisée entre tous les niveaux de l'Oxfordien calcaire.

Dans la partie est de l'aire d'étude éloignée, en se rapprochant de l'Ornain, les niveaux supérieurs de l'Oxfordien sont plus proches de celui d'un aquifère libre avec des charges hydrauliques plus élevées entre l'Ornain et la Meuse et avec un drainage par la vallée de l'Ornain. Ce contexte hydrogéologique particulier favorise la circulation des eaux souterraines dans ce secteur géographique et leur drainage par les cours d'eau et par les sources de débordement. Cette variation spatiale de comportement d'écoulement souterrain est précisée par les campagnes de sismique 3D qui indiquent la présence de trois niveaux marneux de la Série Grise (inférieures, moyennes et supérieures) au droit de la ZIRA. Bien qu'il s'agisse de couches de faibles épaisseurs (2-3 mètres d'après les données de la sismique 3D), ces formations semi-perméables devraient limiter, au droit de la ZIRA, les échanges entre les deux nappes de l'Oxfordien.

Dans l'aire d'étude éloignée, l'Ornain, draine, le plus souvent par l'intermédiaire de sa nappe d'accompagnement, la nappe des Calcaires de l'Oxfordien sur son tronçon situé à l'amont de Demange-aux-Eaux. Sur le tronçon amont, les affluents de l'Ornain peuvent avoir leurs sources dans la nappe des Calcaires du Kimméridgien (Le Richecourt, ruisseau des Peux, ruisseau des Tourailles, ruisseau de l'Étang).

La perméabilité moyenne de l'Oxfordien calcaire est d'environ 10^{-8} m.s^{-1}, valeur caractérisant une formation globalement peu perméable. La perméabilité de l'Oxfordien carbonaté varie spatialement, de 10^{-5} m.s^{-1} (perméable) à 10^{-9} m.s^{-1} (imperméable), en lien particulièrement avec la fracturation ; elle peut atteindre 10^{-3} m.s^{-1} dans des zones où l'Oxfordien carbonaté est fracturé et/ou à l'affleurement. Au droit de la zone d'implantation du projet global Cigéo et sur la zone de transposition (ZT) de manière générale, l'Oxfordien calcaire n'est ni fracturé ni à l'affleurement : sa perméabilité y est faible, de 10^{-7} m.s^{-1} à 10^{-9} m.s^{-1}.

La nappe de l'Oxfordien du Bassin parisien est classée par le BRGM comme une ressource à protéger dite « d'ultime recours ». Cette classification se base sur les caractéristiques globales de la nappe (échelle macro) mais il est classiquement considéré que la productivité de la nappe de l'Oxfordien est très dépendante du degré de fissuration et de fracturation des différents faciès de cette unité géologique. Comme précisé ci-avant au niveau du projet de centre de stockage Cigéo, l'Oxfordien carbonaté est un aquifère qui présente une productivité limitée.

5.3.2.2.2 Fonctionnement et comportement des nappes

La piézométrie de l'Oxfordien calcaire est présentée sur la figure 5-7.

L'écoulement général de l'Oxfordien calcaire est orienté vers le nord-ouest, avec une recharge par les pluies en zone d'affleurement au sud-est de l'aire d'étude éloignée, au-delà du fossé de Gondrecourt-le-Château. Le gradient de charge hydraulique moyen (pente de la nappe) est inférieur au pourcent avec des vitesses moyennes d'écoulement de l'ordre d'un km par 100 000 ans.

- **FRHG306 :** cette masse d'eau est traversée par les liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo mais également rencontrée en premier au droit de l'installation terminale embranchée sur la majorité de son tracé et sur l'opération d'adduction d'eau ;
- **FRHG305** : cette nappe présente à l'affleurement dans la vallée de l'Ornain dans la partie nord-est de l'aire d'étude éloignée sera rencontrée au niveau du tracé de la ligne ferroviaire 027000.

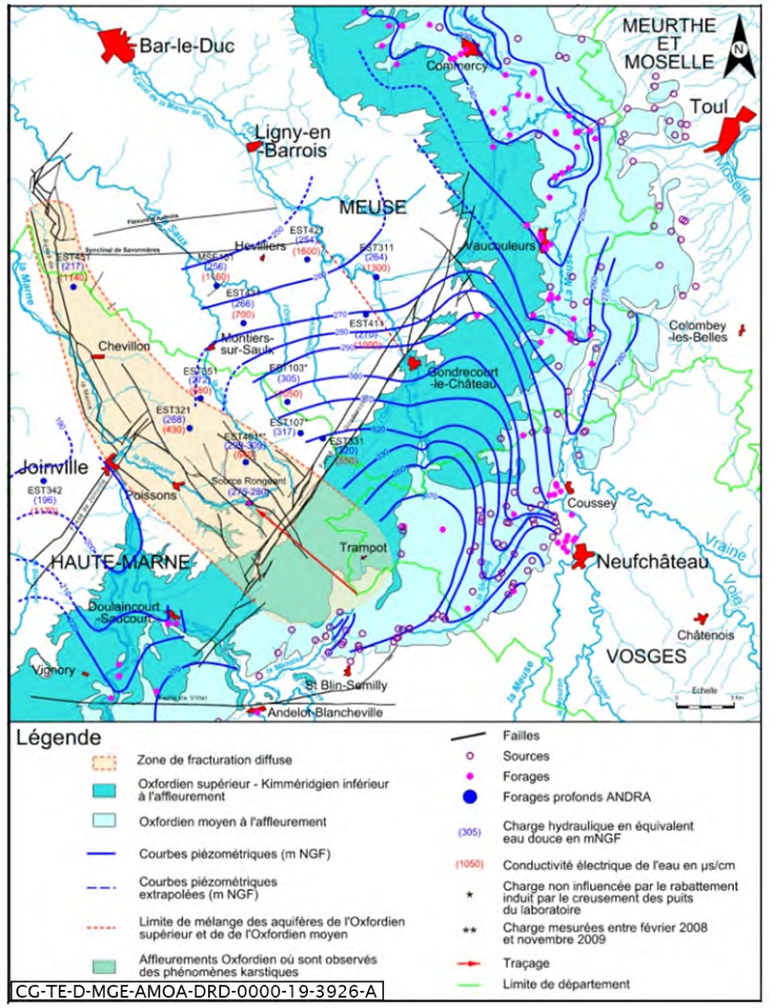


Figure 5-7 Piézométrie de l'aquifère de l'Oxfordien calcaire

L'Oxfordien carbonaté présente des caractéristiques hydrauliques de nature à permettre l'exploitation de la ressource en eau lorsque celui-ci est à l'affleurement ou sous couverture dans des zones fracturées. Sur la zone de transposition, l'Oxfordien carbonaté est sous couverture et hors des zones fracturées, comme le fossé de Gondrecourt à l'est (on rappelle que la zone de transposition a été notamment définie par le fait qu'elle était hors des zones de failles).

5.3.2.3 Aquifères du Dogger (masse d'eau FRHG312)

5.3.2.3.1 Description des aquifères

Les aquifères du Dogger sont représentés par les formations Calcaires du Bathonien et du Bajocien. La nature des calcaires leur confère, dans l'aire d'étude éloignée, une faible porosité et de mauvaises caractéristiques aquifères.

L'aquifère du Bathonien présente une nappe captive sous la couche du Callovo-Oxfordien. Il est caractérisé par une hétérogénéité de faciès qui se traduit par une forte variabilité locale de la perméabilité, qui reste faible (de l'ordre de 10^{-8} m.s^{-1} en valeur moyenne, variant de 10^{-7} m.s^{-1} à 10^{-10} m.s^{-1}).

Cet aquifère est séparé de l'aquifère du Bajocien plus profond par les marnes de Longwy épaisses d'une trentaine de mètres. L'aquifère du Bajocien est encore moins productif que le Bathonien.

5.3.2.3.2 Fonctionnement et comportement des nappes

Les écoulements de la nappe du Bathonien sont globalement orientés vers le nord-ouest, avec un gradient hydraulique moyen de 0,1 %, et une vitesse d'écoulement (au sens de Darcy) de l'ordre de 5 km en 100 000 ans.

Comme pour les autres aquifères, son alimentation se fait sur une zone d'affleurement de ces formations géologiques, à plus de 30 km au sud-est (Chaumont), là où le Dogger est un aquifère libre largement alimenté par les pluies. Toutefois, compte-tenu de l'éloignement de l'aire d'alimentation et du caractère captif de l'aquifère (confinement élevé), le niveau piézométrique varie peu.

Cette nappe fait l'objet d'un suivi du point de vue piézométrique par deux forages (HTM102 et EST210) ; il existe peu de variations piézométriques (infra métrique) indiquant une connectivité faible avec la surface.

FRHG312 : cette masse d'eau, présente sous le Callovo Oxfordien, n'est pas traversée par les descenderies et puits du centre de stockage Cigéo (le déploiement des ouvrages souterrains étant limité à la couche du Callovo-Oxfordien).

5.3.2.4 Nappe d'accompagnement/nappe alluviale des cours d'eau

5.3.2.4.1 Description des aquifères

Les vallées des cours d'eau, incisant les différentes formations géologiques, présentent des nappes d'accompagnement développées au sein des formations alluviales plus ou moins importantes, présentes au fond des vallées.

Au niveau de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et de l'aire d'étude de la ligne 400 kV, les nappes circulant dans les sédiments quaternaires de l'Aube, de la Marne et de la Meuse deviennent des nappes alluviales importantes, reconnues au niveau de chaque SDAGE et dont l'exploitation pour l'alimentation en eau potable est entreprise.

Dans l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo, la nappe présente dans les alluvions de l'Orge est connectée hydrauliquement au cours d'eau qui s'écoule sur le complexe marneux du Kimméridgien, elle peut donc être qualifiée de nappe d'accompagnement. De par sa position topographique plus élevée, l'aquifère développé dans les Calcaires du Barrois peut se déverser dans cette dernière *via* des sources de débordement ou des écoulements hypodermiques localisés dans la frange d'altération de la formation calcaire (cf. Figure 5-8).

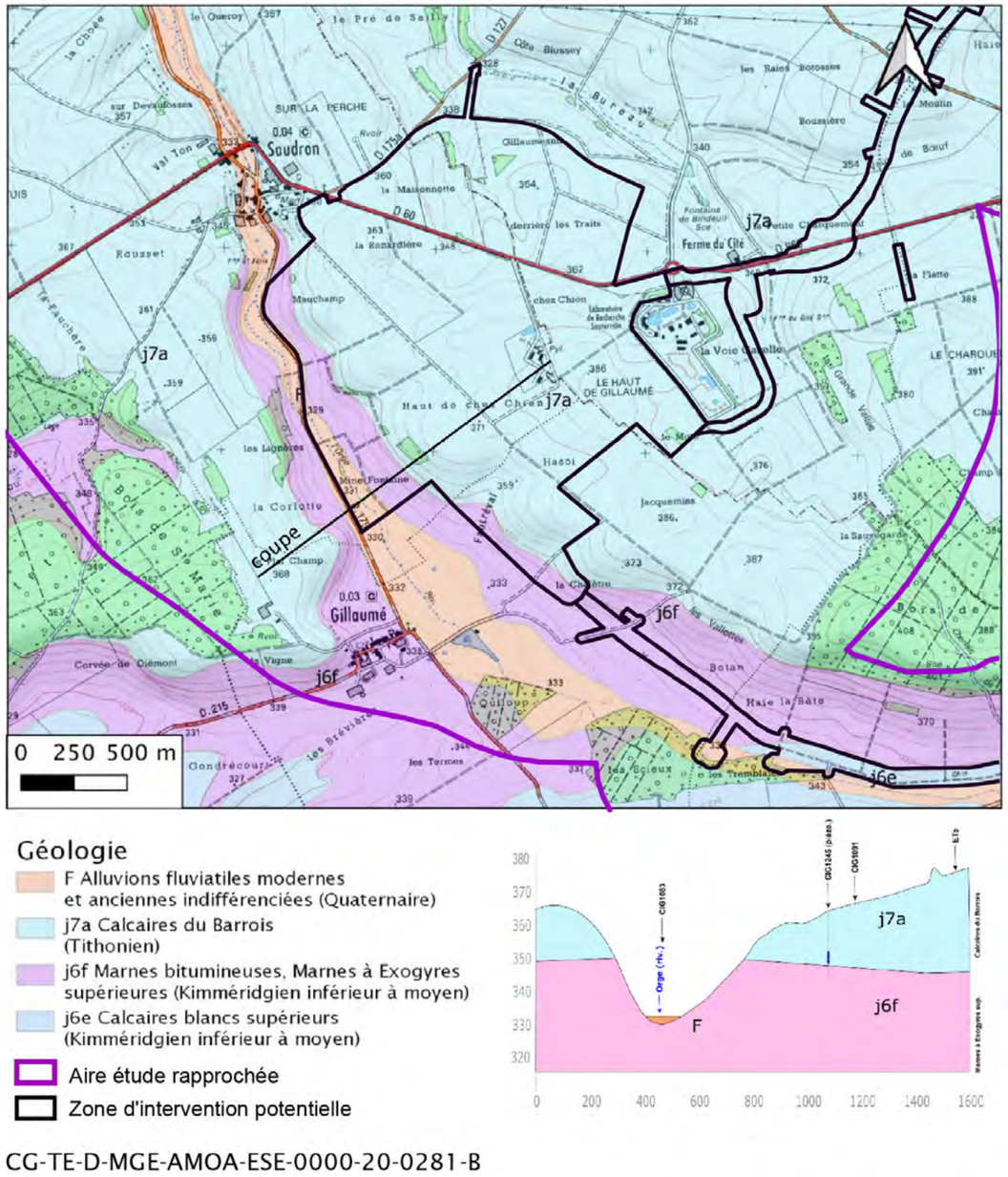


Figure 5-8 Carte et coupe géologique au droit de vallée de l'Orge en amont de Saudron

NAPPE ALLUVIALE

Les nappes alluviales sont des nappes qui circulent dans les sédiments des rivières, c'est une masse d'eau se trouvant dans des terrains alluvionnaires. Elles se trouvent à faible profondeur et sont donc relativement faciles d'accès pour des prélèvements d'eau.

Une nappe alluviale est le plus souvent la nappe d'accompagnement d'un cours d'eau, avec lequel elle communique jusqu'à rencontrer une barrière géologique imperméable : si le niveau de la rivière s'élève rapidement (en période de crue), une partie de l'eau s'infiltrera pour recharger la nappe, tandis qu'au contraire en cas d'étiage, le débit du cours d'eau sera augmenté par l'écoulement de la nappe qu'il draine.

5.3.2.4.2 Fonctionnement et comportement des nappes alluviales

Les écoulements de la nappe d'accompagnement suivent la vallée du cours d'eau qu'elle accompagne. Selon le bureau de recherche géologique et minière, la relation nappe-rivière se définit comme un échange dans un sens ou dans un autre entre la nappe et le cours d'eau selon la ligne d'eau du cours d'eau, les saisons et les épisodes de crues.

- **nappe d'accompagnement de l'Orge :** cette masse d'eau est concernée par l'ensemble des composantes du centre de stockage Cigéo implanté dans son bassin versant, soit la zone descenderie, l'installation terminale embranche et la déviation de la route départementale D60/960 ;
- **nappe d'accompagnement de l'Ornain** : cette masse d'eau est concernée principalement par la mise à niveau de la ligne ferroviaire 02700 ;
- **nappe alluviale de l'Aube, de la Marne et de la Meuse :** ces masses d'eau, présentes dans les vallées alluviales des cours d'eau concernés, sont concernées uniquement par la sécurisation de la ligne 400 kV.

5.3.2.5 Aquifères associés à la ligne 400 kV

Les aquifères présentés ci-après concernent uniquement l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV. La ligne 400 kV concerne aussi les aquifères des Calcaires du Barrois et les aquifères du Kimméridgien et de l'Oxfordien calcaire présentés ci-avant.

5.3.2.5.1 Aquifères de l'Albien et du Néocomien (masses d'eau n° FRHG218 et n° FRHG215)

En termes de réservoirs d'eau souterraine, les aquifères multicouches de l'Albien et du Néocomien sont en communication hydraulique, bien que séparés par les argiles aptiennes :

- l'aquifère de l'Albien est, par sa puissance, son extension et ses réserves en eaux souterraines, le plus important aquifère du Crétacé inférieur. Il est constitué de trois formations sableuses plus ou moins bien séparées par des formations semi-perméables. Le plus important niveau aquifère est constitué par la série imbriquée des sables verts : sables de Frécambault, sables des Drillons et sables verts ;
- l'aquifère du Néocomien est constitué de séries argilo-sableuses plus ou moins bien individualisées montrant d'importantes variations latérales de faciès. Les faciès calcaires du sud-est ne sont pas considérés comme aquifères.

La nappe de l'Albien est libre au niveau des affleurements du sud et de l'est du Bassin parisien et du Pays de Bray puis devient captive sous les argiles du Gault vers le centre du Bassin parisien, jusqu'à de très grandes profondeurs (600 mètres sous Paris).

Dans les zones peu exploitées, la nappe est encore artésienne.

La formation des sables du Néocomien est aquifère, avec une perméabilité irrégulière mais avec des taux d'argiles plus ou moins élevés. Il s'agit d'une nappe captive, sans affleurement. La nappe des Calcaires de l'Hauterivien, libre au niveau des affleurements sur les bordures est et sud du bassin, devient captive vers le nord sous les argiles barrémiennes.

Les faciès calcaires du sud-est du Bassin parisien ne sont pas considérés comme aquifères. Toutefois le Calcaire à Spatangues de l'Hauterivien présente une perméabilité de fractures, notamment en Bourgogne. En Lorraine, l'aquifère des Calcaires à Spatangues hauteriviens est présent quand la base de l'étage est marneuse (niveau conglomératique ferrugineux de deux mètres), mais peu important.

L'écoulement des nappes de l'Albien et du Néocomien s'effectue d'est en ouest, en direction du centre du Bassin parisien.

Les aquifères du Néocomien et de l'Albien se comportent comme un système unique. La durée transitoire de plus de 150 ans depuis la mise en exploitation induit une baisse de la piézométrie du Néocomien de 50 mètres en région parisienne (110 mètres pour l'Albien).

Les courbes piézométriques de l'Albien et du Néocomien sont similaires au niveau des affleurements en bordure est et sud-est du bassin puis se décalent en convergeant vers Paris. Les gradients hydrauliques du Néocomien sont plus faibles que ceux de l'Albien. Entre les affleurements et Paris, le gradient est d'environ 0,4 %.

Les niveaux piézométriques varient peu d'une année à l'autre et les battements interannuels sont limités à 2-4 mètres. Les battements annuels marquent des cycles saisonniers réguliers, ils sont inférieurs à deux mètres les années les plus humides, et inférieurs au mètre les années les plus sèches.

5.3.2.5.2 Calcaires du Dogger versant Meuse sud (masse d'eau n° FRB1G111) et Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin (masse d'eau n° FRCG110)

Les masses d'eau des Calcaires du Dogger versant Meuse sud et des Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin sont à dominante sédimentaire avec présence de karstification. Elles correspondent aux calcaires du Dogger accompagnés de quelques placages d'argiles (85).

La masse d'eau des Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin est découpée au nord par la limite hydrographique du bassin de la Meuse, et au sud par la limite hydrogéologique du karst de l'Aroffe.

La productivité du système aquifère est très variable, même sous couverture. Sa perméabilité est due à la fissuration des terrains et à leur karstification. Dans l'ensemble, il s'agit d'un réservoir à forte perméabilité, où les circulations karstiques sont très développées et ont des vitesses très élevées qui varient de 150 m/h à 500 m/h (86).

5.3.2.5.3 Aquifère de Craie de Champagne sud et centre (masse d'eau n° FRHG208)

Les formations crayeuses du Séno-Turonien constituent l'aquifère le plus important de la région Champagne-Ardenne. L'aquifère est intensément exploité pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation.

Les formations crayeuses forment un aquifère monocouche à nappe pratiquement toujours libre : les formations superficielles (argiles à silex ou limons de plateaux) sont de très faible épaisseur et la craie est pratiquement toujours affleurante.

La qualité hydrodynamique du réservoir est due à un important réseau de diaclases développé à partir de la surface du sol par les variations climatiques, et surtout par le pouvoir de dissolution de la craie par les eaux de pluie. À partir de 40 mètres de profondeur, ces phénomènes ne se font plus sentir et le réservoir crayeux sans fissure devient compact et est considéré comme improductif. Cette craie peu perméable devient le mur de la nappe, à l'exception de certaines zones où l'on rencontre des lits de silex qui permettent à l'eau de circuler.

La particularité de l'aquifère crayeux est le contraste important entre la porosité totale, de l'ordre de 30 % à 40 %, et la porosité efficace, seulement de 1 % à 5 %. L'ensemble de cette réserve n'est pas mobilisable de façon homogène car la craie est affectée par différents types de fissuration résultant soit d'efforts tectoniques soit de phénomènes géomorphologiques (érosion, zones de décompression dans les vallées). Une fois ouvertes les fissures ont pu s'agrandir et s'élargir sous l'action chimique (dissolution des carbonates) ou mécanique des eaux souterraines ; cette évolution peut atteindre localement un stade ultime qui correspond au développement d'un réseau karstique (Champagne).

Le réservoir est constitué par les craies du Sénonien et du Turonien supérieur, le Turonien moyen étant en général très peu perméable (craie marneuse). Toutefois il semble qu'à l'affleurement le Turonien moyen soit plus perméable que sous la couverture sénonienne.

Dans la partie entre Aube et Seine, la craie du Cénomanien peut également être incluse dans le réservoir de la nappe de la craie séno-turonienne de sorte que l'on peut considérer un aquifère unique du Sénonien au Cénomanien.

Tout le long des coteaux d'Ile-de-France, il y a une zone argilo-sableuse du Sparnacien (argiles plastiques, sables, grès) et du Tardenois (sables à galets). Ces formations constituent un aquifère monocouche contenant une nappe libre.

5.3.2.5.4 Aquifères des Calcaires de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur (masse d'eau n° FRB1G113)

Les Calcaires de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur constituent l'un des principaux aquifères du bassin Rhin-Meuse et de la Lorraine.

L'aquifère multicouche des carbonates du Kimméridgien supérieur a une liaison hydraulique avec le grand système aquifère des Calcaires de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur, qui est vraisemblablement plus importante dans la moitié nord du grand système aquifère, où l'aquifère multicouche surmonte directement l'Oxfordien et le Kimméridgien inférieur. Le pendage du toit du grand système aquifère est orienté en direction de l'ouest.

Les affleurements oxfordiens sont traversés dans tout le département meusien, du sud vers le nord, par les alluvions de la Meuse, qui correspondent à la masse d'eau des « Alluvions de la Meuse, de la Chiers et de la Bar ». Le grand système aquifère est drainé par l'aquifère alluvial.

5.3.2.5.5 Aquifère des alluvions quaternaires du bassin versant de la Meuse (masse d'eau n° FRB1G115)

Les alluvions quaternaires récentes et anciennes du bassin versant de la Meuse constituent deux aquifères distincts, séparés par la base argileuse des alluvions récentes.

Entre Goussaincourt et Dun-sur-Meuse, la côte piézométrique diminue de 260 m NGF à 170 m NGF, soit un gradient moyen de 0,71 mètre par km, équivalent à celui de la Meuse.

L'étude comparée de la piézométrie de la nappe alluviale et de la pluviométrie à Bras-sur-Meuse indique une relation directe entre ces deux paramètres, avec un faible facteur de retard. Le battement maximal annuel enregistré est de 2,5 mètres.

L'essentiel de cette plaine alluviale est en zone inondable.

5.3.2.5.6 Aquifère des alluvions du Perthois (masse d'eau n° FRHG005)

La masse d'eau est formée d'un unique aquifère, constitué des alluvions perméables du Quaternaire, abritant une nappe alluviale en relation avec la Marne et ses affluents (87). La nappe circule au sein des dépôts alluvionnaires grossiers (graviers et sables). Elle est généralement peu épaisse, environ 1 m à 5 m, et en régime libre ou rarement captif sous des formations tourbeuses. Les fluctuations piézométriques sont saisonnières, calquées sur le régime pluviométrique ; hautes eaux en hiver et au printemps, basses eaux en été et à l'automne.

L'alimentation de cette masse d'eau souterraine est essentiellement assurée par l'infiltration des précipitations efficaces mais également par les cours d'eau (Marne, Blaise, Saulx, Ornain).

La nappe s'écoule d'est en ouest. Le gradient hydraulique moyen est de 1,4 ‰.

5.3.2.5.7 Aquifères des grès du Trias inférieur (masse d'eau n° FRCG105)

Les grès du Trias inférieur constituent l'un des principaux aquifères du bassin Rhin-Meuse et de la Lorraine. La nappe des grès du Trias inférieur est la principale ressource en eau potable de la partie est de la Lorraine.

Les zones d'alimentation de la nappe des grès du Trias inférieur en Lorraine sont constituées par les affleurements des grès dans les Vosges, de Wissembourg à Monthureux-sur-Saône, et dans la région du bassin houiller entre Saint-Avold et Forbach.

L'écoulement général de la nappe s'effectue du sud vers le nord (des Vosges vers la Sarre) et du sud-ouest vers le nord-est (de la Meuse vers le nord de la Moselle). À l'échelle de la nappe, le gradient hydraulique varie fortement : il est de l'ordre de $5,10^{-3}$ à $2,10^{-2}$ dans la partie libre, suivant le drainage des rivières ou en fonction de l'exhaure, et de l'ordre de $3,10^{-4}$ à $1,10^{-3}$ en partie captive.

Au niveau régional, plusieurs failles importantes sur le plan hydrogéologique doivent être signalées : les failles de Longeville-Hombourg (dite aussi faille de Faulquemont) et de Saint-Nicolas dans le bassin houiller, et la faille de Vittel au nord de Vittel – Contrexéville. Ces failles sont étanches ou peu perméables sur une partie de leur tracé, ce qui est démontré par l'existence d'importantes différences de niveaux piézométriques et l'évolution différente des niveaux piézométriques dans chaque compartiment de part et d'autre des failles.

5.3.2.5.8 Aquifères du plateau Lorrain versant Meuse (masse d'eau n° FRCG108)

Cette masse d'eau se situe à cheval sur les bassins de la Marne et de la Meuse dans le Bassigny, en prolongement du plateau de Langres. Les terrains sont à l'origine d'un pays argileux et humide : régions riches en eau de surface et pauvre en eaux souterraines.

Les caractéristiques géologiques et géométriques des réservoirs souterrains se composent d'alternance de terrains calcaires ou gréseux et marneux ou argileux du Lias et Trias dont les nappes ont des parties libres et captives.

De nombreuses sources jalonnent la base de la formation aquifère des grès calcaires de l'Aalénien, au contact des argiles toarciennes. La nappe des Calcaires gréseux du Domérien, malgré son bassin d'alimentation très réduit, donne naissance à de nombreuses sources, de faible débit (dépassant rarement 25 m^3/j), mais relativement constant et qui sont presque toutes de type déversement. La nappe des Calcaires du Sinémurien, la plus importante de la région, libre, a des émergences souvent diffuses. Elle donne naissance à de nombreuses sources de faible débit (dépassant exceptionnellement 100 m^3/j).

5.3.2.5.9 Niveau d'enjeu pour les aquifères associés à la ligne 400 kV

L'enjeu lié à la préservation des aquifères associés à la ligne 400 kV est donc fort.

5.3.3 Caractérisation de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines

5.3.3.1 Détermination de l'état quantitatif et de l'état chimique des eaux souterraines

Le tableau suivant présente l'état quantitatif des masses d'eau selon les données de l'état des lieux de 2019 du système d'information sur l'eau du bassin Seine-Normandie. Les nappes d'accompagnement ne sont pas codifiées et ne sont pas intégrées à l'état des lieux 2019.

Tableau 5-4 État quantitatif des masses d'eau (états des lieux Agence de l'eau 2019)

Masse d'eau	Code	État quantitatif 2019
Calcaires tithonien karstique entre Seine et Ornain (Calcaires du Barrois)	FRHG303	Bon
Calcaires tithonien karstique entre Ornain et limite du district (Calcaires du Barrois)	FRHG302	Bon
Calcaires kimméridgien-oxfordien karstique entre Seine et Ornain	FRHG306	Bon
Calcaires kimméridgien-oxfordien karstique nord-est du district (entre Ornain et limite du district)	FRHG305	Bon
Calcaires Dogger entre Seine et limite de district	FRHG312	Bon
Albien-néocomien libre entre Seine et Ornain	FRHG215	Bon
Albien-néocomien captif	FRHG218	Bon
Craie de Champagne sud et centre	FRHG208	Pas bon
Alluvions du Perthois	FRHG005	Bon
Calcaires du Dogger versant Meuse sud	FRB1G111	Bon
Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin	FRCG110	Bon
Calcaires des côtes de Meuse de l'Oxfordien et du Kimméridgien et argiles du Callovo-Oxfordien	FRB1G113	Bon
Alluvions de la Meuse et de ses affluents	FRB1G115	Bon
Grès du Trias inférieur au nord de la faille de Vittel	FRCG105	Bon
Domaine du Lias et du Keuper du plateau lorrain versant Rhin	FRCG108	Bon

L'état chimique des eaux souterraines est déterminé d'une part sur la base des données de l'Agence de l'eau sur les stations de suivi disponibles et complété localement avec des données de piézomètres suivis par l'Andra. La figure 5-9 localise les stations de suivi de l'Andra.

La suite du chapitre présente l'état des masses d'eau concernées par le centre de stockage Cigéo.

La qualité de la masse d'eau souterraine du Dogger FRHG312 n'est pas analysée localement au sens de la directive cadre sur l'eau car ce référentiel n'est pas adapté au contexte hydrogéologique à l'aplomb du centre de stockage Cigéo (nappe non affleurante, ne faisant pas l'objet de suivis physico-chimiques).

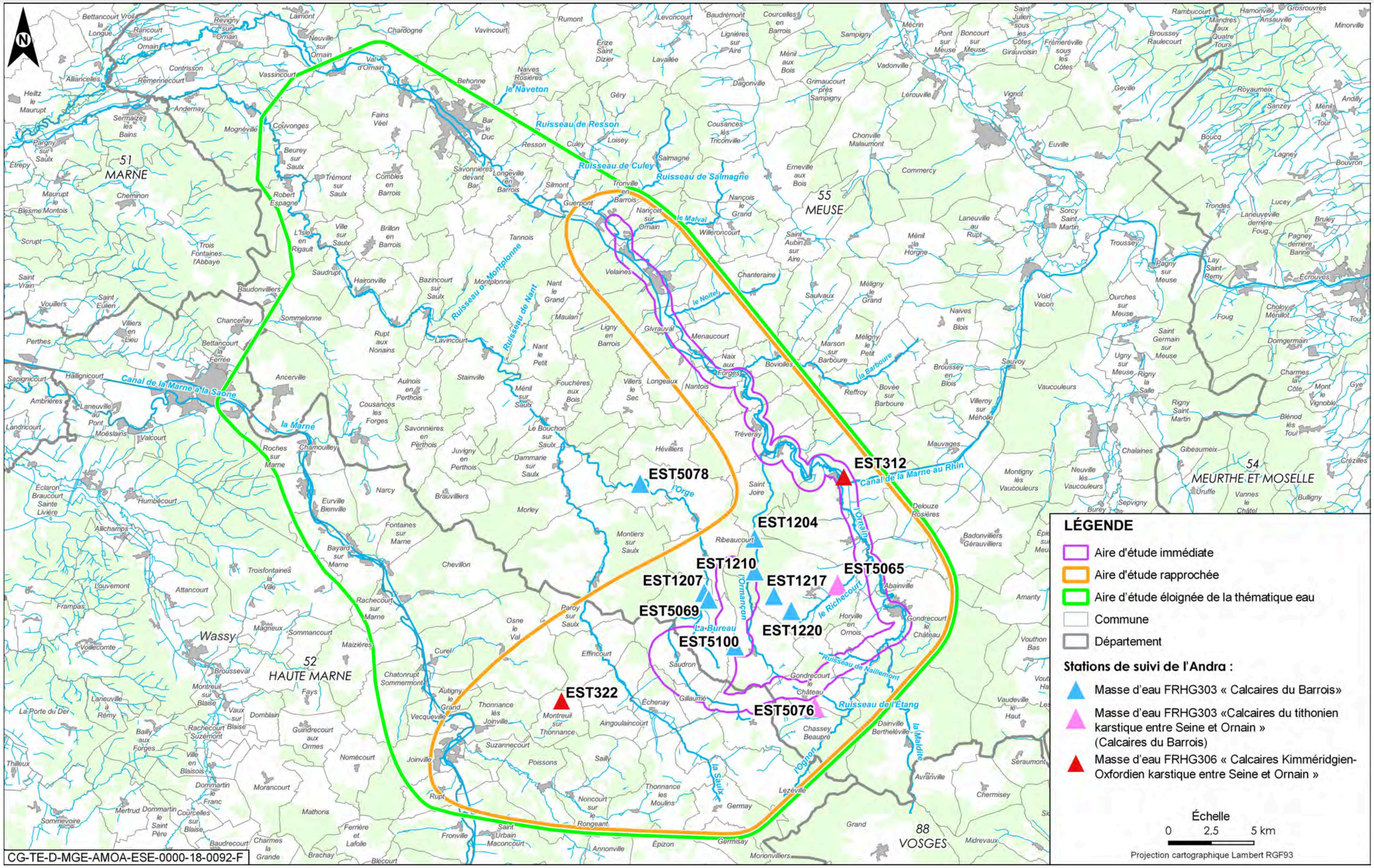


Figure 5-9 Localisation des stations de suivi de la qualité des eaux souterraines de l'Andra

5.3.3.1.1 Masse d'eau FRHG303 : Calcaires du Barrois

Huit piézomètres ont permis d'évaluer la qualité des eaux souterraines du Barrois. Selon les analyses commanditées par l'Andra sur la période 2014-2019, tous ces ouvrages sont concernés par au moins un paramètre déclassant selon la norme de qualité environnementale de la Directive cadre sur l'eau (valeur ne respectant pas la norme de qualité).

La figure 5-10 pour la masse d'eau des Calcaires du Barrois indique les paramètres déclassants des eaux souterraines pour les années 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019 (88, 89) ainsi que leur moyenne annuelle (MA). La colonne « NQE » indique les normes de qualité, pour les paramètres fixés par la directive cadre sur l'eau, objectifs à respecter pour la protection de la santé humaine et de l'environnement. Le paramètre déclassant mesuré sur toutes les stations de prélèvement dans le Barrois est la turbidité.

La turbidité est liée à la présence de matières en suspension (MES, autre paramètre régulièrement déclassant) ou de colloïdes. L'origine de ces éléments est liée majoritairement à l'érosion des sols, roches et à la remobilisation de particules déjà présentes dans le réseau karstique au cours de fort épisodes pluviométriques, entrainant des matières minérales et organiques, particules de silice, calcaires et argiles.

Quelques autres paramètres chimiques anthropiques détectés localement dans certains piézomètres ponctuellement ou sur quelques années déclassent temporairement la qualité des eaux du Barrois.

Le quatre-nonylphénol, a été détecté au niveau des stations EST1204, EST1207, EST1210 et EST5078. Ce composé est utilisé comme tensio-actif dans les détergents. Sa présence est observée en 2014, 2017, 2018 et 2019. Le quinmerac, un herbicide, a également été détecté ponctuellement en 2017 au niveau de la station EST5100, comme l'Imidaclopride, un insecticide mesuré au niveau de la station EST1217. Le permanganate de potassium, bentazone et des nitrates/nitrites sont également ponctuellement mesurés.

Les eaux de la nappe du Barrois au niveau des ouvrages de suivi sont très sensibles aux perturbations sur le bassin versant (pressions naturelles et/ou anthropiques), du fait de la nature karstique du sous-sol qui facilite les échanges avec la surface. La nature karstique du substrat permet des transferts rapides des polluants présents en surface vers les réservoirs souterrains.

L'origine des substances organiques détectées est anthropique et elle est relative aux traitements herbicides ou pesticides agricoles et urbains (espaces verts, jardins, voiries, etc.). La règlementation a mis fin à certaines autorisations de mise sur le marché ou d'utilisation de molécules. Les concentrations observées sont résiduelles et liées à leur rémanence dans l'environnement. Les concentrations en nitrates et nitrites sont soit d'origine agricole (épandages, engrais, élevage), soit domestique (assainissement collectif, assainissement non collectif), ou collectifs (cimetières). Le permanganate de potassium est lié à un usage de désinfectant (adduction, etc.).

L'état de la masse d'eau FRGG303, déterminé par des prélèvements locaux de 2014 à 2019 aboutit, comme lors de l'état des lieux réalisé en 2013 par l'agence de l'eau Seine Normandie (AESN) (90), au classement en mauvais état. Bien que l'état quantitatif de cette masse d'eau soit bon (selon l'état des lieux 2013), la présence excessive de matières en suspension et donc la turbidité ainsi que des teneurs en 4-nonylphénol et en certains polluants organiques à vocation de pesticide, supérieures aux normes entrainent un déclassement permanent de l'état qualitatif de cette masse d'eau. Le bon état global doit être atteint en 2021 pour cette masse d'eau.

En 2019, les prélèvements locaux indiquent un mauvais état des eaux. Toutefois ces mesures ne sont pas représentatives de l'état global de la masse d'eau qui a officiellement été qualifié de « bon état » chimique, selon les données d'état des lieux de 2019 du système d'information sur l'eau du bassin Seine-Normandie.

Le SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands prévoit pour la masse d'eau FRHG303 (74) :

- un objectif de bon état chimique pour 2021 ;
- un objectif de bon état quantitatif atteint depuis 2015.

Ouvrage	Code BSS	Niveau aquifère étudié	Nom de la masse d'eau et code	Paramètres	Unité	NQE mA	MA 2014	Etat chimique global en 2014	MA 2015	Etat chimique global en 2015	MA 2017	Etat chimique global en 2017	MA 2018	Etat chimique global en 2018	MA 2019	Etat chimique global en 2019	Etat des lieux AESN 2019 (état chimique)	Objectif d'état chimique SDAGE 2022-2027
EST5078	02653X0001/F1	Barrois	CALCAIRES TITHONIEN KARSTIQUE entre Seine et Ornain FRHG303	Turbidité	NTU	1	10,35	Mauvais	15,05	Mauvais	19,75	Mauvais	2,05	Mauvais	2,55	Mauvais	Bon	Bon état 2021
				NO2-	mg/L	0,5							4					
				4-nonylphénol	µg/L	0,1							0,12					
EST5069	02654X0007/F4	Barrois		Turbidité	NTU	1	18,5	Mauvais	24	Mauvais	4,05	Mauvais	9,05	Mauvais	4,5	Mauvais		
				NO3-	mg/L	50					52,5							
				Bentazone	µg/L	0,1					0,11							
EST1204	02654X0031/1204	Barrois		Turbidité	NTU	1	379	Mauvais	110	Mauvais	287,3	Mauvais	242,73	Mauvais	103,6	Mauvais		
				NH4+	mg/L	0,5							0,6					
				MES	mg/L	25	176,3		86		184,83		34,5		63			
				4-nonylphénol	µg/L	0,1	0,2				0,19		0,12		0,206			
EST1210	02654X0036/1210	Barrois		Turbidité	NTU	1	108,3	Mauvais	26,9	Mauvais								
				MES	mg/L	25	80,3											
				4-nonylphénol	µg/L	0,1	0,3(1)											
EST5100	02658X1003/F3	Barrois		MES	mg/L	25	65,5		75,5		86,25		61,75		60,25			
				Turbidité	NTU	1	76		81		64,25	Mauvais	76,5	Mauvais	73,4	Mauvais		
				Quinmerac	µg/L	0,1					0,31							
EST1217	02661X0038-1	Barrois		Turbidité	NTU	1					770	Mauvais						
				MES	mg/L	25					570							
EST1220	02661X0039-1	Barrois		Turbidité	NTU	1					1538,5	Mauvais	1403,3	Mauvais	946,7	Mauvais		
				MES	mg/L	25					1895		1658,3		606,7			
				KMnO4	mgO2/L	5					6,95		6,18					
				Bentazone	µg/L	0,1					0,11							
				No3-	mg/L	50												
EST1207	02661X0033-1	Barrois		Turbidité	NTU	1					1,617	Mauvais	1,725	Mauvais	1,125	Mauvais		
				Imidaclopride	µg/L	0,1					0,12							
				4-nonylphénol	µg/L	0,1							0,15					

Indéterminé Etat chimique indéterminé Bon Etat chimique bon Mauvais Etat chimique mauvais

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0441-D

Version mise à jour en août 2022

*Une mesure annuelle n = 1/**MA** = Moyenne annuelle/**NTU** = Unité de turbidité néphélométrique*

Figure 5-10 Concentration moyenne annuelle des paramètres déclassants de la qualité des eaux souterraines 2014-2019 – Masse d'eau des Calcaires du Barrois

5.3.3.1.2 Masse d'eau FRHG306 : Calcaires Kimméridgien et Oxfordien

Les formations du Kimméridgien sont peu aquifères. Cependant deux stations, EST5065 et EST5076, permettent d'évaluer localement la qualité des eaux présentes dans le Kimméridgien-oxfordien.

La figure 5-11 indique les paramètres déclassants des eaux souterraines pour les années 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019 ainsi que leur moyenne annuelle (MA), la classe de qualité des eaux de cet aquifère est parfois abaissée à cause d'une turbidité un peu élevée (en 2015) mais au regard de la directive cadre sur l'eau, cet aquifère est globalement de bonne qualité.

Le piézomètre, EST5076, a permis d'évaluer la qualité des eaux présentes dans les niveaux aquifères de l'Oxfordien affleurant (au niveau de l'installation terminale embranchée ITE). La turbidité déclasse la qualité des eaux au niveau de l'ouvrage.

La qualité de l'eau du piézomètre EST5065, est abaissée de façon récurrente par la présence de sulfates en concentration supérieure à la norme de qualité établie par la directive cadre sur l'eau. Le glyphosate a également été relevé pour la première fois en 2019. La présence de glyphosate s'explique par l'implantation de l'ouvrage piézométrique à l'intérieur d'une culture extensive et d'une protection assez sommaire de cet ouvrage.

Les résultats indiquent un mauvais état des eaux pour 2019. Toutefois ces mesures au niveau local ne semblent pas représenter l'état global de la masse d'eau FRHG306, puisque celle-ci a officiellement été qualifiée de « bon état » chimique, selon les données d'état des lieux publiques de 2019 du système d'information sur l'eau du bassin Seine-Normandie.

Le SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands prévoit pour la masse d'eau FRHG306 (74) :

- un objectif de bon état chimique pour 2021 ;
- un objectif de bon état quantitatif atteint depuis 2015.

Ouvrage	Code BSS	Niveau aquifère étudié	Nom de la masse d'eau et code	Paramètres	Unité	NQE mA	MA 2014	Etat chimique global en 2014	MA 2015	Etat chimique global en 2015	MA 2017	Etat chimique global en 2017	MA 2018	Etat chimique global en 2018	MA 2019	Etat chimique global en 2019	Etat des lieux AESN 2019 (état chimique)	Objectif d'état chimique SDAGE 2022-2027
EST5065	02661X0023/F1	Kimméridgien	CALCAIRES KIMMERIDGIEN-OXFORDIEN KARSTIQUE entre Seine et Ornain FRHG306	Turbidité	NTU	1		Bon	1,9	Mauvais							Bon	Bon état 2021
EST5076	02665X0030/S	Oxfordien		Turbidité	NTU	1	40	Mauvais	19,5	Mauvais	15,325	Mauvais	17,425	Mauvais	19,07	Mauvais		
				MES	mg/L	25	31,25											
				SO_4^{2-}	mg/L	250	325		335		310		317,5		315			
				Glyphosate	µg/L	0,1									0,253			

Etat chimique indéterminé — Etat chimique bon — Etat chimique mauvais

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0442-D

Version mise à jour en août 2022

*Une mesure annuelle n = 1/**MA** = Moyenne annuelle/**NTU** = Unité de turbidité néphélométrique*

Figure 5-11 Concentration moyenne annuelle des paramètres déclassant de la qualité des eaux souterraines 2014-2019 – Masse d'eau des Calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien

5.3.3.1.3 Masse d'eau FRHG312 : Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district (ancienne masse d'eau FRHG310)

La masse d'eau FRHG310 est découpée en deux nouvelles masses d'eau dans le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 (74) :

- la masse d'eau FRHG312 « Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district » avec :
  - ✓ un objectif de bon état chimique pour 2021 ;
  - ✓ un objectif de bon état quantitatif atteint depuis 2015 ;
- la masse d'eau FRHG311 « Calcaires Dogger entre Armançon et la Seine », non concernée par l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo ni par l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

La qualité de la masse d'eau souterraine du Dogger FRHG312 n'est pas analysée localement au sens de la directive cadre sur l'eau car ce référentiel n'est pas adapté au contexte hydrogéologique à l'aplomb du centre de stockage Cigéo (nappe non affleurante, ne faisant pas l'objet de suivis physico-chimiques).

Cette masse d'eau a officiellement été qualifiée de « bon état » chimique, selon les données publiques du système d'information sur l'eau du bassin Seine-Normandie (données état des lieux 2019, pressions significatives 2019 et risque de non atteinte des objectifs environnementaux (RNAOE) 2027 à l'échelle de chaque masse d'eau).

Des analyses ont été réalisées sur les ouvrages EST322 et EST312 pour déterminer les interactions éventuelles avec les autres nappes et les zones de recharge.

Selon les résultats des analyses chimiques, les eaux du Dogger sont beaucoup plus chargées en substances dissoutes que celles de l'Oxfordien. Les eaux du Dogger présentent un faciès chloruré sulfaté sodique. Leur salinité varie de 1 $g.L^{-1}$ à 8 $g.L^{-1}$ alors que celle de l'Oxfordien est inférieure à 1,5 $g.L^{-1}$. Elles sont d'un à deux ordres de grandeur plus concentrées en chlorures que celles de l'Oxfordien.

5.3.3.2 Synthèse de l'état global des masses d'eau et enjeux associés

Le tableau suivant présente l'état global des masses d'eau selon l'état des lieux de l'Agence de l'eau Seine-Normandie 2019 pour l'ensemble des masses d'eau concernées par le projet global Cigéo (y compris la ligne 400 kV), hormis les nappes d'accompagnement.

Tableau 5-5 État global des masses d'eau (état des lieux 2019 de l'Agence de l'eau Seine-Normandie)

Masse d'eau	Code	État quantitatif 2019	État chimique 2019	État global 2019
Calcaires tithonien karstique entre Seine et Ornain (Calcaires du Barrois)	FRHG303	Bon	Bon	**Bon**
Calcaires tithonien karstique entre Ornain et limite du district (Calcaires du Barrois)	FRHG302	Bon	Mauvais	**Mauvais**
Calcaires kimméridgien-oxfordien karstique entre Seine et Ornain	FRHG306	Bon	Bon	**Bon**
Calcaires kimméridgien-oxfordien karstique nord-est du district (entre Ornain et limite du district)	FRHG305	Bon	Mauvais	**Mauvais**
Calcaires Dogger entre Seine et limite de district	FRHG312	Bon	Bon	**Bon**
Albien-néocomien libre entre Seine et Ornain	FRHG215	Bon	Mauvais	**Mauvais**
Albien-néocomien captif	FRHG218	Bon	Bon	Bon
Craie de Champagne sud et centre	FRHG208	Mauvais	Mauvais	**Mauvais**
Alluvions du Perthois	FRHG005	Bon	Bon	Bon
Calcaires du Dogger versant Meuse sud	FRB1G111	Bon	Bon	Bon
Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin	FRCG110	Bon	Mauvais	**Mauvais**
Calcaires des côtes de Meuse de l'Oxfordien et du Kimméridgien et argiles du Callovo-Oxfordien	FRB1G113	Bon	Mauvais	**Mauvais**
Alluvions quaternaires du bassin versant de la Meuse	FRB1G115	Bon	Bon	Bon
Grès du Trias inférieur au nord de la faille de Vittel	FRCG105	Bon	Bon	Bon
Domaine du Lias et du Keuper du plateau lorrain versant Rhin	FRCG108	Bon	Mauvais	**Mauvais**

L'enjeu quantitatif et qualitatif est :

- fort pour les eaux souterraines des Calcaires du Barrois, du fait du caractère karstique et affleurant, de sa capacité aquifère, du bon état quantitatif et de l'objectif de bon état de la qualité des eaux ;
- fort pour les eaux souterraines des Calcaires du Kimméridgien-Oxfordien, du fait du caractère karstique de cette formation, de son affleurement possible, du bon état quantitatif et de l'objectif de bon état de la qualité des eaux ;
- faible pour les eaux souterraines des Calcaires du Dogger, malgré le bon état global de cet aquifère, du fait de sa nature peu fracturée et sous couverture marneuse ;

- fort pour les nappes d'accompagnement/alluviales, du fait de leur caractère affleurant en connexion directe avec les cours d'eau et de la présence de la nappe alluviale de l'Orge au droit du centre de stockage Cigéo ;
- fort pour les aquifères de l'Albien et du Néocomien, du fait du caractère affleurant, de la nature sableuse de l'aquifère, du bon état quantitatif et de l'objectif de bon état de la qualité des eaux ;
- fort pour les aquifères de Craie de Champagne sud et centre, du fait du caractère affleurant, de son pouvoir de dissolution par les eaux de surface ;
- fort pour l'aquifère des alluvions du Perthois, du fait de son caractère affleurant en connexion directe avec les cours d'eau et du bon état quantitatif et qualitatif des eaux ;
- fort pour les aquifères du Dogger versant Meuse et des côtes de Moselle, du fait du caractère karstique de ces aquifères, de la perméabilité inhérente, du bon état quantitatif et de l'objectif de bon état de la qualité des eaux ;
- fort pour les aquifères des Calcaires des côtes de Meuse de l'Oxfordien et du Kimméridgien et argiles du Callovo-Oxfordien, du fait du caractère affleurant, en contact avec des nappes alluviale et du bon état quantitatif ;
- fort pour l'aquifère des alluvions quaternaires du bassin versant de la Meuse, du fait de son caractère affleurant en connexion directe avec les cours d'eau et du bon état quantitatif et qualitatif des eaux ;
- fort pour les aquifères du Grès du Trias inférieur au nord de la faille de Vittel, du fait de son caractère fracturé et du bon état quantitatif et qualitatif des eaux ;
- fort pour les aquifères du Domaine du Lias et du Keuper du plateau lorrain versant Rhin, du fait de son caractère affleurant ou non, du bon état quantitatif et de l'objectif de bon état de la qualité des eaux.

Ainsi, l'enjeu quantitatif et qualitatif est globalement fort pour les eaux souterraines.

5.3.3.3 Caractéristiques radiologiques

5.3.3.3.1 Contexte réglementaire

Il n'existe pas de texte réglementaire fixant des limites de radioactivité dans l'environnement ou dans les ressources en eaux destinées à la consommation humaine (eaux de surface ou eaux brutes).

Des niveaux de référence, issus de l'arrêté du 11 janvier 2007 (91) relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, référencé à l'article R. 1321-3 du code de la santé publique, sont utilisés à titre indicatif pour les paramètres suivants : activité alpha et bêta globale, dose totale indicative (DTI) et tritium. Ces niveaux sont présentés dans le tableau 5-6 ci-dessous.

Des niveaux de référence, issus de l'arrêté du 11 janvier 2007 (91) relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, référencé à l'article R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique, sont utilisés à titre indicatif pour les paramètres indicateurs de la radioactivité suivants :

- l'activité alpha globale est un indicateur de présence de radionucléides émetteurs alpha ;
- l'activité bêta résiduelle est un indicateur de présence de radionucléides émetteurs bêta ;
- la dose totale indicative (DTI) correspond à la dose efficace résultant de l'ingestion de radionucléides présents dans l'eau durant une année de consommation ;
- le tritium indique la radioactivité issue d'activités anthropiques.

Tableau 5-6 Valeur indicative des niveaux de radioactivité de référence dans les eaux destinées à la consommation humaine

Paramètres	Références de qualité déclenchant la réalisation d'analyses complémentaires	Unités
Activité alpha globale.	0,1	$Bq.L^{-1}$
Activité bêta globale résiduelle.	1	$Bq.L^{-1}$
Dose totale indicative (DTI).	0,10	$mSv.an^{-1}$
Tritium	100	$Bq.L^{-1}$

Il n'existe pas de mesure sur l'état radiologique des masses d'eau concernées par les opérations des autres maîtres d'ouvrages du projet global Cigéo.

Ce chapitre présente l'état radiologique des masses d'eau concernées par le centre de stockage Cigéo.

5.3.3.3.2 État radiologique des nappes des Calcaires du Barrois

Les masses d'eau concernées sont FRHG302 « Calcaires tithonien karstique entre Ornain et limite du district » et FRHG303 « Calcaires tithonien karstique entre Seine et Ornain ».

Malgré l'absence de déchet radioactif dans le Laboratoire de recherche souterrain, le comité local d'information et de suivi (CLIS) du Laboratoire de recherche souterrain de Bure, a demandé que les eaux des Calcaires du Barrois fassent l'objet d'une surveillance radiologique annuelle, ce qui est fait depuis 2002.

» LE COMITÉ LOCAL D'INFORMATION ET DE SUIVI

Depuis l'an 2000, il existe auprès du Laboratoire souterrain de Bure, une association dénommée comité local d'information et de suivi (CLIS) chargée d'une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de recherche sur la gestion des déchets radioactifs et, en particulier, sur le stockage de ces déchets en couche géologique profonde. Le CLIS a été créé par la loi de 1991 (92).

Ce comité comprend des représentants de l'État et de l'agence régionale de santé (ARS), deux députés, deux sénateurs et des élus des collectivités territoriales (consultées à l'occasion de l'enquête publique ou concernées par les travaux du laboratoire), des représentants d'associations de protection de l'environnement, de syndicats agricoles, d'organisations professionnelles, d'organisations syndicales de salariés représentatives et de professions médicales, des personnalités qualifiées ainsi que l'Andra.

Le CLIS est informé régulièrement des objectifs du programme du Laboratoire souterrain, de la nature des travaux et des résultats obtenus dans le cadre des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs. Il est consulté sur toutes questions relatives au fonctionnement du laboratoire ayant des incidences sur l'environnement et le voisinage.

Il travaille en lien avec la Commission nationale d'évaluation (CNE) chargée d'évaluer annuellement l'état d'avancement des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs et le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), l'instance nationale d'information, de concertation et de débat sur les risques liés aux activités nucléaires et l'incidence de ces activités sur la santé des personnes, sur l'environnement et sur la sécurité nucléaire.

Les trois forages de surveillance du laboratoire utilisés pour le suivi des eaux des Calcaires du Barrois sont EST1011, EST1037[15] et EST1038. Leur localisation est présentée au chapitre 2.4.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

Les résultats de ces campagnes sont inférieurs aux limites de détection des appareils utilisés lors des analyses pour les paramètres suivants :

- ^{137}Cs : valeurs inférieures à 0,009 Bq/L (seuil de décision 2020 pour la fraction soluble) ;
- ^{3}H : valeurs inférieures à 2,8 Bq/L (seuil de décision 2020).

» SEUIL DE DECISION (SD)

Le seuil de décision (souvent confondu avec le seuil de détection) est le seuil ou lequel on peut dire que statistiquement parlant un appareil de mesure donne un résultat de mesure probant (qui statistiquement émerge du bruit de fond naturel). La limite de détection LD = 2 x SD.

Les résultats des mesures des niveaux de radioactivité bêta et alpha global sont présentés dans le tableau 5-7.

Tableau 5-7 Niveaux de radioactivité dans les eaux souterraines du Barrois

Réf. Forage	Alpha global	Béta global	Unités	Fraction
EST 1011	Valeur max sur 2002-2020 = 0,036 Bq/L (2020)	Valeur max sur 2002-2020 = 0,15 Bq/L (2010)	$Bq.L^{-1}$	Soluble
EST 1037	Valeur max sur 2002-2020 = 0,045 (2010)	Valeur max sur 2002-2020 = 0,31 (2004)	$Bq.L^{-1}$	Soluble
EST 1038	Valeur max sur 2002-2020 = 0,13 (2004)	Valeur max sur 2002-2020 = 0,4 (2004)	$Bq.L^{-1}$	Soluble

La radioactivité des eaux du Barrois de l'aire d'étude rapprochée est très faible, à des niveaux cohérents avec le bruit de fond naturel et avec les valeurs publiées par l'IRSN sur le site internet du réseau national de mesure (RNM) ainsi que dans les bilans de l'état radiologique français.

[15] Ce forage a fait l'objet d'acte de malveillance en avril 2018, des travaux de réfection sont prévus dès obtention de l'autorisation préfectorale nécessaire.

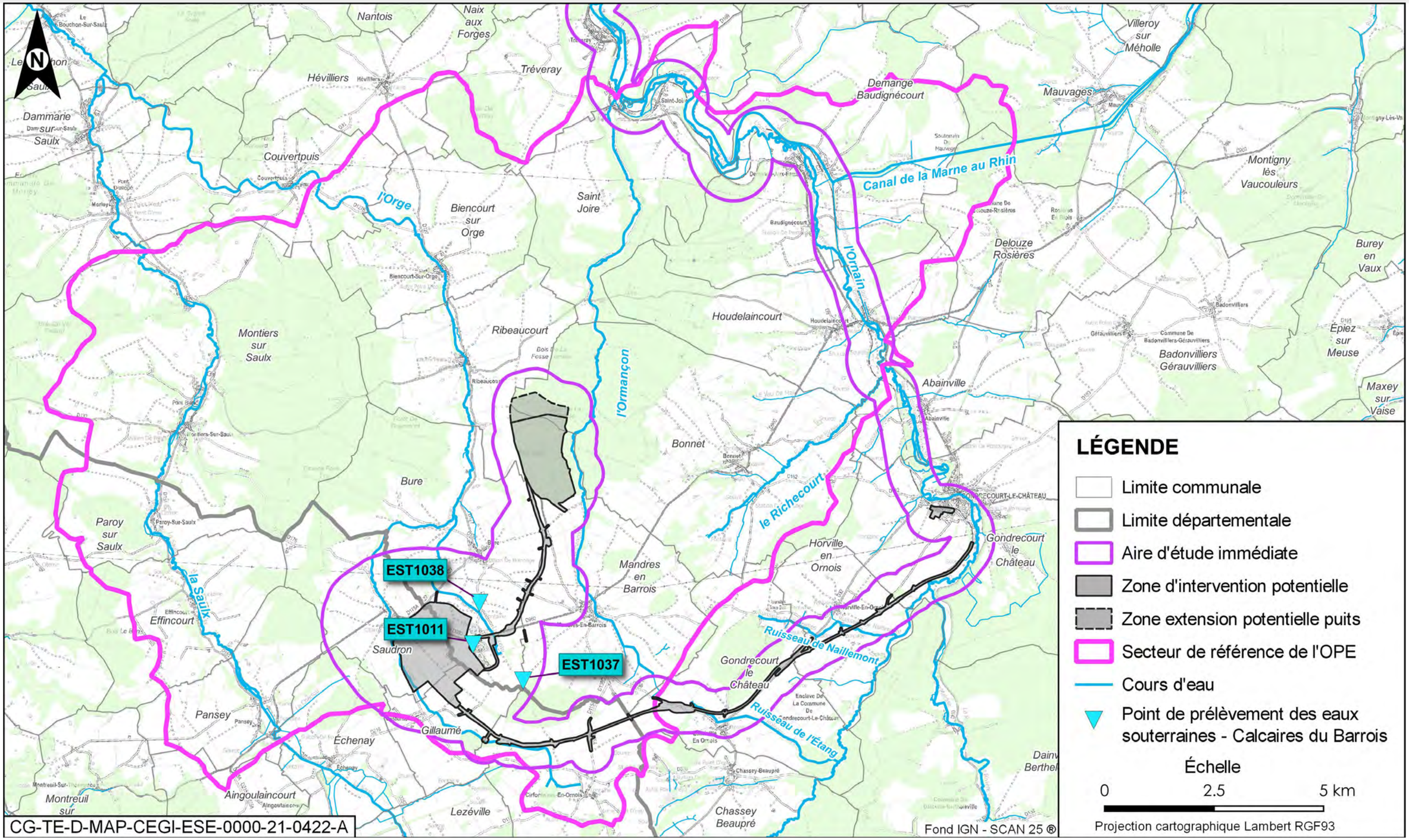


Figure 5-12 Localisation des points de prélèvement des échantillons pour les mesures de la radioactivité dans les eaux souterraines (Calcaires du Barrois)

5.3.3.3.3 État radiologique des nappes de l'Oxfordien calcaire – Dogger

Les masses d'eau concernées sont FRHG305 « Calcaires kimméridgien-oxfordien karstique nord-est du district (entre Ornain et limite du district) », FRHG306 « Calcaires Kimméridgien-Oxfordien karstique entre Seine et Ornain », et FRHG312 « Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district ».

Une campagne spécifique pour mesurer les niveaux de radioactivité alpha et bêta global des eaux de l'Oxfordien et du Dogger a été menée en 2015. Les résultats des mesures réalisées sont présentés dans tableau 5-8.

Le tritium et le carbone 14, naturels, étant produits par les effets des rayons cosmiques, sont absents dans les eaux souterraines profondes (Calcaires Oxfordien et Dogger), sans communication avec la surface.

Tableau 5-8 Niveaux de radioactivité dans l'eau souterraine profonde (Nappes du Dogger et de l'Oxfordien calcaire)

Paramètre	Nappe de l'Oxfordien calcaire	Nappe du Dogger	Unités	Fraction
Forage	MSE101	EST210		
Alpha global	0,14 ± 0,07	0,41 ± 0,24	$Bq.L^{-1}$	Soluble
Bêta global	1,6 ± 0,3	1,19 ± 0,38	$Bq.L^{-1}$	Soluble

La radioactivité des masses d'eau de l'Oxfordien calcaire - Dogger est très faible et à des niveaux cohérents avec le bruit de fond naturel.

5.3.4 Utilisation des eaux souterraines

L'eau contenue dans les différents horizons aquifères peut être utilisée afin d'alimenter différents types de captages : captages d'alimentation en eau potable (AEP), agricole (AEA), industriel (AEI)… Les écosystèmes naturels contribuent à la recharge en eau potable des différents aquifères non captifs, c'est pourquoi il est considéré que tous les écosystèmes contribuent plus ou moins au service écosystémique de fourniture d'eau potable (service écosystémique de production d'eau disponible pour l'homme). Ils contribuent également à l'épuration des polluants, considéré comme un service écosystémique de régulation.

Les différents types de captages recensés dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo sont recensés dans les chapitres suivants. Leur inventaire provient de l'enquête complémentaire de l'Andra réalisée en septembre 2020, ainsi que d'informations communiquées par l'ARS pour ce qui est des AEP et de la banque de données sur le sous-sol (BRGM – données octobre 2019 et actualisation en juin 2020) pour les autres usages.

5.3.4.1 Captages d'alimentation en eau potable (AEP)

Un périmètre de protection de captage est un dispositif rendu obligatoire par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (80) (article L-1321-2 du code de la santé public). Il constitue la limite de l'espace réservé réglementairement autour d'un captage utilisé pour l'alimentation en eau potable, après avis d'un hydrogéologue agréé. Ce périmètre vise à prévenir les risques de pollutions ponctuelles ou diffuses sur un point de prélèvement d'eau pour la consommation humaine. Ils sont rendus officiels par déclaration d'utilité publique (DUP).

Contre les pollutions locales, ponctuelles et accidentelles, la réglementation instaure ainsi des périmètres de protection autour des captages d'eau (article L. 1321-2 du code de la santé publique), mis en œuvre par les agences régionales de santé (ARS) :

- le périmètre de protection immédiate (PPI) : site de captage clôturé (sauf dérogation) appartenant à une collectivité publique, dans la majorité des cas. Toutes les activités y sont interdites hormis celles relatives à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage de prélèvement de l'eau et au périmètre lui-même. Son objectif est d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter le déversement de substances polluantes à proximité immédiate du captage ;
- le périmètre de protection rapprochée (PPR) : secteur plus vaste (en général quelques hectares) pour lequel toute activité susceptible de provoquer une pollution y est interdite ou est soumise à prescription particulière (construction, dépôts, rejets…). Son objectif est de prévenir la migration des polluants vers l'ouvrage de captage ;
- le périmètre de protection éloignée (PPE) : facultatif, ce périmètre est créé si certaines activités sont susceptibles d'être à l'origine de pollutions importantes. Il recouvre en général l'ensemble du bassin d'alimentation du captage (BAC) ou aire d'alimentation du captage (AAC).

5.3.4.1.1 Dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo

Les collectivités de l'aire d'étude éloignée sont alimentées en eau potable :

- soit de façon autonome par leur propre captage ;
- soit par un syndicat intercommunal.

Tous les captages de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo captent la ressource en eau issue des masses d'eau FRHG303 « Calcaires Tithonien karstique entre Seine et Ornain » et FRHG306 « Calcaires Kimméridgien-Oxfordien karstique entre Seine et Ornain ».

Dans l'aire d'étude éloignée, aucun captage ne capte la ressource de la masse d'eau FRHG312 « Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district » (correspondant à l'ancienne masse d'eau FRHG310).

Le tableau 5-9 recense l'ensemble des captages d'alimentation en eau potable collectifs de l'aire d'étude éloignée et précise la masse d'eau captée, selon les informations issues du site Infoterre[16] et du site ARS Grand Est. Le tableau 5-10 donne la liste des captages AEP pour l'usage d'alimentation en eau potable individuel au sein de l'aire d'étude éloignée.

La figure 5-12, la figure 5-13,et la figure 5-14, localisent l'ensemble des captages AEP collectif recensés dans l'aire d'étude éloignée accompagnés, quand ils existent, de leurs périmètres de protection.

En synthèse, sur l'aire d'étude éloignée :

- 32 sources, forages et puits pour l'alimentation en eau potable concernant la masse d'eau FRHG303, dont 17 ;
- 17 sources, forages et puits pour l'alimentation en eau potable concernant la masse d'eau FRHG306 ;
- 4 puits ou forages concernent des aquifères alluvionnaires développées sur la formation des Marnes du Kimméridgien ;
- sur les 52 captages identifiés pour l'alimentation en eau potable des populations dans l'aire d'étude éloignée, 27 sont déclarés d'utilité publique.

[16] http://infoterre.brgm.fr/

Tableau 5-9 Liste des captages AEP pour l'alimentation en eau potable des collectivités au sein de l'aire d'étude éloignée (dernière actualisation avril 2022)

Code BSS		Nom du captage	Commune	Département	Maître d'ouvrage	DUP (périmètre de protection)	Masse d'eau	Profondeur (m)	Aquifère concerné
Nouveau	Ancien								
BSS000UNTH	02661X0027	Forage de Baudignécourt	Baudignécourt	55	SIAEP Baudignécourt-Demange	**Oui**	HG306	21	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNBD	02654X0015	Forage de Biencourt	Biencourt-sur-Orges	55	SIAEP de la Vallée de l'Orge	Oui	HG303	80	Calcaires du Barrois
BSS000UNTD	02661X0021	Forage de Bonnet	Bonnet	55	Commune de Bonnet	**Oui**	HG306	15	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000SBSS	02285X0013	Source du Goulot	Boviolles	55	Régie	Non	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000UPBD	02665X0001	Forage de Chassey-Beaupré	Chassey-Beaupré	55	SIVU du Haut Ornain	Non	HG306	85	Oxfordien supérieur
BSS000UMYH	02652X1004	Source de Chevillon	Chevillon	52	SIAEP de Fontaines-sur-Marne et Sommeville	**Oui**	HG303	Source	Calcaires du Barrois
BSS000UNDQ	02655X0028	Puits de Chevillon	Chevillon	52	SIAEP de Fontaines-sur-Marne et Sommeville	**Oui**	HG303	4,5	Calcaires du Barrois
BSS000UPDG	02665X1002	Forage de Cirfontaines-en-Ornois	Cirfontaines-en-Ornois	52	Cirfontaines-en-Ornois	**Oui**	HG306	34	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNEG	02656X0005	Autigny-le-Petit	Curel	52	SIEP Chatonrupt-Curel	**Oui**	HG303	Source	Calcaires du Barrois
BSS000UNHQ	02657X0007	Source de Massonfosse	Échenay	52	Syndicat des Eaux d'Échenay	**Oui**	HG306	Source	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNJP	02657X0030	Forage F2 de 1977	Échenay	52	Syndicat des Eaux d'Échenay	**Oui**	HG306	47,5	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000PWUT	01916X0010	Forage de Fains Véel	Fains-Véel	55	Syndicat mixte des eaux Sud-Meuse (ancien SIVOM des quatre Cantons)	Oui	HG303	16	Calcaires du Barrois
BSS000PWUW	01916X0013	Source de Fains Véel	Fains-Véel	55	Syndicat mixte des eaux Sud-Meuse (ancien SIVOM des quatre Cantons)	Oui	HG303	Source	Calcaires du Barrois
BSS000SBBK	02278X0010	Captage des Vieilles Forges	Givrauval	55	Communauté d'agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse	**Oui**	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000SBBU	02278X0019	Corroy	Givrauval	55	Communauté d'agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse	Non	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000UNUK	02662X0009	Puits de Gondrecourt	Gondrecourt-le-Château	55	SIVU du Haut Ornain	**Oui**	HG306	5	Alluvions récentes Ornain
BSS000UNVE	02662X0028	Forage du Muleau	Gondrecourt-le-Château	55	SIVU du Haut Ornain	**Oui**	HG306	60	Oxfordien supérieur
BSS000UPBE	02665X0002	Source de Naillemont	Horville-en-Ornois	55	SIAEP Horville-Tourailles	En cours	HG306	Source	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UPCK	02665X0031	Forage d'Horville	Horville-en-Ornois	55	SIAEP Horville-Tourailles	En cours	HG306	35	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNSL	02661X0004	Puits d'Houdelaincourt	Houdelaincourt	55	Syndicat mixte eaux Sud Meuse	En cours	HG306	4,05	Kimméridgien/Alluvions de l'Ornain
BSS000SBBV	02278X0020	Puits du SIVOM du centre Ornain	Menaucourt	55	Puits du SIVOM du centre Ornain	**Oui**	HG303	2	Calcaires du Barrois
BSS000UMZC	02653X0004	Forage communal	Montiers-sur-Saulx	55	Communes de Montiers-sur-Saulx	**Oui**	HG303	20	Calcaires du Barrois
BSS000UNJJ	02657X0025	Source	Montreuil-sur-Thonnance	52	Communauté de communes du Bassin de Joinville en Champagne	Non	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000SADZ	02274X0009	Le Rahlier	Nançois-sur-Ornain	55	Communauté d'agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse	Non	HG303	4,5	Calcaires du Barrois

Code BSS		Nom du captage	Commune	Département	Maître d'ouvrage	DUP (périmètre de protection)	Masse d'eau	Profondeur (m)	Aquifère concerné
Nouveau	Ancien								
BSS000SAZL	02277X0021	Source de la Fosse	Nant-Le-Grand	55	Communauté d'agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse	En cours	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000SBCQ	02278X0039	Les Grandes Fontaines	Nantois	55	Communauté d'agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse	En cours	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000SBDB	02278X0050	Source Nantois	Nantois	55	Communauté d'agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse -	Non	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000UNEK	02656X0009	Source Osne-le-Val	Osne-le-Val	52	Communauté d'agglomération Saint-Dizier	**Oui**	HG303	Source	Calcaires du Barrois
BSS000UNJA	02657X0017	Ferme les Ecruts	Pansey	52	Syndicat intercommunal des eaux d'Échenay	Non	HG303	'-	Calcaires du Barrois
BSS000UNJK	02657X0026	Prairie des Noues	Poissons	52	Régie	Non	HG306	11,2	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UMVJ	02651X0045	Forage ESP la Prairie	Râchecourt-sur-Marne	52	Communauté d'agglomération Saint-Dizier	Non	HG303	9	Calcaires du Barrois
BSS000UNAU	02654X0006	Ancien forage F3 de Ribeaucourt	Ribeaucourt	55	SIAEP de la Vallée de l'Orge	Oui	HG303	63	Calcaires du Barrois
BSS000UNAR	02654X0003	Val Rolot	Ribeaucourt	55	SIAEP de la Vallée de l'Orge	Oui	HG303	63	Calcaires du Barrois
BSS000UNEN	02656X0012	Les poteaux station de pompage de Joinville	Rupt (Joinville)	52	Affermage ou régie	**Oui**	HG306	6	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNEE	02656X0004	Puits Dame Cole	Rupt (Joinville)	52	Affermage ou régie	**Oui**	HG306	3,4	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000SAHF	02275X0026	Source de Rupt-aux-Nonains	Rupt-aux-Nonains	55	Syndicat mixte des eaux Sud-Meuse (ancien SIVOM des 4 Cantons)	**Oui**	HG303	Source	Calcaires du Barrois
BSS000UNHL	02657X0003	Source de Némont	Sailly	52	Sailly	**Oui**	HG303	Source	Calcaires du Barrois
BSS000SBTU	02285X0039	Forage de Saint-Joire	Saint-Joire	55	SIEP Tréveray - Saint-Joire	**Oui**	HG303	16	Calcaires du Barrois
BSS000SBTU	02285X0039	Forage profond	Saint-Joire	55	SIAEP Tréveray – Saint-Joire	**Oui**	HG303	16	Calcaires du Barrois
BSS000RZYP	02273X0011	Jardin Lemoine	Tannois	55	Communauté d'Agglomération Bar-Le-Duc Sud Meuse -	En cours	HG303	0	Calcaires du Barrois
BSS000UNFP	02656X0037	Source de Thonnance-lès-Joinville	Thonnance-lès-Joinville	52	SIAP Thonnance-lès-Joinville	**Oui**	HG306	Source	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNET	02656X0017	Thonnance-lès-Joinville	Thonnance-lès-Joinville	52	SIAP Thonnance-lès-Joinville	**Oui**	HG306	Source	Kimméridgien-Oxfordien
BSS000UNFQ	02656X0038	Les Roies Montantes	Vecqueville	52	Régie	Non	HG303	4,5	Alluvions de la Marne et Calcaire du Barrois
BSS000UNEL	02656X0010	Entrée de la Varenne	Vecqueville	52	Régie	Non	HG303	4,5	Alluvions de la Marne et Calcaire du Barrois
BSS000RZLT	02268X1038	Ancien Forage De Gue	Ancerville	55	-	Non	HG303	4,2	Calcaires du Barrois
BSS000RZLU	02268X1039	Nouveau Forage De Gue	Ancerville	55	-	Oui	HG303	16	Calcaires du Barrois
BSS000RZLF	02268X1026	Forage Des Islottes 1 Lieu-dit Gue	Ancerville	55	Commune de Saint-Dizier	Non	HG303	21,6	Calcaires du Barrois
BSS000RZLG	02268X1027	Forage Des Islottes 2 Lieu-dit Gue	Ancerville	55	Commune de Saint-Dizier	Non	HG303	15,4	Calcaires du Barrois

Code BSS		Nom du captage	Commune	Département	Maître d'ouvrage	DUP (périmètre de protection)	Masse d'eau	Profondeur (m)	Aquifère concerné
Nouveau	Ancien								
BSS000RZLH	02268X1028	Forage Des Islottes 3 Lieu-dit Gue	Ancerville	55	Commune de Saint-Dizier	Non	HG303	24,7	Calcaires du Barrois
BSS000SBTV	02285X0040	Sondage à côté de la station de pompage	Saint-Joire	55	/	Non	HG303	9	Calcaires du Barrois
BSS000UNTA	02661X0018	À côté de la station de pompage	Houdelaincourt	55	/	Non	HG306	30,17	Kimméridgien-Oxfordien

Tableau 5-10 Liste des captages AEP dont l'usage d'alimentation en eau potable individuel est à confirmer au sein de l'aire d'étude éloignée (octobre 2019 et avril 2022)

Code BSS		Nom du captage	Commune	Département	Maître d'ouvrage	DUP (périmètre de protection)	Masse d'eau	Profondeur (m)	Aquifère concerné
Nouveau	Ancien								
BSS000RZYQ	02273X0012	Source St Bohain	Guerpont	55	/	/	/	Source	/
BSS000RZYR	02273X0013	Vau durant : Fontaine de Guerpont	Guerpont	55	/	/	/	Source	/
BSS000SAFD	02274X0037	Relai ortf cote 386	Wlleroncourt	55	/	/	/	100	/
BSS000SBBL	02278X0011	Lavoir aval	Longeaux	55	/	/	/	Source	/
BSS000SBBM	02278X0012	Fontaine Fonteraine aep de Morlaincourt	Chanteraine	55	/	/	/	Source	/
BSS000SBCT	02278X0042	Pied de cote plumon	Longeaux	55	/	/	/	28	/
BSS000SBSE	02285X0001	Puits 1 dit puits alluvial	Saint-Joire	55	/	/	/	9	/
BSS000UMTY	02651X0011	Station de pompage de Gourzon et Avrainville	Bayard-sur-Marne	52	/	/	/	5,3	/
BSS000UMUJ	02651X0021	Station de pompage du syndicat	Fontaines-sur-Marne	52	/	/	/	3,9	/
BSS000UMUZ	02651X0036	/	Rachecourt-sur-Marne	52	/	/	/	Source	/
BSS000UMVK	02651X0046	/	Bayard-sur-Marne	52	/	/	/	3,5	/
BSS000UMZE	02653X0006	Lieu-dit la noue - forage d'exploitation	Montiers-sur-Saulx	55	/	/	/	25	/
BSS000UMZR	02653X0017	Forage communal	Montiers-sur-Saulx	55	/	/	/	7	/
BSS000UMZS	02653X0018	Lieu-dit la Minottière	Montiers-sur-Saulx	55	/	/	/	Source	/
BSS000UNAK	02653X1002	Source du fourneau	Paroy-sur-Saulx	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNCP	02655X0003	Breuil-sur-marne - source de la Dheu	Chevillon	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNDE	02655X0018	Bois le grand côté	Chatonrupt-Sommermont	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNDS	02655X0030	Ferme de Bellevue	Vecqueville	52	/	/	/	40	/
BSS000UNEB	02656X0001	Place des halles	Joinville	52	/	/	/	9,3	/
BSS000UNEF	02656X0005	La garenne	Curel	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNEM	02656X0011	Val d'Osne	Rupt	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNFH	02656X0031	Forage 1977	Vecqueville	52	/	/	/	8	/
BSS000UNFT	02656X0041	Forage d'exploitation f3 de 1993 dame Cole	Rupt	52	/	/	/	8	/
BSS000UNHN	02657X0005	Village	Aingoulaincourt	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNKN	02658X0008	Station de pompage sous la vigne	Lezéville	52	/	/	/	34,39	/

Code BSS		Nom du captage	Commune	Département	Maître d'ouvrage	DUP (périmètre de protection)	Masse d'eau	Profondeur (m)	Aquifère concerné
Nouveau	Ancien								
BSS000UNKW	02658X0016	Soulaincourt source du tunnel	Thonnance-les-Moulins	52	/	/	/	Source	/
BSS000UNMD	02658X0047	La Loire	Lezéville	52	/	/	/	330	/
BSS000UNSQ	02661X0008	Source Saint Firmin	Bonnet	55	/	/	/	Source	/
BSS000UNSR	02661X0009	Forage communal	Bonnet	55	/	/	/	61	/
BSS000UNUB	02662X0001	À côté de la station de pompage	Gondrecourt-le-Château	55	/	/	/	10	/
BSS000UPCS	02665X0038	Ferme de Heurtebise	Chassey-Beaupré	55	/	/	/	/	/
BSS000WQFM	03013X0005	Pré Saint-Félix	Noncourt-sur-le-Rongeant	52	/	/	/	Source	/
BSS000WQNF	03021X1001	Nord village	Lecey	52	/	/	/	16	/
BSS002PURW	BSS002PURW	Puits communal	Biencourt-sur-Orge	55	/	/	/	0	/
BSS000RZVT	02272X0052	Station d'essai entre canal et rivière	Longeville-en-Barrois	55	/	/	/	23,15	/
BSS000PWUZ	01916X0016	Hôpital psychiatrique	Fains-Véel	55	/	/	/	5,3	/
BSS000PWRS	01915X0029	Forage communal à bussy-la-cote	Val-d'Ornain	55	/	/	/	10,9	/
BSS000RZLJ	02268X1029	Puits communal lieu-dit gue	Ancerville	55	/	/	/	4,1	/
BSS000RYDM	02264X0030	Puits aep lieu-dit la fosse goulotte	Robert-Espagne	55	/	/	/	5,7	/
BSS000RYDT	02264X0036	Nouveau puits aep	Robert-Espagne	55	/	/	/	11,5	/
BSS000RYCJ	02264X0003	Source du lavoir - ancienne grotte de couvonges	Couvonges	55	/	/	/	Source	/
BSS000RZRC	02271X0012	Fontaine à vaux	Haironville	55	/	/	/	Source	/
BSS000RZRB	02271X0011	Puits alluvial du syndicat	Ville-sur-Saulx	55	/	/	/	8,5	/
BSS000RZRG	02271X0016	Puits intercommunal aep	Saudrupt	55	/	/	/	7	/
BSS000RZQR	02271X0001	Forage communal	Combles-en-Barrois	55	/	/	/	76,75	/
BSS000RZLS	02268X1037	Lieu-dit Marnaval-station de pompage de la ville de Saint-Dizier	Ancerville	55	/	/	/	5	/
BSS000RZUA	02272X0011	Fontaine d'etue	Savonnieres-Devant-Bar	55	/	/	/	2	/
BSS000RZTF	02271X0066	Puits 3 (ancien sondage s2) - haut de la varenne	Saudrupt	55	/	/	/	7	/
BSS000RZTD	02271X0064	Près de la station de pompage lieu-dit haut de la varenne	Saudrupt	55	/	/	/	7,2	/
BSS000RZRV	02271X0030	Station de pompage - forage 2	Combles-en-Barrois	55	/	/	/	75	/

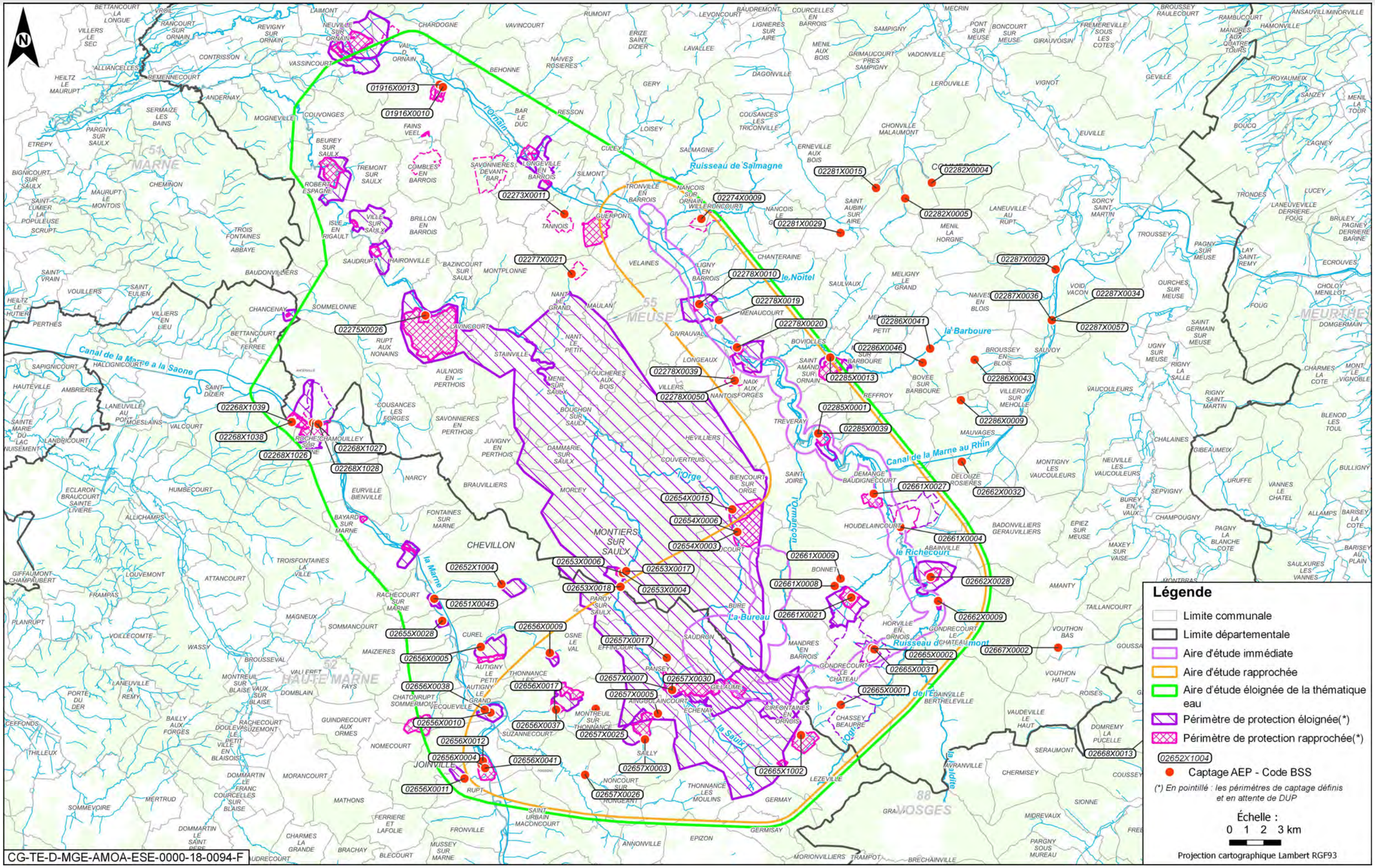


Figure 5-13 Ensemble des captages d'alimentation en eau potable des collectivités et périmètres de protection associés recensés dans l'aire d'étude éloignée (source ARS, dernière actualisation avril 2022)

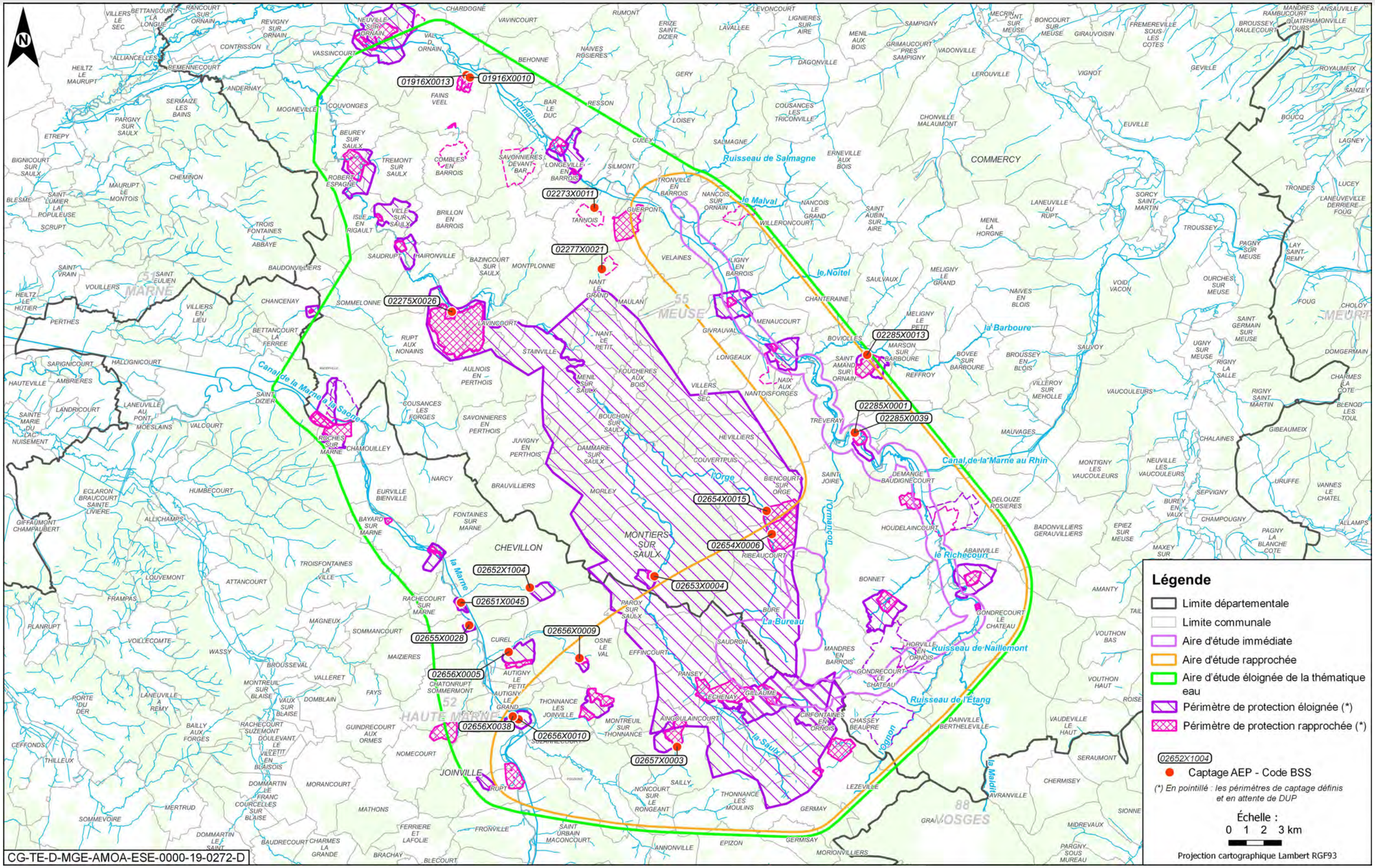


Figure 5-14 Captages dans les Calcaires du Barrois et périmètres de protection associés recensés dans l'aire d'étude éloignée (source ARS, actualisation avril 2022)

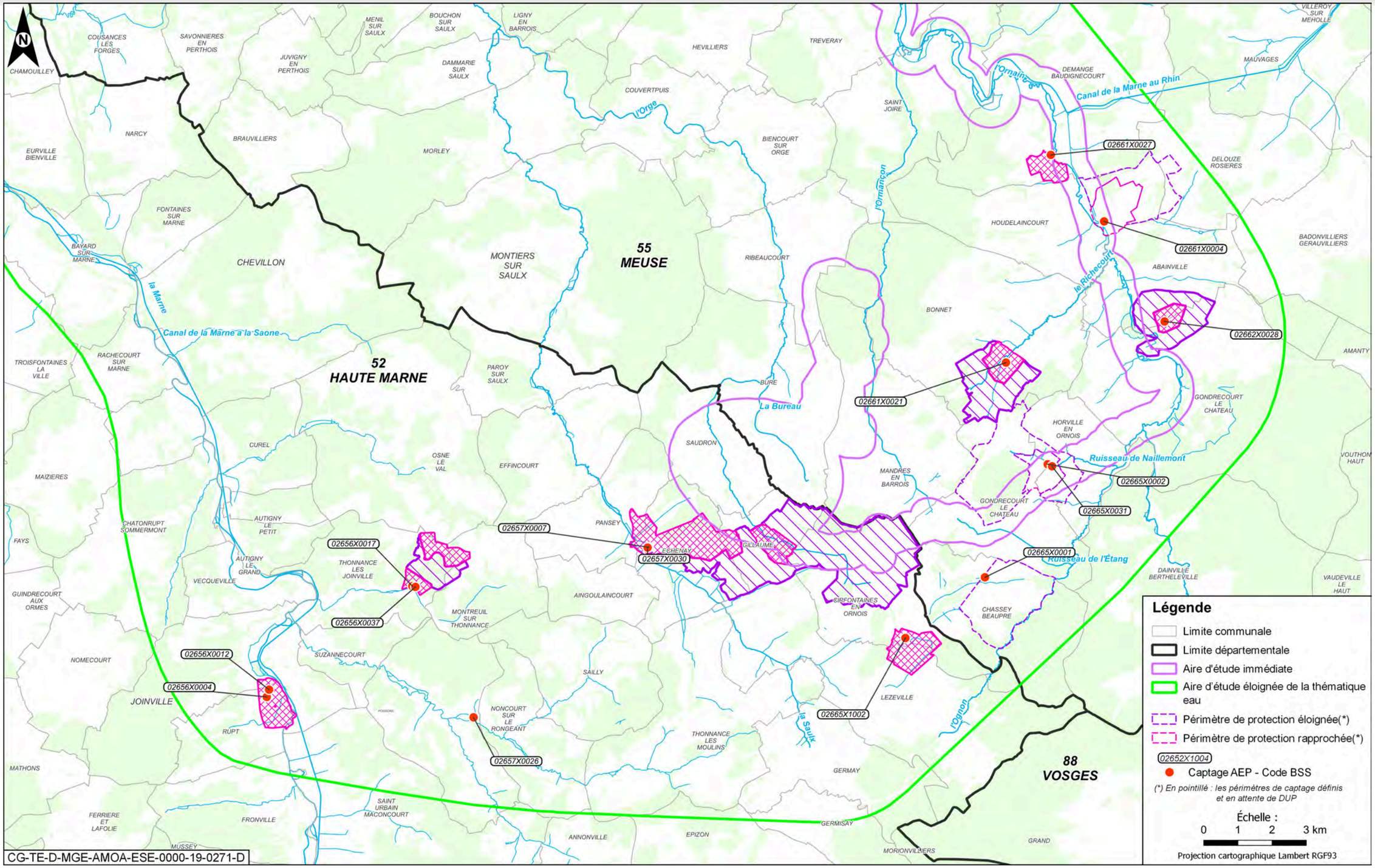


Figure 5-15 Captages dans les Calcaires du Kimméridgien et périmètres de protection associés recensés dans l'aire d'étude éloignée (source ARS, actualisation avril 2022)

5.3.4.1.2 Présentation synthétique des principaux captages d'alimentation en eau potable dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo

Les principaux captages d'alimentation en eau potable, sont présentés ci-après :

- **forage de Bonnet (code BSS 02661X0021)**

  Le forage de Bonnet alimente en eau potable la commune de Bonnet.

  Les périmètres de protection éloignée et rapprochée, entrés en vigueur en 1983, s'inscrivent dans l'aire d'étude rapproché du projet global Cigéo. Le périmètre de protection éloignée recoupe en partie l'aire d'étude de l'opération de sécurisation de la ligne électrique 400 kV. Des restrictions sont prescrites dans la déclaration d'utilité publique du forage.

- **captage AEP de Rupt-aux-Nonains (code BSS 02275X0026)**

  Le captage de Rupt-aux-Nonains, à environ 25 km au nord-ouest de Bure, alimente en eau potable le Syndicat mixte des eaux Sud-Meuse (ancien SIVOM des Quatre Cantons), soit plus de 20 communes et une population d'un peu plus de 7 000 habitants. En 2017, le prélèvement enregistré pour Rupt-aux-Nonains est de 408 660 m3 (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020).

  Ce vaste périmètre de protection éloignée a été défini par avis de l'hydrogéologue agréé et est entré en vigueur en juillet 2017. Ce périmètre couvre l'ensemble du bassin versant de la Saulx et de l'Orge. Cette large extension est liée à celle des circulations karstiques observées ou potentielles participant à l'aire d'alimentation en eau souterraine de ce captage.

  Ainsi le périmètre de protection éloignée de ce captage englobe la zone descenderie, les villages de Bure et Saudron, les variantes d'implantation du poste de transformation RTE et ses liaisons électriques enterrées et les trois options de la déviation de la route départementale D60/960.

- **captages AEP « Source Claire Fontaine Thonnance » (code BSS 02656X0017) et « Source du Mont » (code BSS 02656X0037)**

  Les deux captages alimentent en eau potable la commune de Thonnance-lès-Joinville. Il n'existe pas de suivi des débits des deux émergences captées. À l'étiage, les captages fourniraient respectivement 200 m³/j et 2 400 m³/j.

  Les périmètres de protection éloignée et rapprochée, entrés en vigueur en 1987, s'inscrivent dans l'aire d'étude rapproché du projet global Cigéo.

  Les besoins actuels en eau potable du SIAEP de Thonnance/Suzannecourt sont les suivants :

  - ✓ jour moyen : 160 m³/j ;
  - ✓ jour de pointe : 227 m³/j.

- **captage AEP de Baudignécourt (Code BSS 02661X0027)**

  Ce forage alimente en eau potable les communes de Baudignécourt et de Demange-aux-Eaux. La limite est du périmètre de protection rapprochée est traversé par l'aire d'étude immédiate de la ligne ferroviaire n° 027000 (sur environ 120 mètres). Le stockage de matériaux est réglementé et la construction d'une nouvelle voie de communication ou de parking est interdite. En 2017, le prélèvement enregistré pour Baudignécourt est de 53 372 m³ (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020).

- **captages AEP « Source de Massonfosse » (code BSS 02657X0007) et « forage 1977 d'Échenay » (code BSS0 2657X0030)**

  Les périmètres de protection éloignée et rapprochée de la source de Massonfosse et du forage 1977 d'Échenay localisés à Échenay sont traversés par l'aire d'étude immédiate. En 2017, le prélèvement enregistré pour Échenay est de 113 415 m³ (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020).

  Les besoins actuels en eau potable du SIAEP de la région d'Échenay sont les suivants :

  - ✓ jour moyen : 300 m³/j ;
  - ✓ jour de pointe : 550 m³/j.

  Ces périmètres de protection sont en cours de révision. Une étude de l'aire d'alimentation de captage (AAC) portée par le Syndicat des eaux d'Échenay a été lancée en 2012 sur le captage de la source de Massonfosse. L'objectif est de reconquérir la qualité des eaux brutes de sa ressource, laquelle est altérée par des nitrates, par la mise en place d'un programme d'actions agricoles (cf. Chapitre 5.2.3.1 du présent volume).

  Échenay fait partie des communes classées à l'issue du 3e réexamen ; annexe à l'arrêté préfectoral n° 2012355-0002 du préfet coordonnateur de bassin de 2012 (93). Directive nitrates – zones vulnérables à la pollution par les nitrates d'origine agricole (modifié par les arrêtés préfectoraux du 13 mars 2015 et du 4 juin 2015) (81).

  À l'issue des études de traçage réalisées à la demande du syndicat des eaux, il apparait que l'aire d'alimentation du captage n'est pas en cohérence avec la déclaration d'utilité publique (DUP) actuelle. En effet, les résultats des traçages datés du 2 juillet 2015 montrent que l'eau alimentant le captage du syndicat provient du secteur de Gillaumé/Cirfontaines-en-Ornois (cf. Figure 5-16).

  Le Syndicat des eaux a donc réalisé une demande de révision du périmètre réglementaire auprès de l'ARS. Le projet de périmètre est présenté sur la figure 5-13.

  Par ailleurs, suite à l'avis de l'hydrogéologue agréé pour l'installation terminale embranchée, l'Andra a procédé à une étude de traçage pour affiner ledit avis. L'étude de traçage a permis de mettre en évidence l'absence d'interaction entre la zone descenderie et le captage d'Échenay. La seule préconisation retenue par l'hydrogéologue agréé est la mise en place d'une procédure d'alerte et de secours au moment des travaux ;

- **captages AEP de Givrauval (Code BSS 02278X0010)**

  Le forage se situe à une vingtaine de mètres de la voie. Le périmètre de protection rapprochée est traversé par la ligne ferroviaire n°027000. Les deux périmètres de protection n'exigent pas de restriction au niveau des traitements chimiques mais demandent à ce que des fossés étanches soient disposés le long du périmètre de protection immédiate de chaque côté de la voie au cas où le transport de marchandise viendrait à véhiculer des produits chimiques susceptibles de nuire à la potabilité de l'eau. En 2017, le prélèvement enregistré pour Givrauval est de 495 993 m³ (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020) ;

- **captage AEP de Gondrecourt-le-Château du Muleau (code BSS 02662X0028) et du puits (Code BSS 02662X0009) :**

  La commune de Gondrecourt-le-Château possède deux captages, lesquels recoupent l'aire d'étude immédiate :

  - ✓ le captage d'eau potable du Forage du Muleau (code BSS02662X0028) ; son périmètre de protection éloignée est en partie traversé par l'aire d'étude immédiate ;
  - ✓ le captage du puits alluvial de Gondrecourt-le-Château (BSS02662X0009) ; il puise l'eau dans l'aquifère des alluvions récentes de l'Ornain. Le captage et ses périmètres de protection sont traversés par l'aire d'étude immédiate.

  En 2017, le prélèvement enregistré pour Gondrecourt-le-Château est de 151 561 m³ (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020) ;

- **captage AEP Horville-en-Ornois « Source de Naillemont » (code BSS 02665X0002) et forage d'Horville (code BSS 02665X0031)**

  Les périmètres de protection éloignée et rapprochée de la source et du forage de Naillemont en projet sont recoupés par l'aire d'étude immédiate. En 2017, le prélèvement enregistré pour Horville-en-Ornois est de 0 m³ et de 3 740 m³ en 2015 (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020).

  Ces périmètres de protection ne sont pas en vigueur officiellement (en attente de l'arrêté de déclaration d'utilité publique du captage) mais en cours de définition. Le Syndicat des Eaux Horville-Tourailles réalise actuellement une étude préalable à la procédure de Déclaration d'utilité publique visant à officialiser les périmètres de protection de ce captage actuellement utilisé pour l'alimentation en eau des communes d'Horville-en-Ornois et Tourailles ;

- **captage AEP d'Houdelaincourt (Code BSS 02661X004)**

  Le puits dépend du Syndicat mixte eaux sud Meuse et alimente la commune d'Houdelaincourt. L'aire d'étude immédiate de la ligne ferroviaire n° 027000 est située dans les propositions de tracé des deux périmètres de protection en projet. La proposition de règlement prévoit, pour ce qui concerne le périmètre rapproché, l'interdiction des constructions. En périmètre éloigné, les affouillements de plus de deux mètres sont soumis à la mise en place de dispositifs étanches et de drainage des eaux superficielles. Le stockage de matériaux susceptibles d'altérer la qualité de l'eau est réglementé. En 2017, le prélèvement enregistré pour Houdelaincourt y est de 19 545 m³ (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020).

  Une mise à jour de l'avis de l'hydrogéologue agréé, émis en 2008, est attendue préalablement à l'enquête publique. À noter, que l'aire d'alimentation de captage AAC définie pour le captage ;

- **captage AEP de Menaucourt (Code BSS 02278X0020)**

  La voie ferroviaire 027000 traverse le périmètre de protection éloignée. Le règlement ne formule pas de restriction de traitement chimique. En 2017, le prélèvement enregistré pour Menaucourt est de 551 117 m³ (source BNPE mise à jour le 12 septembre 2019) ;

- **captage AEP de Saint-Joire (Code BSS 02285X0039)**

  Le forage est situé à quelques mètres de la ligne ferroviaire n° 027000. À l'intérieur du périmètre de protection immédiate, toutes les activités et installations autres que celles nécessaires à l'entretien du captage sont interdites. Il en va de même pour l'emploi de traitements phytosanitaires. Des restrictions sont prescrites dans la déclaration d'utilité publique du forage daté du 01/12/2005 par l'hydrogéologue agréé pour certaines activités comme le stockage et les dépôts de produits chimiques et les rejets d'effluents. En 2017, le prélèvement enregistré pour Saint-Joire est de 44 749 m³ (source BNPE mise à jour le 16 janvier 2020).

Les trois captages d'alimentation en eau utilisés dans le cadre de l'opération d'adduction d'eau sont concernés par le projet global Cigéo, il s'agit des captages en eau potable de :

- Thonnance-Lès-Joinville : Captages AEP « Source Claire Fontaine Thonnance » (code BSS 02656X0017) et « Source du Mont » (code BSS 02656X0037) ;
- Échenay : Captages AEP « Source de Massonfosse » (code BSS 02657X0007) et « forage 1977 d'Échenay » (code BSS 02657X0030) ;
- Gondrecourt-Le-Château : Captage AEP de Gondrecourt-le-Château du Muleau (code BSS 02662X0028) et du puits (Code BSS 02662X0009).

Les captages collectifs d'alimentation en eau potable concernés par l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo sont concernés par :

- des ouvrages existants avec la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 (présence de la plateforme ferroviaire dans le périmètre de protection) ;
- les futures opérations du projet global Cigéo.

Pour l'opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, la plateforme ferroviaire traverse trois captages d'alimentation en eau potable (Saint-Joire, Menaucourt et Givrauval) et deux autres captages ont des périmètres de protection longés par l'infrastructure existante (Houdelaincourt et Baudignécourt).

5.3.4.1.3 Captages d'alimentation en eau potable concernés les pylônes de la ligne 400 kV

Les captages collectifs d'alimentation en eau potable dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV sont concernés par des ouvrages existants avec dans certains cas l'implantation d'un ou plusieurs pylônes dans le périmètre de protection.

Ainsi, aux abords de la ligne 400 kV, vingt-six pylônes existants se localisent dans ou à proximité de périmètres de protection de captages d'alimentation en eau potable :

- les pylônes 135 et 136 sont implantés dans le périmètre de protection éloignée du forage alimentant la commune de Voillecomte en eau potable (code BSS 02647X0020) ;
- les pylônes 191 à 208 sont implantés au sein du périmètre de protection éloignée de la source de Rupt-aux-Nonains (Code BSS 02275X0026) ;
- le pylône 219 est en bordure du périmètre de protection éloignée du forage trois - Vallée de Champagne (communes de Gondrecourt-le-Château et Bonnet code BSS 02661X0021) ;
- le pylône 273 est situé dans le périmètre de protection rapprochée du captage de Punerot (code BSS 02675X0059) ;
- les pylônes 277 à 286 sont implantés dans le périmètre de protection éloignée du captage de Colombey-les-Belles (communes d'Autreville, Harmonville et Favières) (code BSS 02672X0035) ;
- les pylônes 292 à 295 sont implantés au sein de périmètres de protection éloignée de plusieurs captages aux abords de la commune de Favières (code BSS 02677X0039).

Les arrêtés de prescription des captages en alimentation en eau potable prennent en considération l'existence et la maintenance de ces infrastructures.

5.3.4.1.4 Cas spécifique des captages prioritaires du Grenelle et de la « Conférence Environnementale »

» CAPTAGES PRIORITAIRES « GRENELLE » ET « CONFÉRENCE ENVIRONNEMENTALE »

La préservation à long terme de la ressource en eau utilisée pour l'alimentation en eau potable a été identifiée comme objectif prioritaire dans le cadre des échanges du Grenelle de l'environnement.

L'une des actions menée pour répondre à cet objectif est d'assurer la protection de l'aire d'alimentation de 500 captages les plus menacés par les pollutions diffuses, objectif inscrit dans la loi Grenelle I du 3 août 2009 (94).

À la suite de la Conférence environnementale de 2013, il a été demandé l'identification de 1 000 ouvrages prioritaires pour doubler l'effort de prévention mis en œuvre depuis le Grenelle de l'environnement. Cette liste inclut les 500 ouvrages « Grenelle » et 500 nouveaux ouvrages, inscrits comme prioritaires dans les SDAGE.

Deux captages d'eau potable identifiés en tant que captages prioritaires sont localisés dans l'aire d'étude éloignée du milieu physique :

- **le captage « Source Claire Fontaine Thonnance » (BSS000UNET/SAEP),** situé à Thonnance-lès-Joinville, à environ 12 km à l'ouest de la zone descenderie ;
- **le captage de Râchecourt-sur-Marne (BSS000UMVJ 02651X0045/F-EXP),** situé au nord-ouest de l'aire d'étude éloignée. La ligne 400 kV passe déjà à l'amont immédiat de ce captage mais elle ne possède pas à cet endroit de pylône dans la vallée alluviale de la Marne.

5.3.4.1.5 Cas spécifique des points de prélèvements sensibles

» POINT DE PRÉLÈVEMENT SENSIBLE

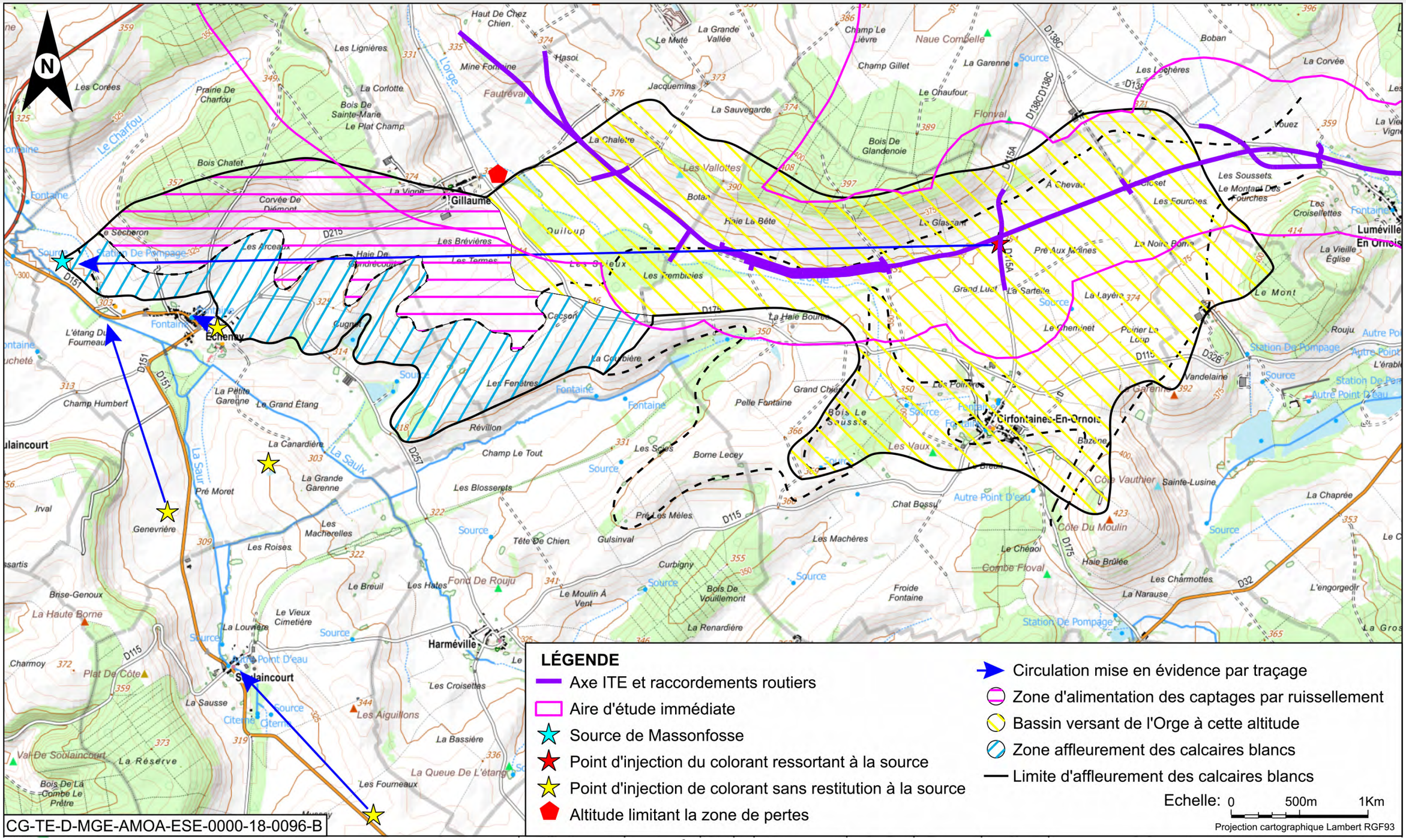
Un point de prélèvement sensible aux pollutions diffuses est un forage en eau souterraine ou un prélèvement en rivière (très minoritaire sur le bassin) pour l'alimentation humaine dont l'eau présente des pollutions mesurées au-delà de certains seuils en nitrates et pesticides prouvant ainsi qu'il est spécifiquement sensible à la pression de ces molécules(95).

Un point de prélèvement sensible est identifié sur la base des seuils de risques définis par la méthodologie nationale :

- pour les nitrates : les points de prélèvement pour lesquels le percentile 90 de la concentration en nitrates est supérieur à 40 mg/l ;
- pour les pesticides : les points pour lesquels la moyenne des moyennes annuelles de la concentration d'un pesticide est supérieure à 0,075 µg/l, ou 0,375 µg/l pour la somme des pesticides.

Onze captages AEP, identifiés comme points de prélèvement sensibles, sont localisés dans l'aire d'étude éloignée du milieu physique :

- « forage de Baudignécourt » (BSS000UNTH , ancien code 02661X0027), localisé sur l'aire d'étude immédiate ;
- « forage de Biencourt » (BSS000UNBD, ancien code 02654X0015) situé à Biencourt-sur-Orge ;
- « forage de Bonnet » (BSS000UNTD, ancien code 02661X0021) ;
- « forage de Chassey-Beaupré » (BSS000UPBD, ancien code 02665X0001) ;
- captage « puits de Chevillon » (BSS000UNDQ, ancien code 02655X0028), localisé sur l'aire d'étude immédiate ;
- captage « source de Massonfosse » (BSS000UNHQ, ancien code 02657X0007) situé à Échenay ;
- « forage du Muleau » (BSS000UNVE, ancien code 02662X0028) situé à Gondrecourt-le-Château ;
- « forage communal » (BSS000UMZC, ancien code 02653X0004) situé à Montiers-sur-Saulx ;
- ancien « forage F3 de Ribeaucourt » (BSS000UNAU, ancien code 02654X0006) ;
- « source de Thonnance-lès-Joinville » (BSS000UNFP, ancien code 02656X0037) ;
- captage « entrée de la Varenne » (BSS000UNEL, ancien code 02656X0010) situé à Vecqueville.



]

Figure 5-16 Identification de la zone de recharge de la nappe qui alimente le captage de la source de Massonfosse et le forage 1977 d'Échenay (Source : avis hydrogéologue agréé)

5.3.4.1.6 Synthèse des ouvrages collectifs d'alimentation en eau potable concernés par les différentes opérations du projet global Cigéo

Les ouvrages collectifs d'alimentation en eau potable susceptibles d'être concernés par le projet global Cigéo sont reportés dans le tableau 5-11, en distinguant les ouvrages pour lesquels le projet intercepte le périmètre de protection éloignée ou le périmètre de protection rapprochée.

Tableau 5-11 Ouvrages d'alimentation en eau potable concernés par le projet global Cigéo par opération

	Centre de stockage Cigéo	Poste de transformation Liaisons électriques enterrées - RTE	Ligne 400 kV - RTE	Adduction d'eau – Syndicats d'eau	Ligne ferroviaire 027000 – SNCF Réseau	Déviation de la route départementale D60/960
Périmètre de protection éloignée d'un ouvrage AEP	Rupt-aux-Nonains (à 24,5 km du captage) Horville-en-Ornois (250 m) pour l'installation terminale embranchée	Rupt-aux Nonains (à 24,5 km du captage)	Forage alimentant la commune de Voillecomte Rupt-aux Nonains (pylônes 191 à 208) Forage 3 – Vallée de Champagne (Gondrecourt-Le-Château/pylônes 219 en limite) Captage de Colombey-les-Belles (pylône 277 à 286) Captages de la commune de Favières (pylônes de 292 à 295)	Thonnance-Lès-Joinville, Échenay, Gondrecourt-le-Château (contigu pour les trois) Rupt-aux-Nonains (à 24,5 km du captage, hors renforcement des communes)	Saint-Joire (contigu), Menaucourt (250 m) et Givrauval (contigu)	Rupt-aux-Nonains (20 km) Échenay (5 km pour l'option sud)
Périmètre de protection rapprochée d'un ouvrage AEP	Horville-en-Ornois (250 m) pour l'installation terminale embranchée	-	Punerot (pylône 273)	Thonnance-Lès-Joinville, Échenay, Gondrecourt-Le-Château (contigu pour les trois)	Saint-Joire (contigu), Menaucourt (250 m) et Givrauval (contigu)	
Total des AEP par opération du projet global Cigéo	**3**	**1**	**6**	**7**	**3**	**2**

5.3.4.1.7 Niveau d'enjeu pour les usages d'alimentation en eau potable

Du fait de la présence des captages d'alimentation en eau potable dans les masses d'eau des Calcaires du Barrois, du Kimméridgien-Oxfordien et des nappes alluviales, l'enjeu est considéré comme fort.

5.3.4.2 Captages d'eau à usage agricole (AEA)

Les captages d'eau à usage agricole ont dans un premier temps été recensés en octobre 2019 pour l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo sur la base Infoterre consultable sur l'Internet. Ces données sont présentées sur la figure 5-17 et le tableau annexe 1-1. La fiabilité de l'usage désigné dans cette base de données peut parfois être faible, compte tenu de l'ancienneté de certaines informations et compte tenu de l'évolution des besoins dits agricoles en fonction de l'évolution de l'activité des exploitations. Parfois, l'usage n'est même pas connu. L'Andra a donc procédé, en complément de la donnée publique, à la vérification/identification des usages actuels des ouvrages situés dans l'aire d'étude immédiate dans le cadre d'une campagne de recensement des captages d'eau et de leur usage en octobre 2020.

La base nationale des prélèvements en eau (BNPE) a également été consultée, les dernières données disponibles (2019) ne répertorient pas de captages à usage agricole dans l'aire d'étude éloignée.

Les captages à usage agricole recensés sont principalement utilisés pour l'eau d'abreuvement du cheptel. Certains captages sont utilisés pour l'aspersion et, dans le cas des captages du département de la Meuse, pour l'irrigation des cultures. Les usages précis d'une partie des captages recensés restent néanmoins non identifiés.

Au total, 64 points sont recensés pour un usage agricole dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo.

Ces points comprennent 31 sources et 32 forages ou puits, qui se répartissent dans l'aquifère des Calcaires du Barrois et dans l'aquifère des Calcaires du Kimméridgien-Oxfordien karstique. Un gué, destiné à l'abreuvage du bétail, est également répertorié.

Du fait des captages à usage agricole dans les masses d'eau des Calcaires du Barrois et du Kimméridgien-Oxfordien, l'enjeu est fort.

5.3.4.3 Captages d'eau à usage industriel (AEI)

Les captages d'eau à usage industriel recensés en octobre 2019 sur la base Infoterre consultable sur l'Internet sont présentés sur la figure 5-17 et le tableau annexe 1-3.

Aucun usage d'eau n'est précisément recensé en termes de qualité et de quantité requises pour l'activité associée. La fiabilité de l'usage désigné est faible, compte tenu de l'ancienneté de certaines informations et compte tenu de l'évolution des besoins dits industriels en fonction de l'évolution de l'activité des établissements. La vérification des usages actuels des ouvrages situés dans l'aire d'étude immédiate a été effectuée en 2020 dans le cadre d'une campagne de recensement des captages d'eau et de leur usage. Aucun nouveau captage à usage industriel n'a été recensé lors de cette campagne, mais il a été constaté que certains captages identifiés correspondent à des piézomètres de contrôle de la qualité des nappes.

Pour cet usage, la base de données sur le sous-sol (BRGM), recense 15 captages d'eau industrielle dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo :

- une source, un piézomètres et 13 forages dans l'aquifère des Calcaires du Barrois ;
- aucun point n'est recensé dans les Calcaires du Kimméridgien-Oxfordien.

En complément, La base nationale des prélèvements en eau indique pour 2019, plusieurs captages à usage industriel listés dans le tableau annexe 1-4.

Du fait des captages à usage industriel dans les masses d'eau des Calcaires du Barrois et du Kimméridgien-Oxfordien, l'enjeu est fort.

5.3.4.4 Autres captages

D'autres captages exploités sont recensés sur Infoterre. Il s'agit de captages d'eau privés, de fontaines, d'eau de services publics (sources, lavoir, anciens puits, etc.).

La vérification des usages actuels des ouvrages situés dans l'aire d'étude immédiate a été réalisée au second semestre 2020 dans le cadre d'une campagne de recensement des captages d'eau et de leur usage. L'ensemble des points référencés constitue le tableau annexe 1-5. L'essentiel des points d'eau recensés correspond à des puits, forages ou captages de sources destinés à l'arrosage des jardins et à l'abreuvement du bétail.

5.3.4.5 Piézomètres de surveillance du Laboratoire de recherche souterrain

Le suivi de la nappe des Calcaires du Barrois réalisé dans le cadre du plan de surveillance du Laboratoire de recherche souterrain est effectué à partir de six forages. Ces forages EST1011, EST1020, EST1021, EST1037[17], EST1038 et EST1039 sont définis à l'article 15 de l'arrêté inter préfectoral n° 2011-1323 du renouvellement d'exploitation du laboratoire signé le 1er juillet 2011 (96). Ces forages sont localisés sur la figure 5-17.

[17] Ce forage a fait l'objet d'acte de malveillance en avril 2018, des travaux de réfection sont prévus dès obtention de l'autorisation préfectorale nécessaire.

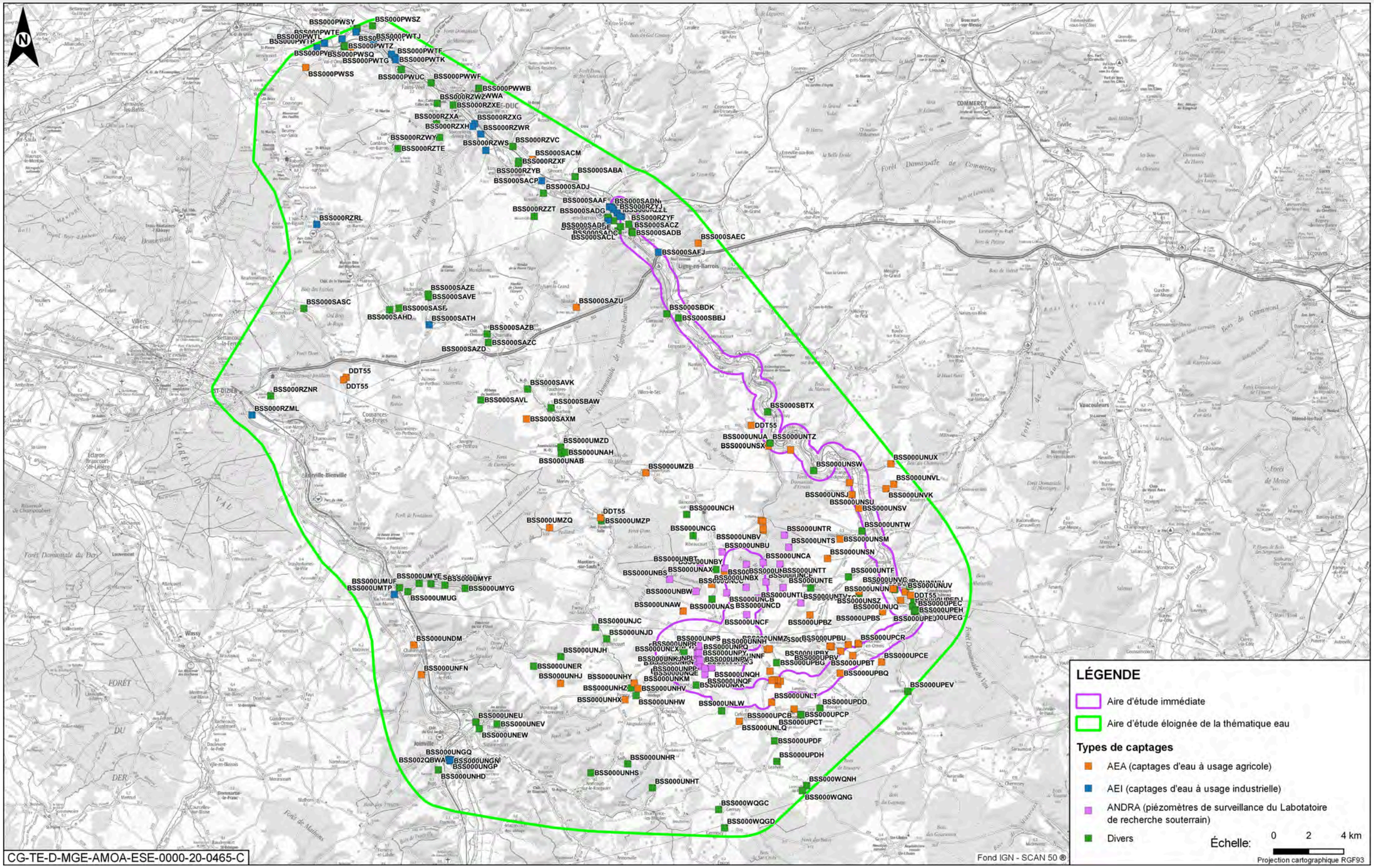


Figure 5-17 Localisation des captages d'eau hors usage AEP (sources BRGM – novembre 2019 et actualisation mai 2022 – et Andra – campagne de recensement 2020)

5.3.5 Risque d'inondation par remontée de nappe

PHÉNOMÈNE DE REMONTÉE DE NAPPE

Les nappes d'eau souterraine sont alimentées par l'infiltration d'une partie de l'eau de pluie qui atteint le sol. Leur niveau varie de façon saisonnale(97) :

- la recharge des nappes a principalement lieu durant la période hivernale car cette saison est propice à l'infiltration d'une plus grande quantité d'eau de pluie : les précipitations sont plus importantes, la température et l'évaporation sont plus faibles, et la végétation, peu active, prélève moins d'eau dans le sol ;
- à l'inverse, durant l'été, la recharge des nappes est faible ou nulle ;
- on appelle « battement de la nappe » la variation de son niveau au cours de l'année.

Si des évènements pluvieux exceptionnels surviennent et engendrent une recharge exceptionnelle, le niveau de la nappe peut alors atteindre la surface du sol et provoquer une inondation « par remontée de nappe ».

Les nappes dont la remontée est susceptible de provoquer des inondations sont :

- les nappes d'eau souterraine dites « libres » (qui ne sont pas séparées du sol par une couche de terrain imperméable) ;
- dont la zone non saturée (couche de terrains contenant à la fois de l'eau et de l'air) est mince.

Le risque d'inondation par remontée de nappe est défini au niveau national par le BRGM. La carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe produite par le BRGM permet de localiser les zones où il y a de fortes probabilités d'observer des débordements par remontée de nappe.

Cette carte repose sur l'exploitation de données piézométriques et de leurs conditions aux limites d'origines diverses (BSS, ADES, déclarations CATNAT, résultats de modèles hydrodynamiques, isopièzes, etc.) qui, après avoir été validées ont permis par interpolation de définir les isopièzes des cotes maximales probables, elles-mêmes permettant par soustraction aux côtes du Modèle Numérique de Terrain (RGE ALTI®) (MNT) d'obtenir les valeurs de débordement potentielles.

Les classes de représentation sont définies de la façon suivante :

- « zone potentiellement sujette aux débordements de nappe » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est négative ;
- « zone potentiellement sujette aux inondations de cave » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est comprise entre 0 mètre et 5 mètres ;
- « pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est supérieure à cinq mètres.

L'aire d'étude éloignée comprend des zones avec des risques d'inondation par remontée de nappe mais au niveau du projet global Cigéo, les situations diffèrent selon l'implantation des ouvrages existants ou futurs (cf. Figure 5-18) :

- pour les installations du centre de stockage Cigéo :
  - ✓ en zone descenderie et en zone puits : pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave mise en évidence ;
  - ✓ au niveau de la liaison intersites : pas de débordement de nappe ni d'inondations de cave hormis au droit de la Bureau et ponctuellement au nord de la route départementale D60/960 ;
  - ✓ au niveau de l'installation terminale embranchée : zones potentiellement sujettes aux inondations de cave et de débordements de nappe, en particulier le long des cours d'eau (l'Ornain et ses affluents) ;
- pour l'alimentation électrique :
  - ✓ au niveau des variantes d'implantation du poste de transformation et du faisceau des liaisons électriques enterrées : pas de débordement de nappe ni d'inondations de cave hormis au droit de la Bureau ;
  - ✓ au niveau de la ligne 400 kV : zones potentiellement sujettes aux inondations de cave et de débordements de nappe, en particulier le long des cours d'eau ;
- pour la mise à niveau de la ligne ferroviaire : zones potentiellement sujettes aux inondations de cave et de débordements de nappe, en particulier le long des cours d'eau (Ornain et ses affluents) ;
- pour l'adduction d'eau :
  - ✓ au niveau du captage de Gondrecourt-le-Château : pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave mise en évidence ;
  - ✓ au niveau du captage d'Échenay : zone potentiellement sujette aux débordements de nappe ;
  - ✓ au niveau du captage de Thonnance-lès-Joinville : pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave mise en évidence ;
- pour la déviation de la route départementale D60/960 :
  - ✓ au niveau de l'option de proximité : pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave mise en évidence ;
  - ✓ au niveau de l'option nord : zones potentiellement sujettes aux inondations de cave, en particulier le long des cours d'eau (Bureau) ;
  - ✓ au niveau de l'option sud : zones potentiellement sujettes aux inondations de cave et de débordements de nappe, en particulier le long des cours d'eau (l'Orge).

Du fait de la présence de zones à risque d'inondation par remontée de nappe principalement au droit des cours d'eau, l'enjeu lié au risque d'inondation par remontée de nappe est modéré.

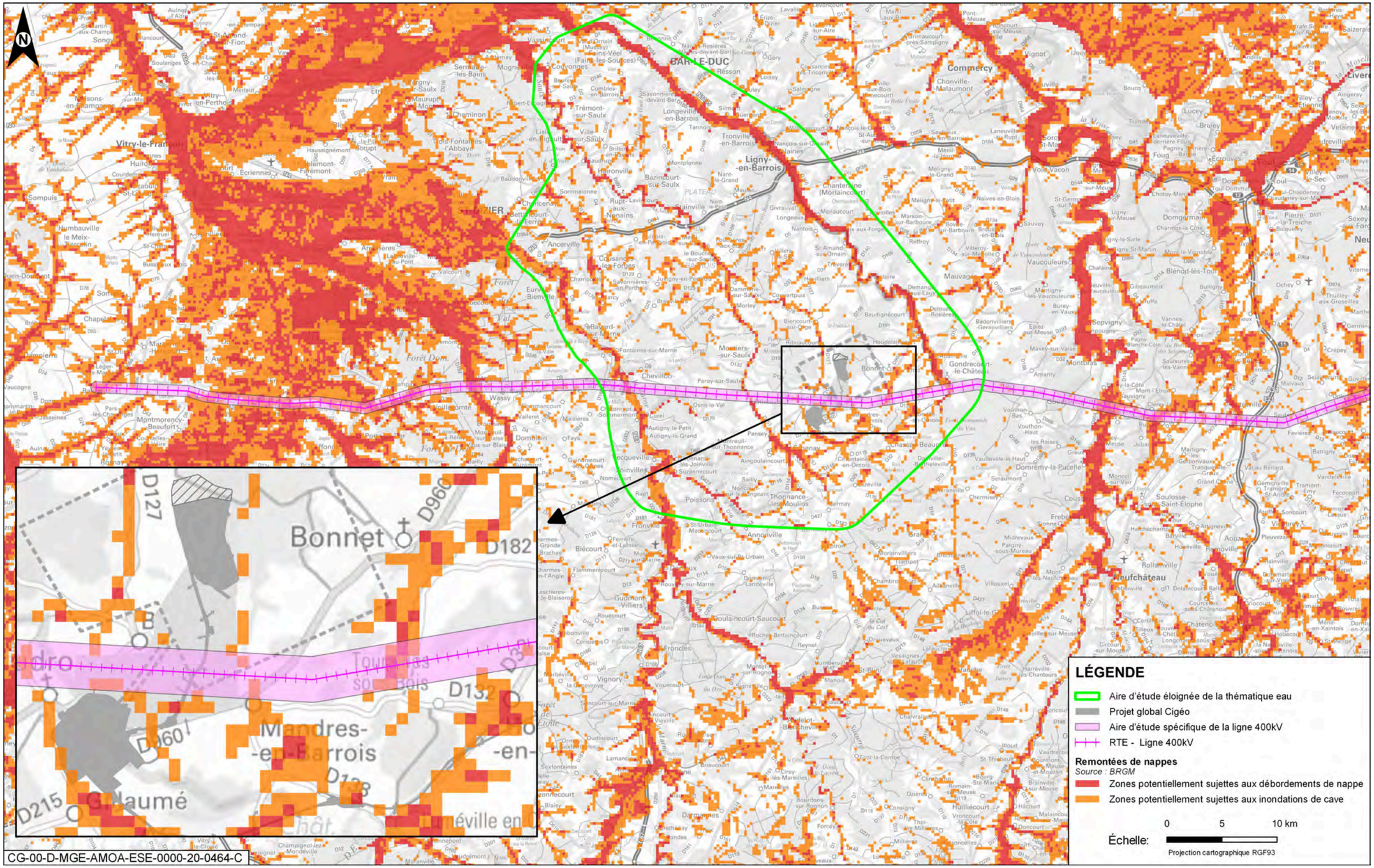


Figure 5-18 Risques d'inondation par remontée de nappe au droit de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et de l'aire d'étude de la ligne 400 kV (source : BRGM)

5.3.6 Interfaces eaux souterraines et eaux superficielles

5.3.6.1 Recharge de la nappe

RECHARGE DE LA NAPPE

La **recharge de la nappe** peut se faire de trois manières principales en contexte karstique :

- la **recharge météorique de la nappe** constitue la source d'alimentation principale de la nappe. Elle provient de l'eau météorique, c'est-à-dire issue des précipitations atmosphériques, qui s'infiltre dans le sol et le sous-sol jusqu'à la nappe. Le calcul de la recharge météorique se fait généralement en deux étapes : le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) suivi de l'estimation de la pluie efficace ;
- la **recharge par les vallons secs** : les vallons secs, anciens réseaux hydrographiques très fracturés, sont à l'origine d'apports d'eau différés dans le temps (cf. Figure 5-19) ;
- la **recharge par les pertes karstiques** : dans le contexte karstique du Barrois, l'aquifère peut être alimenté localement par des pertes locales ou diffuses des cours d'eau générant par périodes des tronçons en assecs. Ces échanges nappe-rivières sont détaillés au chapitre 5.3.6.2 du présent volume.

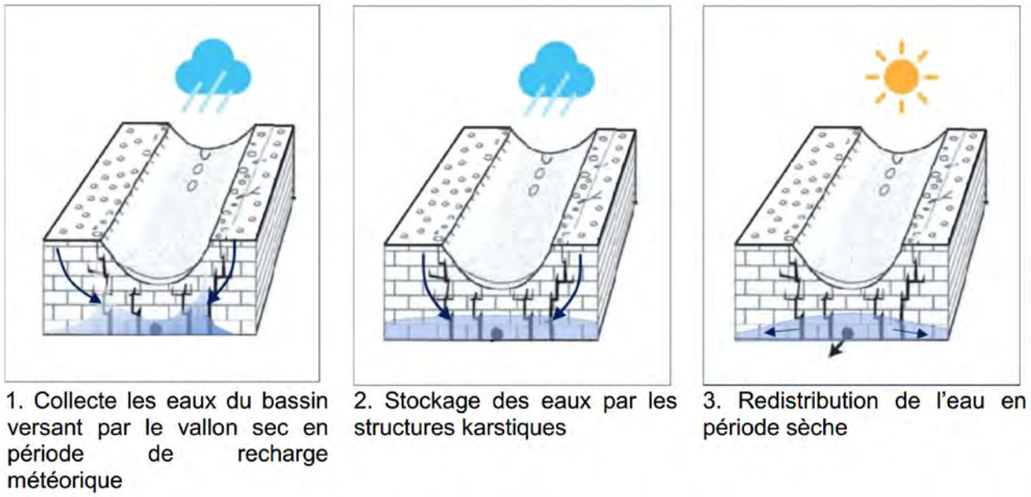


Figure 5-19 Schéma de fonctionnement des vallons secs

La recharge météorique, au niveau de la station Météo-France Houdelaincourt, utilisée comme station de référence, a été estimée lors de la construction du modèle hydrogéologique, sur la période 2012-2018. La recharge moyenne annuelle est de 279 mm/an. La recharge se répartit principalement entre l'automne-hiver et le début du printemps.

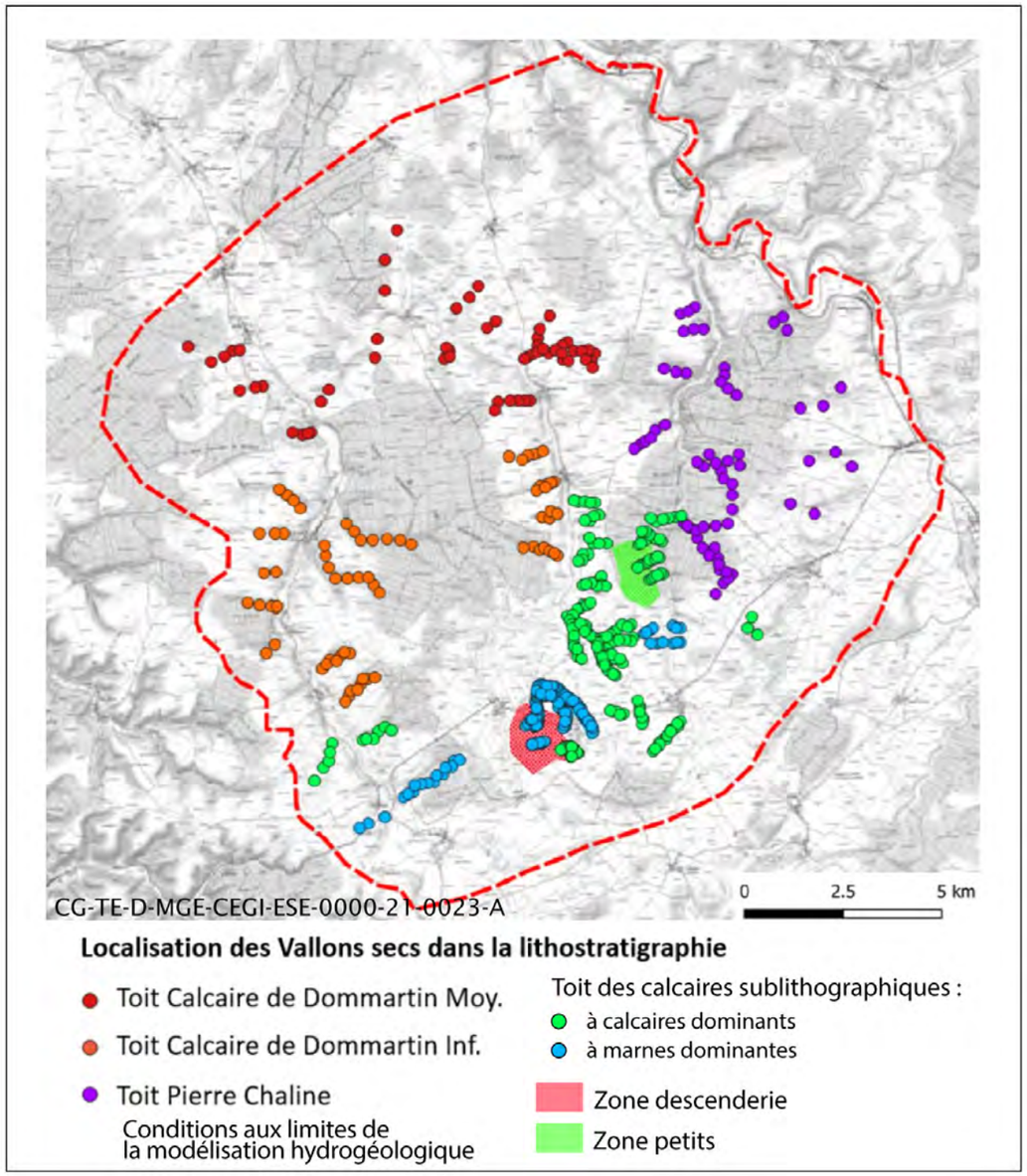


Figure 5-20 Localisation des vallons secs dans la lithostratigraphie

5.3.6.2 Relation nappe-rivière

RELATION NAPPE-RIVIÈRE

La relation nappe-rivière se définit comme un échange d'eau entre une masse d'eau souterraine et une masse d'eau superficielle(98). Selon les circonstances, cet échange peut s'opérer dans les deux sens : la nappe peut alimenter le cours d'eau ou au contraire être alimentée par le cours d'eau. Dans la plupart des cas et pour des raisons topographiques (un cours d'eau se développe toujours suivant une ligne de points bas), la nappe alimente le cours d'eau. On dit alors qu'elle est drainée par le cours d'eau qui constitue alors un exutoire naturel. La situation inverse peut notamment se rencontrer lorsque le niveau du cours d'eau est artificiellement rehaussé par des ouvrages hydrauliques ou encore en période de forte crue quand le niveau du cours d'eau monte rapidement et dépasse celui de la nappe. Les contextes karstiques sont des cas particuliers et souvent complexes où les relations nappe-rivière sont étroitement liées à des conditions locales.

Le projet global Cigéo s'inscrit dans un contexte karstique. Les échanges entre le karst et la rivière sont caractérisés par (99) :

- le sens des échanges :
  - ✓ du karst vers la rivière, il s'agit d'apports souterrains ;
  - ✓ de la rivière vers le karst, il s'agit de pertes souterraines ;
- la non linéarité des échanges :
  - ✓ dépend de la saturation du karst ;
  - ✓ dépend de la hauteur d'eau en rivière ;
- la nature des échanges :
  - ✓ échanges ponctuels, ils sont localisés sous forme de sources karstiques.
- échanges diffus, leur localisation est difficilement identifiable car ils sont répartis sur de plus grandes zones.

Le paysage karstique est marqué en surface par des dépressions fermées, de quelques mètres à plusieurs kilomètres, généralement jalonnées de zones favorables à l'absorption rapide de l'eau. Les plus petites de ces dépressions, appelées dolines, s'ouvrent parfois sur une grotte, un gouffre (ou aven) qui absorbe rapidement l'eau de pluie. Les plus grandes de ces dépressions, les poljés, reçoivent des volumes d'eau importants, provenant de rivières s'écoulant sur des terrains imperméables. Des pertes, ou ponors, absorbent ces cours d'eau dans le calcaire et alimentent les sources. À l'aval des pertes, les vallées sont sèches la plupart du temps ; leur fond est marqué par des dépressions fermées, héritées d'anciennes pertes (100). Ces éléments typiques des paysages karstiques sont pour la plupart moins marqués dans le paysage karstique des Calcaires du Barrois.

Les interfaces eaux souterraines et eaux superficielles ont été plus particulièrement étudiées au niveau de l'aire d'étude immédiate du centre de stockage Cigéo.

Des campagnes de jaugeages différentiels réalisées (1996-1998, 2000, 2008-2009 et 2017-2019) ont permis de mettre en évidence les relations complexes des cours d'eau de la Bureau, de l'Orge et de l'Ormançon vis-à-vis des systèmes aquifères qu'ils traversent.

Étant donné le caractère karstique de la formation Calcaire du Barrois, le rôle de drainage/alimentation des cours d'eau se traduit soit par des phénomènes de pertes importantes et des tronçons en assec permanent ou quasi permanent, soit par des zones d'émergences plus ou moins pérennes.

La figure 5-21 des rendements à l'étiage illustre les maigres écoulements présents sur l'espace géographique. D'une manière générale, les hauts bassins versants des cours d'eau, façonnés dans le kimméridgien connaissent des rendements faibles, en corrélation avec le caractère marno-calcaire des terrains drainés. À l'exception de l'aval de l'Ormançon qui a un rendement fort, les rendements sont nuls ou faibles.

La figure 5-22 des rendements hydrologiques en moyennes eaux montre un rendement inférieur de l'Orge comparé à la Saulx et l'Ormançon. La Bureau apparaît avec un très faible rendement en amont puis une infiltration. Sur la Saulx, les rendements restent soutenus, plus particulièrement en amont de Montiers-sur-Saulx. Ils diminuent ensuite jusqu'à présenter des rendements négatifs jusqu'à la confluence de l'Orge. Bien que l'Orge ne s'assèche plus entre Saudron et Bure, le rendement reste négatif, témoignant de la pérennité de l'infiltration. Le rendement devient ensuite assez fort jusqu'à la zone comprise entre Ribeaucourt et Biencourt-sur-Orge. Jusqu'à la station de Biencourt-sur-Orge, les rendements stagnent voire augmente quelque peu en amont de la station. Plus en aval, les rendements témoignent de la présence d'une zone d'infiltration préférentielle, autour de la commune de Couvertpuis.

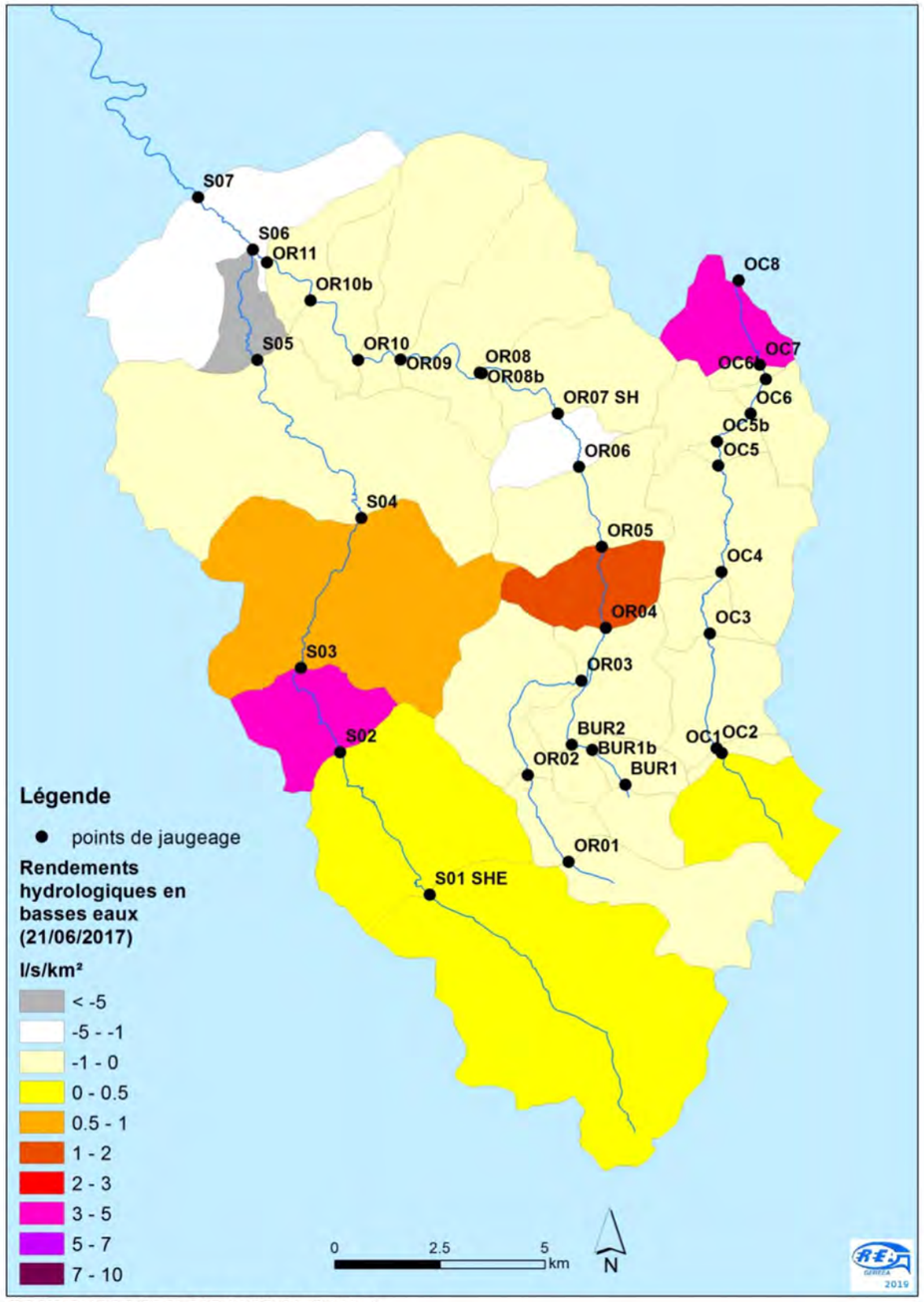
La figure 5-24 des rendements hydrologiques en hautes eaux montre une homogénéisation sur les hauts bassins. Bien que les hautes eaux puissent lisser certains effets déjà mis en évidence pour les moyennes et basses eaux, les rendements conservent les caractéristiques mises en évidence sur les trois bassins versants principaux :

- la zone amont de Montiers-sur-Saulx présentent toujours les apports les plus importants ;
- la zone amont de Ribeaucourt tend à s'étendre vers l'amont ;
- la zone aval de l'Ormançon a des rendements très forts ;
- des zones d'infiltration en aval de Saudron et de Mandres-en-Barrois, ainsi qu'en aval de Biencourt-sur-Orge et jusqu'à la confluence avec la Saulx ;
- pour cette dernière, les rendements négatifs témoignent bien d'une infiltration préférentielle, quel que soit l'importance du débit comme on a pu le voir dans l'interprétation des profils hydrologiques.

Les positions des tronçons excédentaires (flux sortant de l'aquifère, apport souterrain) et injecteurs (flux entrant dans l'aquifère, pertes souterraines) sont déterminées en cohérence avec la connaissance des zones d'alimentation des cours d'eau par l'aquifère et les zones de perte ou d'assecs temporaires (cf. Figure 5-23). Pour l'Orge, le tronçon excédentaire correspond à la section localisée en contrebas de la zone descenderie. Pour la Bureau, il se rapporte à la section correspondant aux sources de la Cité et de Bindeuil. Pour l'Ormançon, il se situe au niveau de Mandres-en-Barrois.

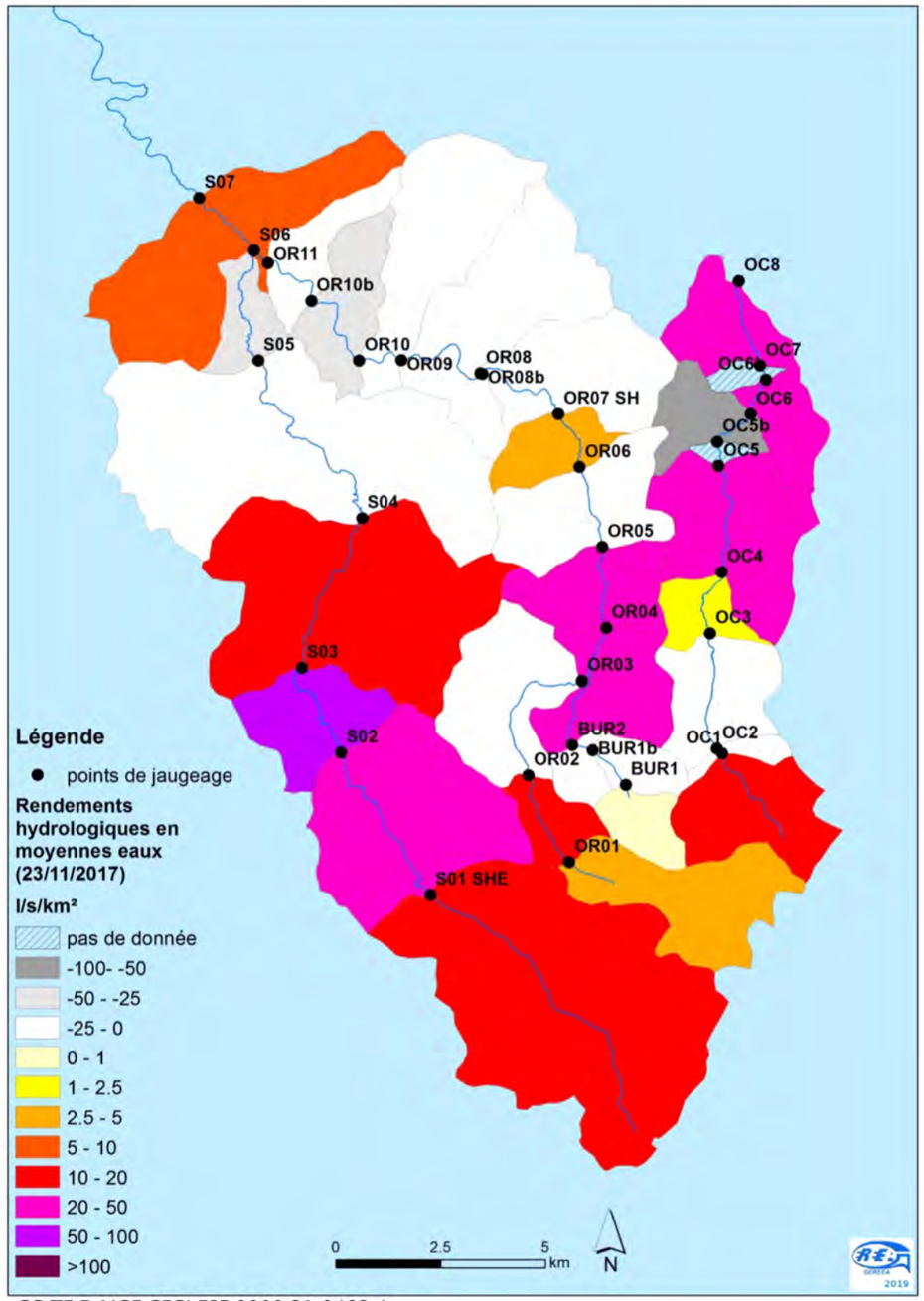
La perméabilité maximale le long des tronçons d'assecs atteint 10^{-3} m/s (sur l'Orge). Ces zones à perméabilité élevée correspondent aux zones fracturées souvent liées à des phénomènes de pertes.

Les débits de ces cours d'eau sont donc fortement liés au niveau des nappes présentes dans les aquifères à l'affleurement. L'interface entre les eaux de surface et les eaux souterraines est donc importante. Les relations rivières/aquifères des cours d'eau de la Bureau, de l'Orge et de l'Ormançon sont résumées dans la figure 5-24 et explicitées dans les chapitres spécifiques aux cours d'eau dans la partie sur les eaux superficielles avec le chapitre 5.4.2.2 du présent volume pour l'Orge, le chapitre 5.4.2.2 du présent volume pour La Bureau et le chapitre 5.4.2.3 du présent volume pour l'Ormançon.



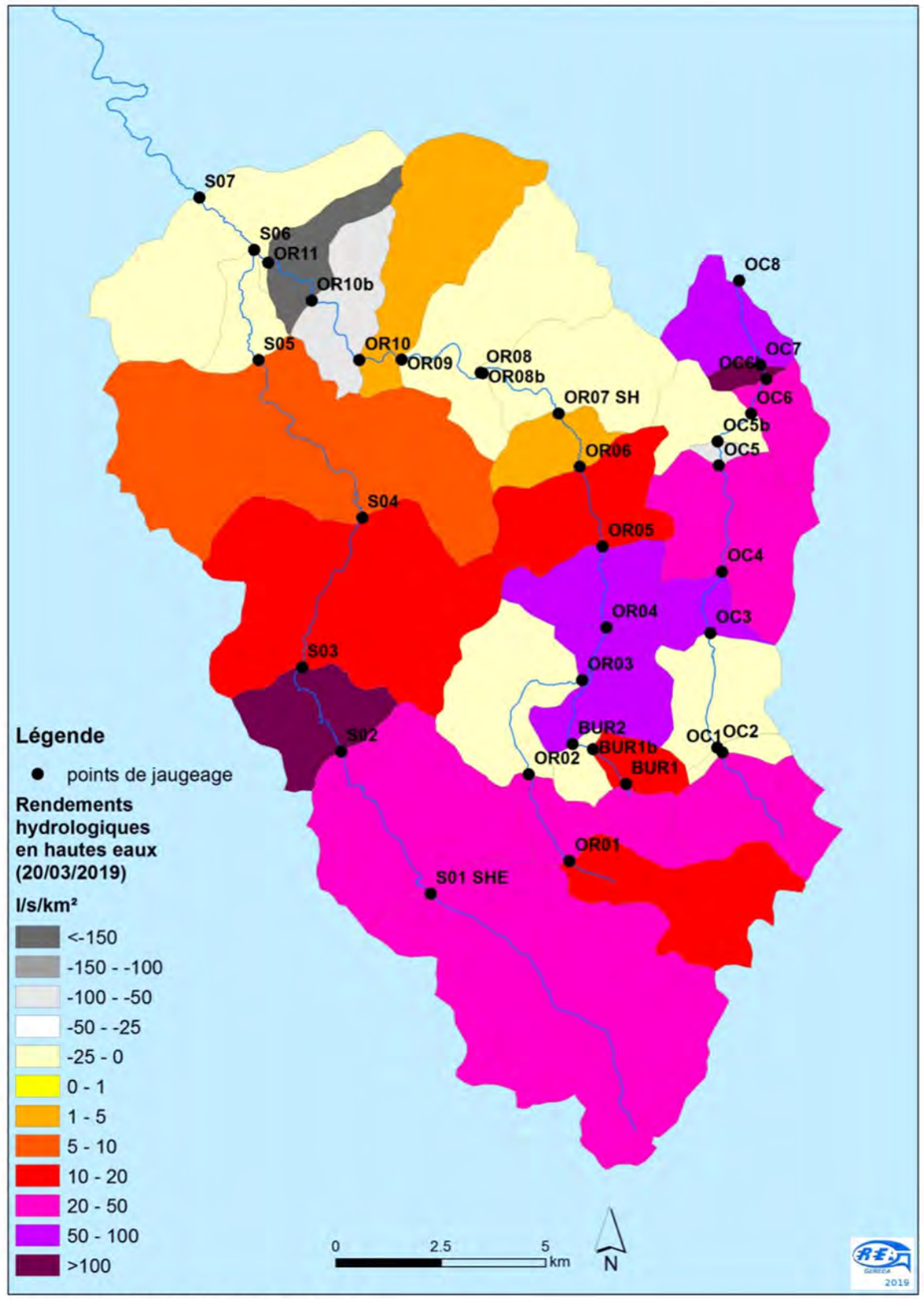
CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0481-A

Figure 5-21 Carte des rendements hydrologiques à l'étiage



CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0482-A

Figure 5-22 Carte des rendements hydrologiques en moyennes eaux



CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0483-A

Figure 5-23 Carte des rendements hydrologiques en hautes eaux

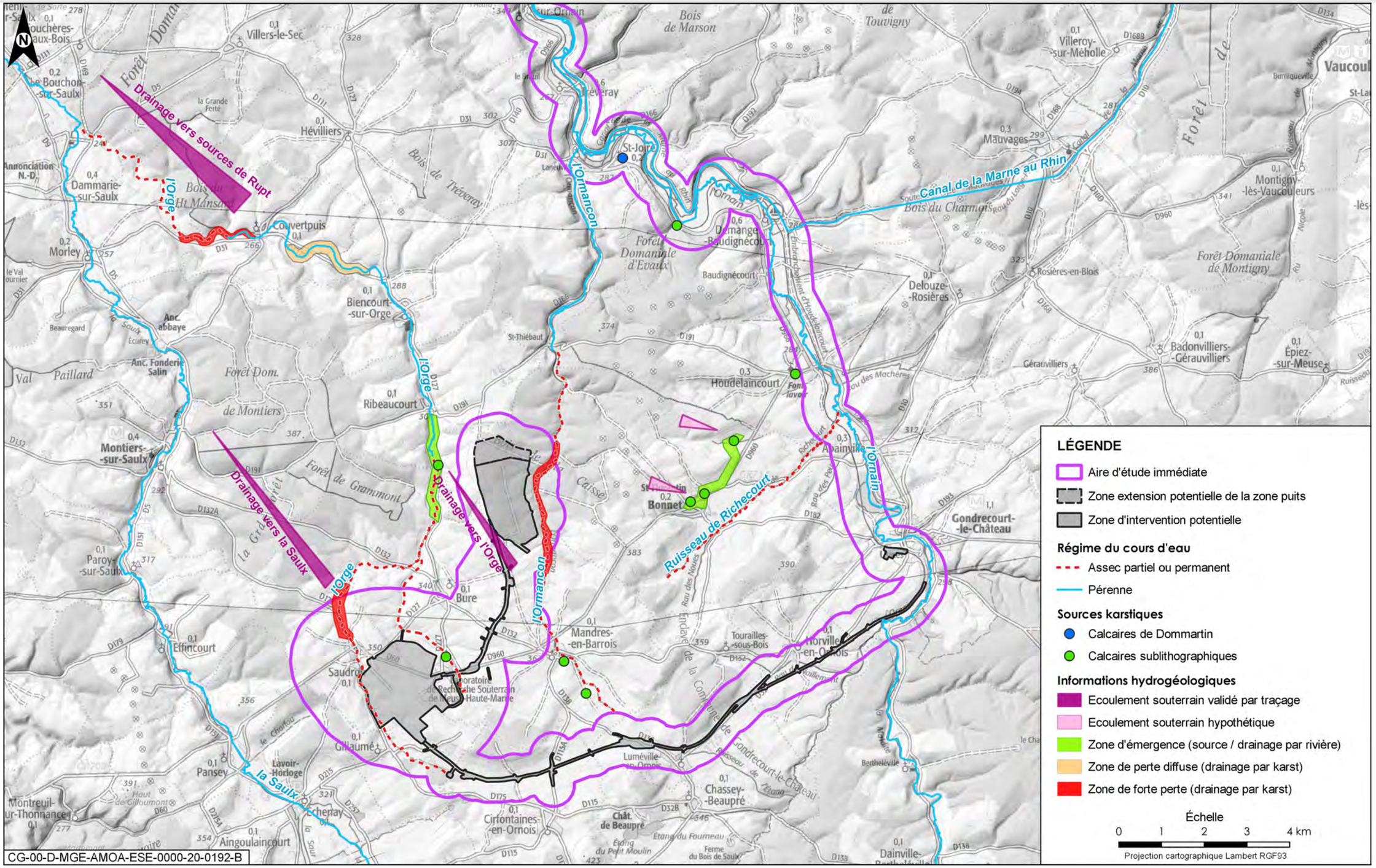


Figure 5-24 Synthèse des informations hydrogéologiques des relations de l'Orge, de La Bureau et de l'Ormançon avec l'aquifère des Calcaires du Barrois

5.3.7 Synthèse concernant l'état actuel des eaux souterraines

- **les « masses d'eaux » souterraines**

L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo est caractérisée par une superposition de couches géologiques comportant des masses d'eau au sein de chacune desquelles existe une circulation d'eau souterraine.Trois principales masses d'eau souterraines sont identifiées au sein de l'aire d'étude éloignée : la nappe des Calcaires du Barrois (FRHG303 et FRHG302), la nappe du Kimméridgien-Oxfordien (FRHG306 et FRHG305) et la nappe des Calcaires du Dogger (FRHG312).

Au niveau de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV, sept masses d'eau supplémentaires sont identifiées.

- **les aquifères**

Les formations géologiques et notamment les calcaires sont fréquemment des « aquifères », c'est-à-dire qu'elles constituent des réservoirs naturels d'eau souterraine qui peut circuler dans la roche ou à la faveur de fissures, fractures.

L'alimentation des masses d'eau se fait principalement par infiltration d'eau de pluie et localement par les cours d'eau connectés aux nappes d'eau.

À l'aplomb du projet global Cigéo, la masse d'eau des Calcaires du Barrois apparait vulnérable au risque de pollution, ceci à la fois en raison de son mode d'alimentation par infiltration directe et des circulations karstiques. La masse d'eau des Calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien, plus préservée par une large couverture marneuse, est peu vulnérable.

La masse d'eau du Dogger n'affleure pas dans l'aire d'étude éloignée ; elle se trouve confinée sous le Callovo-Oxfordien et elle n'est donc pas vulnérable.

Au sein de l'aire d'étude éloignée, les vallées des cours d'eau incisant les différentes formations géologiques présentent des nappes d'accompagnement développées au sein des formations alluviales.

Concernant les aquifères supplémentaires présents au droit de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV, leur fonctionnement est directement lié aux caractéristiques géologiques de la zone.

- **état des masses d'eaux souterraines**

La masse d'eau des Calcaires du Barrois entre l'Ornain et la limite du district a globalement un mauvais état du fait de la dégradation régulière de son état qualitatif (déclassements récurrents liés notamment à la turbidité et à la présence de produits phytosanitaires). En revanche, elle a globalement un bon état entre la Seine et l'Ornain. Son état quantitatif est en revanche bon dans les deux cas. Un objectif de bon état est visé pour 2021 entre Seine et Ornain et pour 2027 entre l'Ornain et la limite du district. Son état quantitatif est déjà bon depuis 2015.

La masse d'eau des calcaires de l'Oxfordien karstique entre l'Ornain et la limite du district subit régulièrement des déclassements liés à la turbidité et à la présence de sulfates en concentration supérieure à la norme de qualité environnementale. Ces dépassements entrainent également un classement en mauvais état de cette masse d'eau malgré un état quantitatif considéré comme bon. L'objectif de bon état est fixé à 2033. Pour la masse d'eau des calcaires de l'Oxfordien karstique entre la Seine et l'Ornain, le bon état global est atteint.

Les enjeux pour ces deux masses d'eau sont une maitrise de la qualité chimique (et notamment des intrants en matières en suspension et produits phytosanitaires) des eaux et une non-dégradation de leur état quantitatif.

Seuls des éléments radioactifs d'origine naturelle ont été détectés dans les eaux souterraines profondes du secteur d'étude. La radioactivité des eaux souterraines est très faible et à des niveaux cohérents avec le bruit de fond naturel.

- **utilisation des eaux souterraines**

La nappe des Calcaires du Barrois et la nappe du Kimméridgien-Oxfordien sont utilisées pour l'alimentation en eau potable des collectivités, pour des usages agricoles et quelques usages de puits privés.

Les installations du centre de stockage Cigéo se trouvent dans le périmètre de protection éloignée du captage en eau potable de Rupt-aux-Nonains et d'Échenay et dans les futurs périmètres de protection du captage d'alimentation en eau potable d'Horville-en-Ornois (périmètre de protection éloignée et rapprochée).

Les autres opérations du projet global Cigéo jouxtent ou traversent d'autres périmètres de protection de captage et sont concernés par les prescriptions associées.

Pour les captages d'eau agricole, les usages industriels et autres usages, plusieurs prélèvements sont identifiés dans l'aire d'étude éloignée à partir de données bibliographiques. La vérification des usages actuels des ouvrages localisés dans l'aire d'étude a été réalisée au second semestre 2020, dans le cadre d'une campagne de recensement des captages d'eau et de leurs usages.

- **risques d'inondation par remontée de nappe**

L'aire d'étude éloignée comprend des zones avec des risques d'inondation par remontée de nappes mais, au niveau du projet global Cigéo, ces risques sont limités.

- **interfaces eaux souterraines et eaux superficielles**

Étant donné le caractère karstique de la formation des Calcaires du Barrois, le rôle de drainage/alimentation des cours d'eau comme l'Orge, La Bureau et l'Ormançon se traduit soit par des phénomènes de pertes importantes et des tronçons en assec permanent ou quasi permanent, soit par des zones d'émergences plus ou moins pérennes.

Les débits de ces cours d'eau sont donc fortement liés au niveau des nappes présentes dans les aquifères à l'affleurement. L'interface entre les eaux de surface et les eaux souterraines est importante.

Enjeu

La masse d'eau des Calcaires du Barrois est vulnérable. Les eaux de cette nappe sont utilisées pour l'alimentation en eau potable des collectivités, pour des usages agricoles et quelques usages privés. Les circulations préférentielles au sein cette nappe influencent fortement le fonctionnement de certains cours d'eau.

La masse d'eau des Calcaires du Kimméridgien-Oxfordien karstique est moins vulnérable.

La masse d'eau des Calcaires du Dogger est isolée des aquifères supérieurs par le Callovo-Oxfordien et elle n'est pas vulnérable.

Les installations du projet global Cigéo se trouvent dans les périmètres de protections de plusieurs captages d'alimentation en eau potable captant les nappes des Calcaires du Barrois et du Kimméridgien-Oxfordien.

La conservation de l'état (quantitatif et qualitatif) des masses d'eau est un enjeu fort pour le projet global Cigéo pour la pérennité des usages.

L'enjeu quantitatif et qualitatif est globalement fort, du fait des caractéristiques de certaines masses d'eau (karstiques, affleurantes…), de leur bon état ou des objectifs de bon état du SDAGE.

Enjeu fort de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines

L'enjeu sur les usages est globalement fort du fait de la présence de captages à usage d'alimentation en eau potable, agricole et industriel.

Enjeu fort sur les usages des eaux souterraines

Du fait de la présence de zones à risque d'inondation par remontée de nappe principalement au droit des cours d'eau, l'enjeu lié au risque d'inondation par remontée de nappe est modéré.

Enjeu modéré lié au risque d'inondation par remontée de nappe

En synthèse et à l'échelle du projet global Cigéo, **l'enjeu est fort sur la thématique « eaux souterraines »**.

Enjeu fort

5.4 Eaux superficielles

5.4.1 Réseau hydrographique

5.4.1.1 Délimitation administrative du réseau hydrographique

En termes administratifs, la définition des entités hydrographiques est différente de celle des entités des masses d'eau de surface. Les subdivisions se recouvrent mais elles ne sont pas identiques. Pour assurer la vérification de la compatibilité du projet avec les objectifs de qualité des cours d'eau, l'étude d'impact réfère nécessairement aux subdivisions des masses d'eau de surface.

Le découpage fin du réseau hydrographique français est consultable au sein du Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau (Sandre) qui centralise l'ensemble des données et référentiels sur l'eau selon plusieurs niveaux d'échelle. Un découpage supplémentaire intervient au niveau des masses d'eau de surface au niveau des schémas directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) définis dans l'aire d'étude éloignée de la thématique eau et de l'aire spécifique de la ligne 400 kV.

La figure 5-25 représente les différents niveaux de description d'une entité hydrographique avec la terminologie adaptée. Le détail de la méthodologie de description du contexte hydrographique constitue le chapitre 5.1.2.1 du volume VII de l'étude d'impact.

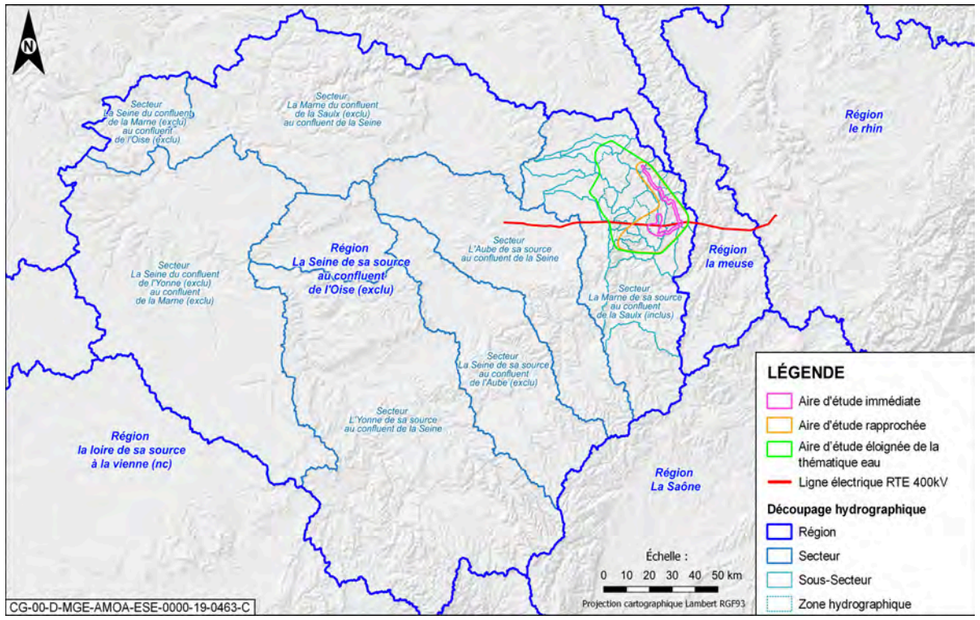


Figure 5-25 Définition des entités hydrographiques de la classification du Sandre, novembre 2019

L'analyse de l'état initial des eaux superficielles est ici réalisée en cohérence avec la politique nationale actuelle de gestion de l'eau.

5.4.1.2 Contexte général du réseau hydrographique au niveau régional

Au niveau régional, le projet global Cigéo est concerné par la Marne et ses affluents de rive droite et se localise plus précisément en position d'interfluve entre la vallée de la Marne à l'ouest et la vallée de la Meuse à l'est. L'interfluve désigne une région entre deux cours d'eau et la crête d'interfluve est la ligne de partage des eaux entre deux bassins versants.

Le contexte général du réseau hydrographique au niveau régional est présenté ci-après et illustré dans la figure 5-40.

À l'est de l'aire d'étude éloignée, les dénivelés sont modérés et les cours d'eau sont encaissés de quelques dizaines de mètres. Sur la partie ouest, les dénivelés sont nettement plus forts du fait de l'incision de la vallée de la Marne, encaissée de 200 mètres, et de ses affluents (Saulx, Ornain, etc.) qui incisent et drainent la bordure ouest du plateau du Barrois. Ce réseau d'affluents de la Marne détermine le « moutonnement » général du relief, en incisant les plateaux de façon plus ou moins marquée.

Cet ensemble de vallées associées à la Marne forme un système qui converge au nord-ouest vers la confluence avec la Seine. La Meuse bordant l'aire d'étude éloignée à l'est où elle s'encaisse dans les Calcaires de l'Oxfordien, ne comporte que quelques affluents de rive ouest. Plus à l'est, la Moselle appartenant au bassin versant du Rhin, forme un coude qui la rapproche à quelques kilomètres de la vallée de la Meuse.

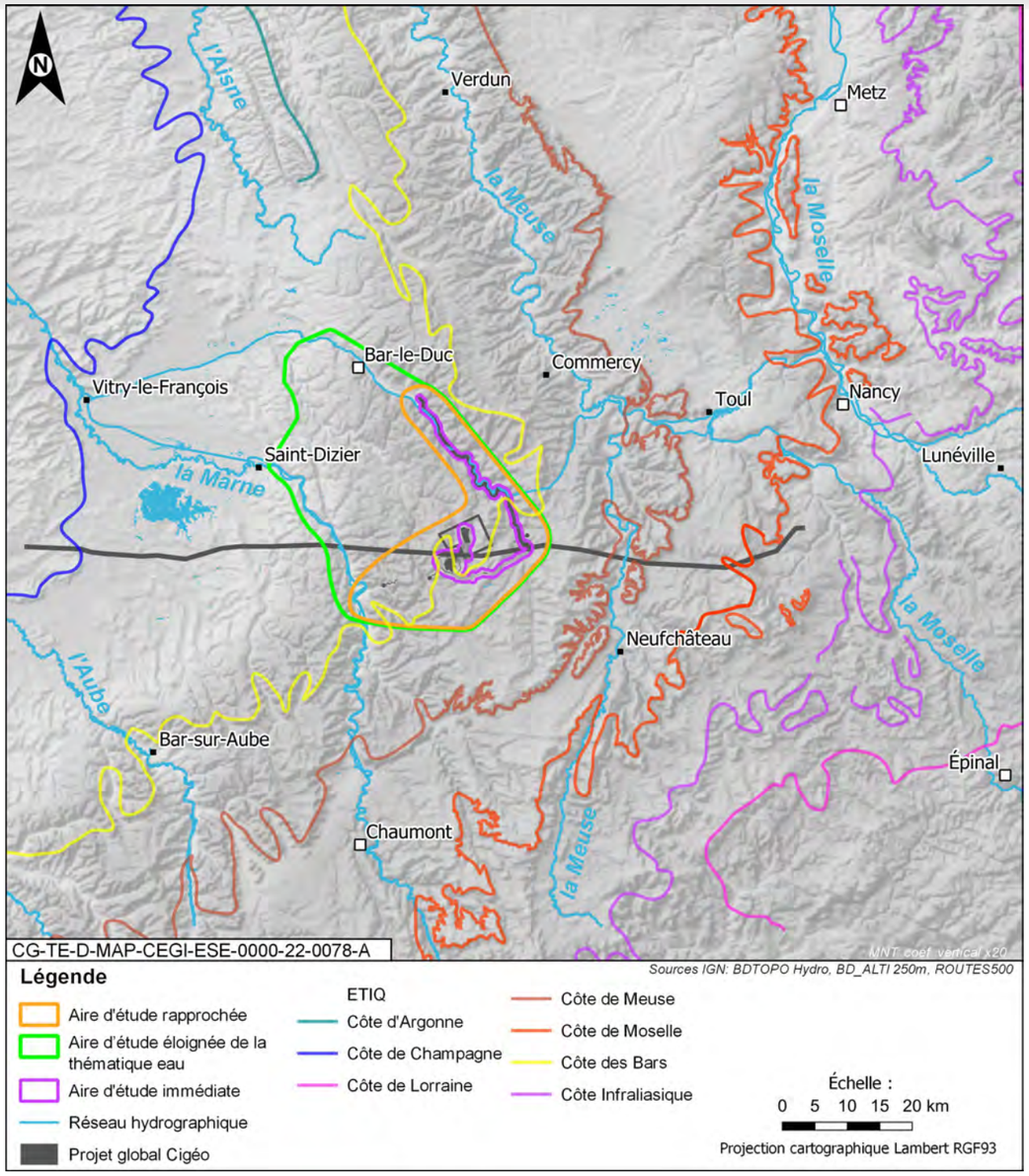


Figure 5-26 Contexte général du réseau hydrographique au niveau régional

5.4.1.3 Réseau hydrographique pour le projet global Cigéo

5.4.1.3.1 Contexte général

Le projet global Cigéo s'inscrit dans le **grand bassin versant Seine-Normandie**, et plus particulièrement dans **l'unité hydrographique Saulx et Ornain** (découpage de l'Agence de l'eau Seine-Normandie) au niveau du **secteur hydrographique Marne amont** (découpage Sandre).

Selon les éléments du Sandre, qui définit des sous-secteurs correspondant à des regroupements de bassins versants de masses d'eau superficielles, trois sous-secteurs hydrographiques du bassin versant Seine-Normandie sont concernées par le projet global Cigéo :

- le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) (code Sandre : F52) ;
- le sous-secteur hydrographique Saulx de sa source au confluent avec l'Ornain (exclu) (code Sandre : F55) ;
- le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu) (code Sandre : F56).

Les sous-secteurs hydrographiques susceptibles d'être affectés par le projet global Cigéo sont présentés sur la figure 5-27.

Pour une facilité de lecture, les trois sous-secteurs hydrographiques sont dans la suite du document parfois dénommés :

- bassin versant de la Marne pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) ;
- bassin versant de la Saulx pour le sous-secteur hydrographique Saulx de sa source au confluent avec l'Ornain (exclu) ;
- bassin versant de l'Ornain pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx.

Les sous-secteurs hydrographiques concernés par la sécurisation de la ligne 400 kv sont précisés dans le chapitre 5.4.1.4 du présent volume au niveau du grand bassin versant Rhin-Meuse.

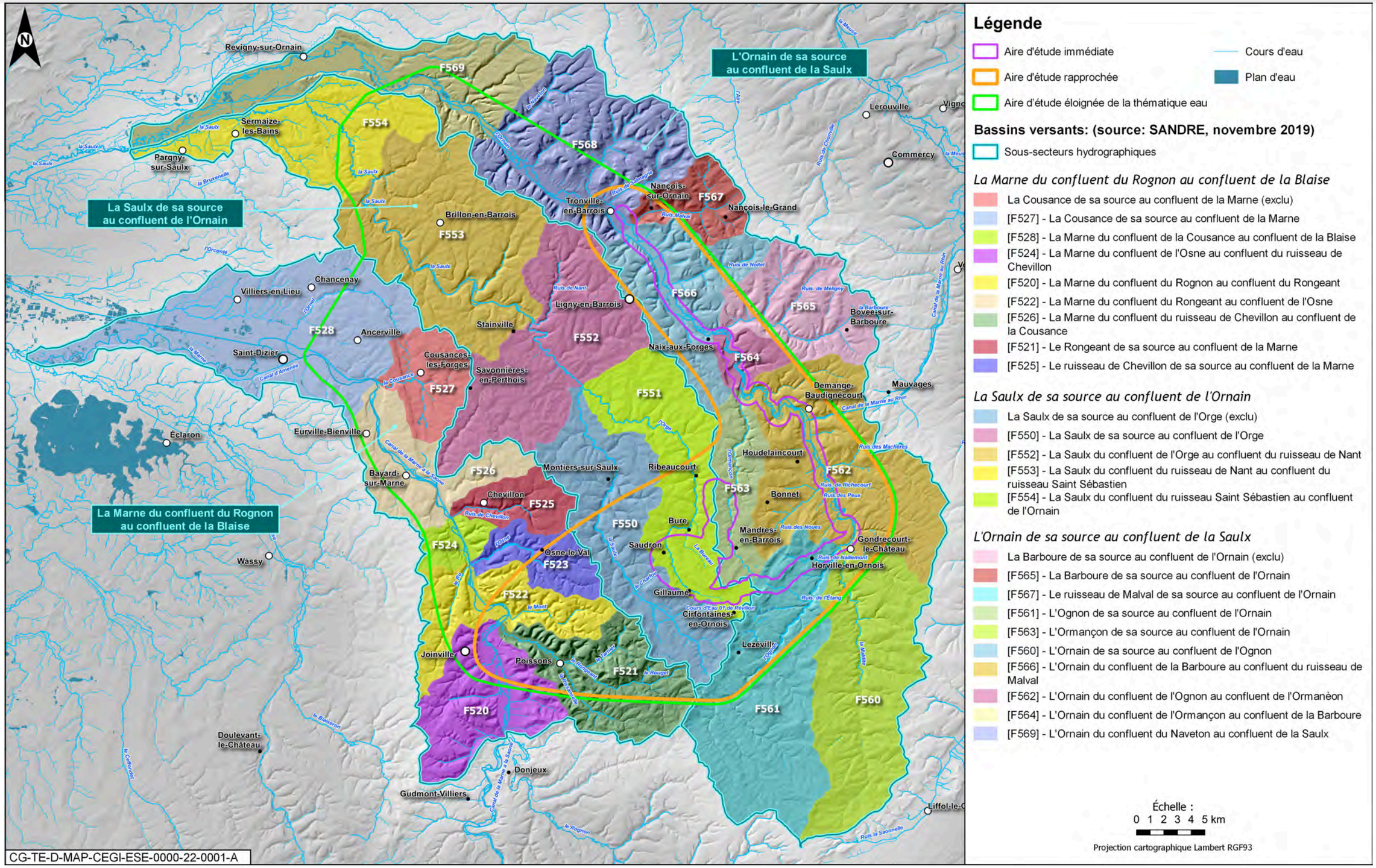


Figure 5-27 Carte des sous-secteurs hydrographiques et des zones hydrographiques présents dans l'aire d'étude éloignée du milieu physique (source : Sandre, novembre 2019)

5.4.1.3.2 Contexte hydrographique : présentation des sous-secteurs hydrographiques concernés par l'aire d'étude éloignée

La description générale du réseau hydrographique d'ouest en est de l'aire d'étude éloignée est scindée selon les trois sous-secteurs hydrographiques présentés au chapitre précédent. Le tableau 5-12 présente les zones hydrographiques et les masses d'eau de surface pour ces trois sous-secteurs hydrographiques.

Le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) - code Sandre F52 - comprend du sud-est vers le nord-est neuf zones hydrographiques et 13 masses d'eau de surface présentées dans le tableau 5-12. Les bassins versant du sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) concernés par les incidences potentielles du projet global Cigéo sont présentés sur la figure 5-27.

Le sous-secteur hydrographique de La Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) - code Sandre : F55 - est formé du sud-est vers le nord-est par cinq zones hydrographiques et six masses d'eau de surface présentées dans le tableau 5-12. Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) susceptible d'être affecté par le projet global Cigéo est présenté sur la figure 5-27.

Le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu) (Code Sandre F56) est constituée du sud vers le nord-ouest par dix zones hydrographiques et 16 masses d'eau de surface présentées dans le tableau 5-12. Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu) concernés par les incidences potentielles du projet global Cigéo est repris dans la figure 5-27.

En synthèse et à l'échelle du projet global Cigéo (hors ligne 400 kV), les trois sous-secteurs hydrographiques dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo sont redécoupés en **24 zones hydrographiques et en 35 masses d'eau de surface. Seules 13 masses d'eau sont susceptibles d'être concernées par le projet global Cigéo.**

Les deux listes, zones hydrographiques et masses d'eau de surface, ne se superposent pas toujours en termes de limite géographique. La superposition de ces deux découpages conduit à **31 sous-bassins versants.**
La correspondance entre les deux listes considérées est établie et constitue l'annexe 2 du présent volume.

Tableau 5-12 Masses d'eau de surface et zones hydrographiques par sous-secteur hydrographique

Sous-secteur hydrographique (Code Sandre)	Zone hydrographique (Code Sandre)	Masse d'eau de surface (Code et dénomination des SDAGEs 2022-2027)
La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) (F52)	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent du Rongeant (exclu) (F520)	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent du Ruisseau de Chevillon (inclus) (FRHR106B) Canal entre Champagne et Bourgogne (FRHR505)
	Le Rongeant de sa source au confluent de la Marne (exclu) (F521)	Le Rongeant de sa source au confluent de la Marne (exclu) (FRHR112) Avec : Ruisseau la Pisancelle (FRHR112-F5216000) Annexe 10 : Le Tarnier (FRHR112-F5214000)
	La Marne du confluent du Rongeant (exclu) au confluent du ruisseau de l'Osne (exclu) (F522)	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent du Ruisseau de Chevillon (inclus) (FRHR106B) Avec : Ruisseau le Mont (FRHR106B-F5221000) Ru de Sommermont (FRHR106B-F5226000) Canal entre Champagne et Bourgogne (FRHR505)
	Le ruisseau de l'Osne de sa source au confluent avec La Marne (exclu) (F523)	Ruisseau l'Osne (FRHR106B-F5230600)
	La Marne du confluent de l'Osne (exclu) au confluent du ruisseau de Chevillon (exclu) (F524)	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent du Ruisseau de Chevillon (inclus) (FRHR106B) Canal entre Champagne et Bourgogne (FRHR505)
	Le ruisseau du Chevillon de sa source au confluent de la Marne (exclu) (F525)	Ruisseau de Chevillon (FRHR106B-F5250600)
La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) (F52)	La Marne du confluent du Chevillon (exclu) au confluent du ruisseau de la Cousance (exclu) (F526)	La Marne du confluent du Ruisseau de Chevillon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) (FRHR113A) Canal entre Champagne et Bourgogne (FRHR505)
	Le ruisseau de la Cousance de sa source au confluent de la Marne (exclu) (F527)	Ruisseau la Cousance (FRHR113A-F5270600) Canal entre Champagne et Bourgogne (FRHR505)
	La Marne du confluent de la Cousance (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) (F528)	La Marne du confluent du Ruisseau de Chevillon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) (RHR113A) Avec : Ruisseau l'Ornel (FRHR113A-F5282000) Canal entre Champagne et Bourgogne (FRHR505)
La Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (F55)	La Saulx de sa source au confluent de l'Orge (exclu) (F550)	La Saulx de sa source au confluent du ruisseau Saint Sébastien (inclus) (FRHR120)

Sous-secteur hydrographique (Code Sandre)	Zone hydrographique (Code Sandre)	Masse d'eau de surface (Code et dénomination des SDAGEs 2022-2027)
	L'Orge de sa source au confluent de la Saulx (exclu) (F551)	Ruisseau l'Orge (FRHR120-F5510600)
	La Saulx du confluent de l'Orge (exclu) au confluent du ruisseau de Nant (inclus) (F552) Avec : Le ruisseau de Nant de sa source au confluent de la Saulx (exclu) (inclus dans F552)	La Saulx de sa source au confluent du ruisseau Saint Sébastien (inclus) (FRHR120) Avec : Le Nant (ou ru de l'étang de Nantel) (FRHR120-F5529000)
	La Saulx du confluent du ruisseau de Nant (exclu) au confluent du ruisseau Saint Sébastien (inclus) (F553) Avec : Le ruisseau de Montplonne de sa source au confluent avec La Marne (exclu) (inclus dans F553)	La Saulx de sa source au confluent du ruisseau Saint Sébastien (inclus) (FRHR120) Avec : Ruisseau de Montplonne (FRHR120-F5532000)
La Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (F55)	La Saulx du confluent du ruisseau Saint Sébastien (exclu) au confluent de l'Ornain (exclu) (F554)	La Saulx du confluent du ruisseau Saint Sébastien (exclu) au confluent de la Chee (exclu) (FRHR121) Avec : Ruisseau de Beuse (FRHR121-F5542000)
L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu) (F56)	La Maldite équivalent de l'Ornain de sa source au confluent de l'Ognon (exclu) (F560)	Ruisseau la Maldite (FRHR122A-F56-0400)
	L'Ognon de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (F561)	Ru l'Ognon (FRHR122A-F5610600)
	L'Ornain du confluent de l'Ognon (exclu) au confluent de l'Ormançon (exclu) (F562)	L'Ornain de sa source au confluent de la Barboure (inclus) FRHR122A Avec : Ruisseau de Richecourt (FRHR122A-F5623000) Ruisseau des Macheres (FRHR122A-F5624000) Le val de Scru (FRHR122A-F5624500) Canal de la Marne au Rhin (FRHR504)
	L'Ormançon de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (F563)	L'Ornain de sa source au confluent de la Barboure (inclus) FRHR122A
	L'Ornain du confluent de l'Ormançon au confluent de La Barboure (exclu) (F564)	L'Ornain de sa source au confluent de la Barboure (inclus) (FRHR122A) Canal de la Marne au Rhin (FRHR504)
	La Barboure de sa source au confluent avec l'Ornain (exclu) (F565)	La Barboure (FRHR122A-F5650600) Canal de la Marne au Rhin (FRHR504)

Sous-secteur hydrographique (Code Sandre)	Zone hydrographique (Code Sandre)	Masse d'eau de surface (Code et dénomination des SDAGEs 2022-2027)
L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu) (F56)	L'Ornain du confluent de la Barboure (exclu) au confluent du ruisseau de Malval (exclu) (F566)	L'Ornain du confluent de la Barboure (exclu) au confluent du Naveton (inclus) (FRHR122B) Avec : Ruisseau des Grandes Fontaines (FRHR122B-F5661000) Ruisseau de Noitel (FRHR122B-F5663000) Canal de la Marne au Rhin (FRHR504)
	Le ruisseau de Malval de sa source au confluent avec l'Ornain (exclu) (F567)	Le Malval (FRHR122B-F5670600)
	L'Ornain du confluent du ruisseau de Malval (exclu) au confluent du Naveton (inclus) (F568) Avec : Annexe 8 : Le ruisseau de Salmagne de sa source au confluent avec l'Ornain (exclu) (inclus dans F568)	L'Ornain du confluent de la Barboure (exclu) au confluent du Naveton (inclus) (FRHR122B) Avec : Le Salmagne (FRHR122B-F5681000) Ru le Culey (FRHR122B-F5682000) Ruisseau le Naveton (FRHR122B-F5687000) Canal de la Marne au Rhin (FRHR504)
	L'Ornain du confluent du Naveton (exclu) au confluent de la Saulx (exclu) (F569)	L'Ornain du confluent du Naveton (exclu) au confluent de la Saulx (exclu) FRHR123 Avec : Ruisseau de Venise (FRHR123-F5692000) Canal de la Marne au Rhin (FRHR504)

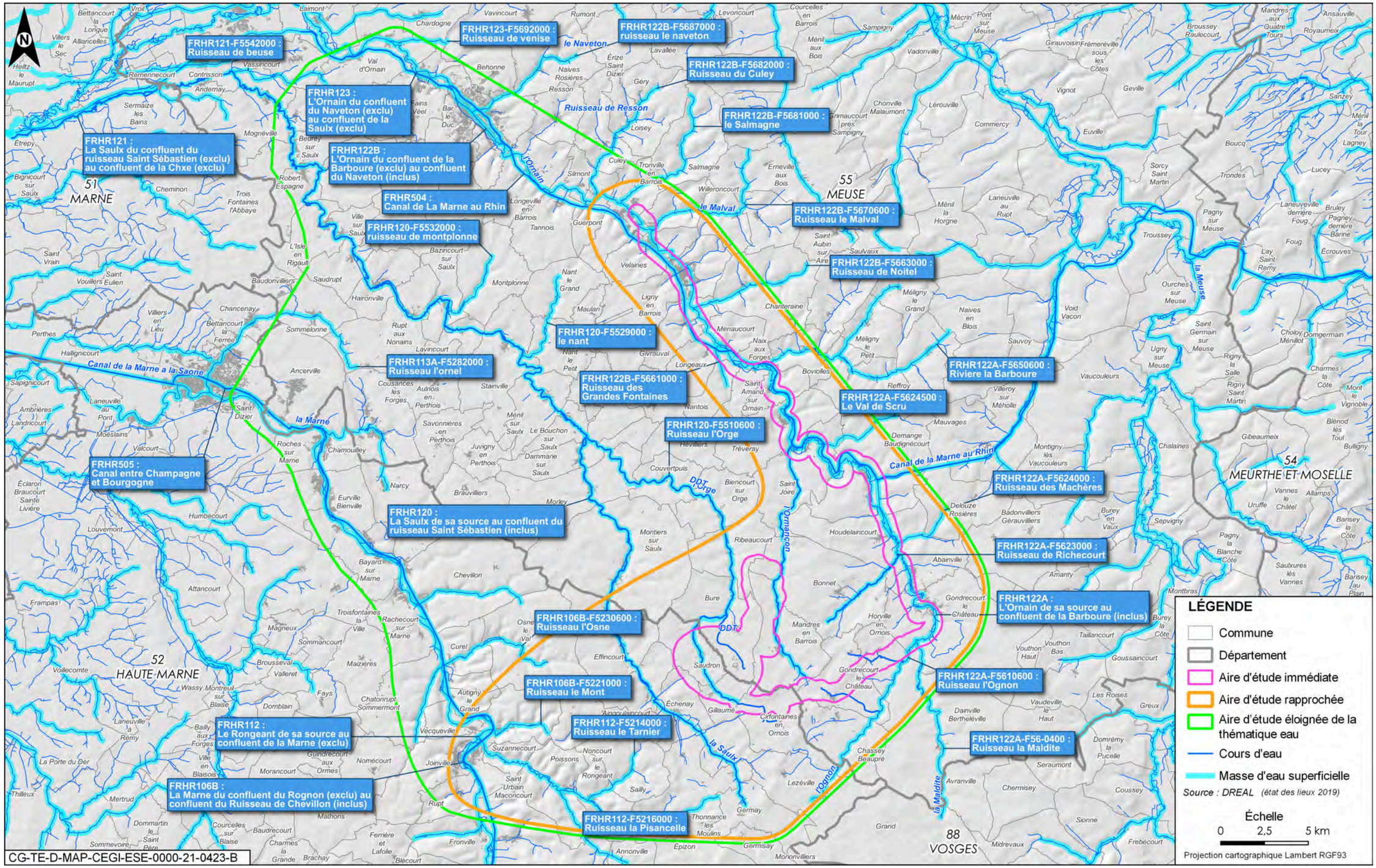


Figure 5-28 Cartographie des masses d'eau dans l'aire d'étude éloignée

5.4.1.4 Réseau hydrographique concerné par l'aire d'étude de la ligne 400 kV

5.4.1.4.1 Contexte général

La ligne 400 kV s'inscrit depuis Balignicourt jusqu'à Gondrecourt-le-Château (soit environ les deux-tiers de son tracé) dans le grand bassin versant Seine-Normandie, et plus particulièrement dans l'unité hydrographique Seine Amont au niveau d'ouest en est des secteurs hydrographiques de l'Aube de sa source au confluent de la Seine et de la Marne amont de sa source au confluent avec La Saulx (inclus).

Sur l'extrémité est de la ligne 400 kV entre Gondrecourt-le-Château et Houdreville, cette dernière recoupe le grand bassin versant Rhin-Meuse et plus particulièrement les secteurs hydrographiques de la Meuse du confluent du Mouzon (inclus) au confluent de l'Aroffe, de la Meuse du confluent de l'Aroffe (inclus) au confluent de la Scance et de la Moselle du confluent de l'Euron (inclus) au confluent de la Meurthe.

Les secteurs hydrographiques susceptibles d'être affectés par la ligne 400 kV sont présentés dans la figure 5-29.

Pour rappel, les autres composantes de l'opération d'alimentation électrique (poste de transformation électrique 400/90 kV et les liaisons électriques enterrées) se localisent dans certains sous-secteurs hydrographiques concernés par le centre de stockage Cigéo :

- le bassin versant de La Saulx (poste de transformation électrique 400/90 kV et les liaisons électriques enterrées associées) ;
- le bassin versant de l'Ornain (partie nord du fuseau d'implantation des liaisons électriques enterrées).

Selon les éléments de Sandre qui définit des sous-secteurs correspondant à des regroupements de bassins versants de masses d'eau superficielles, la ligne 400 kV de Balignicourt (dans le département de l'Aube) aux environs de Gondrecourt-le-Château (dans le département de la Meuse) est concernée par six sous-secteurs hydrographiques :

- le sous-secteur hydrographique de l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus) (code Sandre : F13) ;
- le sous-secteur hydrographique de la Voire de sa source au confluent de l'Aube (code Sandre : F12) ;
- le sous-secteur hydrographique de la Blaise de sa source au confluent de la Marne (code Sandre : F53) ;
- le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) (inclus) (code Sandre : F52) ;
- le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (code Sandre : F55) ;
- le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (code Sandre : F56).

Selon les éléments de Sandre qui définit des sous-secteurs correspondant à des regroupements de bassins versants de masses d'eau superficielles, la ligne 400 kV aux environs de Gondrecourt-le-Château (dans le département de la Meuse) jusqu'à Houdreville (dans le département de la Meurthe et Moselle) est concernée par trois sous-secteurs hydrographiques :

- le sous-secteur hydrographique de la Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe (code Sandre : B13) ;
- le sous-secteur hydrographique de l'Aroffe (code Sandre : B20) ;
- le sous-secteur hydrographique du Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle (code Sandre : A54).

Pour une facilité de lecture, les neuf sous-secteurs hydrographiques sont dans la suite du document parfois dénommés :

- pour le bassin versant Seine-Normandie :
  - ✓ bassin versant de l'Aube pour le sous-secteur hydrographique de l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus) ;
  - ✓ bassin versant de la Voire pour le sous-secteur hydrographique de la Voire de sa source au confluent de l'Aube ;
  - ✓ bassin versant de la Blaise pour le sous-secteur hydrographique de la Blaise de sa source au confluent de la Marne ;
  - ✓ bassin versant de la Marne pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu) ;
  - ✓ bassin versant de la Saulx pour le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent avec l'Ornain (exclu) ;
  - ✓ bassin versant de l'Ornain pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx ;
- pour le bassin versant Rhin-Meuse :
  - ✓ bassin versant de La Meuse pour le sous-secteur hydrographique de la Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe ;
  - ✓ bassin versant de l'Aroffe pour le sous-secteur hydrographique de l'Aroffe ;
  - ✓ bassin versant du Brénon-Madon pour le sous-secteur hydrographique du Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle.

Pour chaque sous-secteur hydrographique, le découpage en zone hydrographique, puis en bassin versant est explicité et illustré au chapitre 5.4.2.4 du présent volume.

5.4.1.4.2 Contexte hydrographique : présentation des sous-secteurs hydrographiques concernés par l'aire d'étude immédiate de la ligne 400 kV

La description générale du réseau hydrographique d'ouest en est de la ligne 400 kV est scindée selon les grands bassins versants et les sous-secteurs hydrographiques présentés au chapitre précédent.

Afin d'éviter les doublons, les sous-secteurs hydrographiques du bassin versant Seine-Normandie également concernés par le projet global Cigéo, à savoir, la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) (inclus) (code Sandre : F52), la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (code Sandre : F55) et l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (code Sandre : F56), ne sont pas de nouveau présentés.

Pour le bassin versant Seine-Normandie, les sous-secteurs hydrographiques sont précisés ci-dessous :

- **le sous-secteur hydrographique de l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus) (code Sandre : F13 et code masse d'eau FRHR27) comprend les huit entités suivantes :**
  - ✓ le Meldançon de sa source au confluent de l'Aube (exclu) – Code Sandre F137 ;
  - ✓ l'Aube du confluent de l'Auzon (exclu) au confluent du Meldançon (exclu) – Code Sandre F136 ;
  - ✓ l'Auzon de sa source au confluent du Longsols (exclu) – Code Sandre F133 ;
  - ✓ le Longsols de sa source au confluent de l'Auzon (exclu) – Code Sandre F134 ;
  - ✓ l'Auzon du confluent du Longsols (exclu) au confluent de l'Aube (exclu) – Code Sandre F135 ;
  - ✓ l'Aube du confluent du Ravet (exclu) au confluent de l'Auzon (exclu) – Code Sandre F132 ;
  - ✓ le Ravet de sa source au confluent de l'Aube (exclu) - Code Sandre F131 ;
  - ✓ l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Ravet (exclu) – Code Sandre F130.

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de l'Aube concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-30 ;
- **le sous-secteur hydrographique de la Voire de sa source au confluent de l'Aube (code Sandre : F12 et code masses d'eau FRHG19 « la Voire de sa source au confluent de la Héronne (exclu) » et FRHR21 « la Voire du confluent de la Héronne (exclu) au confluent de la Voire (exclu) ») comprend les neuf entités suivantes :**
  - ✓ la Héronne de sa source au confluent de la Voire (exclu) – Code Sandre F123 ;
  - ✓ la Brévonne de sa source au confluent de la Voire (exclu) – Code Sandre F127 ;
  - ✓ la Voire du confluent du Ceffondet (exclu) au confluent de la Héronne (exclu) – Code Sandre F122 ;
  - ✓ la Voire du confluent de la Héronne (exclu) au confluent de la Laines (exclu) – Code Sandre F124 ;
  - ✓ la Laines de sa source au confluent de la Voire (exclu) – Code Sandre F125 ;
  - ✓ la Voire de sa source au confluent du Ceffondet (exclu) – Code Sandre F120 ;
  - ✓ la Voire du confluent de la Brévonne (exclu) au confluent de l'Aube (exclu) – Code Sandre F128 ;

- ✓ le Ceffondet de sa source au confluent de la Voire (exclu) – Code Sandre F121 ;
- ✓ la Voire du confluent de la Laines (exclu) au confluent de la Brévonne (exclu) – Code Sandre F126.

Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de la Voire concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-31.

- **le sous-secteur hydrographique de la Blaise de sa source au confluent de la Marne (code** Sandre **: F53) comprend les cinq entités suivantes :**
  - ✓ la Blaise du confluent du Blaiseron (exclu) au confluent du ruisseau de Prêle (exclu) - Code Sandre F532 et code masse d'eau FRHR116 (confluent du ruisseau de Prêle inclus) ;
  - ✓ la Blaise du confluent du ruisseau de Prêle (exclu) au confluent de la Marne (exclu) – Code Sandre F534 et code masse d'eau FRHR117 ;
  - ✓ le Blaiseron de sa source au confluent de la Blaise (exclu) – Code Sandre F531 et code masse d'eau FRHR115 ;
  - ✓ le ruisseau de Prêle de sa source au confluent de la Blaise (exclu) – Code Sandre F533 et code masse d'eau FRHR117-F5330600 (« ruisseau du Prêle ») ;
  - ✓ la Blaise de sa source au confluent du Blaiseron (exclu) – Code Sandre F530 et code masse d'eau FRHR114.

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de la Blaise concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-32 ;
- **le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) (inclus) (code** Sandre **: F52) ;**

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de la Marne concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-27 au chapitre 5.4.1.3 du présent volume ;
- **le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) (code SANDRE : F55) ;**

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de la Saulx concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-27 au chapitre 5.4.1.3 du présent volume ;
- **le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (code** Sandre **: F56).**

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de l'Ornain concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-27 au chapitre 5.4.1.3 du présent volume.

Pour le bassin versant Rhin-Meuse, les sous-secteurs hydrographiques sont précisés ci-dessous :

- **le sous-secteur hydrographique de la Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe (code** Sandre **: B13 et code masse d'eau FRB1R472) comprend les sept entités suivantes :**
  - ✓ la Meuse du Bras de Sainte-Libaire au ruisseau de Montigny – Code Sandre B134 ;
  - ✓ la Meuse du ruisseau la Rupe à la diffluence du canal de la Haute Meuse (confluent du Fragne inclus) – Code Sandre B132 ;
  - ✓ la Meuse de la diffluence du canal de la Haute Meuse (confluent de la Fragne) au confluent du Bras de Sainte-Libaire – Code Sandre B133 ;
  - ✓ la Meuse du ruisseau de Montigny (inclus) à l'Aroffe – Code Sandre B135 ;
  - ✓ la Meuse du Vair au ruisseau la Rupe – Code Sandre B130 ;
  - ✓ le ruisseau la Rupe - Code Sandre B131.

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de la Meuse concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-34 ;
- **le sous-secteur hydrographique de l'Aroffe (code** Sandre **: B20 et code masse d'eau FRB1R505) comprend les six entités suivantes :**
  - ✓ l'Aroffe de son point de résurgence au ruisseau de l'Étang d'Allamps (inclus) – Code Sandre B203 ;
  - ✓ l'Aroffe de son point de perte à son point de résurgence – Code Sandre B202 ;
  - ✓ l'Aroffe du ruisseau de la Deuille à la Meuse - Code Sandre B205 ;
  - ✓ l'Aroffe du ruisseau de l'Étang d'Allamps au ruisseau de la Deuille (inclus) – Code Sandre B204 ;
  - ✓ l'Aroffe de sa source au ruisseau de Vicherey (= ruisseau des Moulins) (inclus) - Code Sandre B200 ;
  - ✓ l'Aroffe du ruisseau de Vicherey (ou ruisseau des Moulins) à son point de perte – Code Sandre B201.

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique de l'Aroffe concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-34.
- **le sous-secteur hydrographique du Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle (code** Sandre **: A54 et code masse d'eau FRCR267) comprend les cinq entités suivantes :**
  - ✓ le Madon du Brénon à l'Athenay (inclus) – Code Sandre A543 ;
  - ✓ le Brénon du ruisseau de Velle à l'Uvry (inclus) – Code Sandre A541 ;
  - ✓ le Madon de l'Athenay à la Moselle – Code Sandre A544 ;
  - ✓ le Brénon de sa source au ruisseau de Velle (inclus) – Code Sandre A540 ;
  - ✓ le Brénon de l'Uvry au Madon – Code Sandre A542.

  Le détail du réseau hydrographique du sous-secteur hydrographique du Brenon/Mandon concerné par les incidences potentielles de la ligne 400 kV est repris dans la figure 5-34.

En synthèse et à l'échelle de la ligne 400 kV (hors projet global Cigéo), six sous-secteurs hydrographiques dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV s'ajoutent à celles du projet global Cigéo (hors ligne 400 kV, présenté au chapitre 5.4.1.3 du présent volume). Ils sont redécoupés en 39 zones hydrographiques et en 50 masses d'eau de surface.

La correspondance entre les deux listes considérées est établie et constitue l'annexe 2 du présent volume.

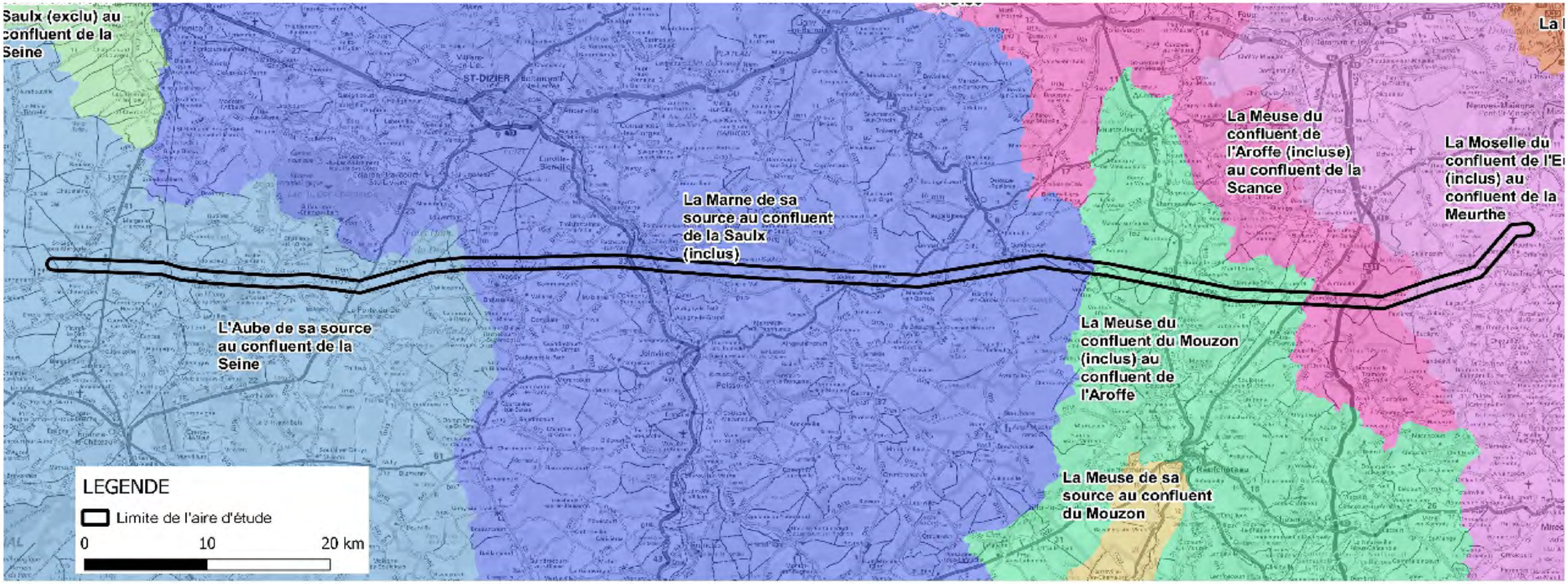


Figure 5-29 Localisation des secteurs hydrographiques recoupés par la ligne 400 kV (source: RTE, juin 2020 (101))

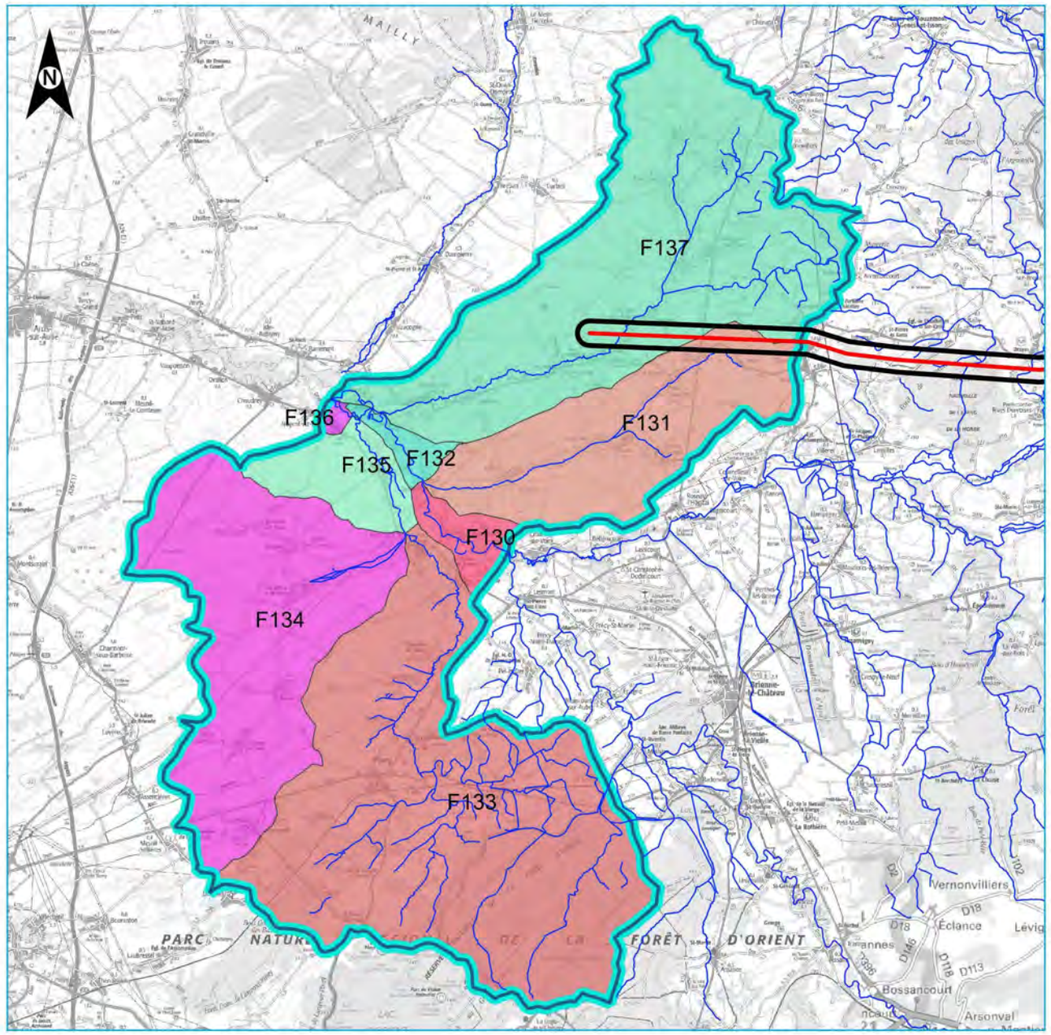
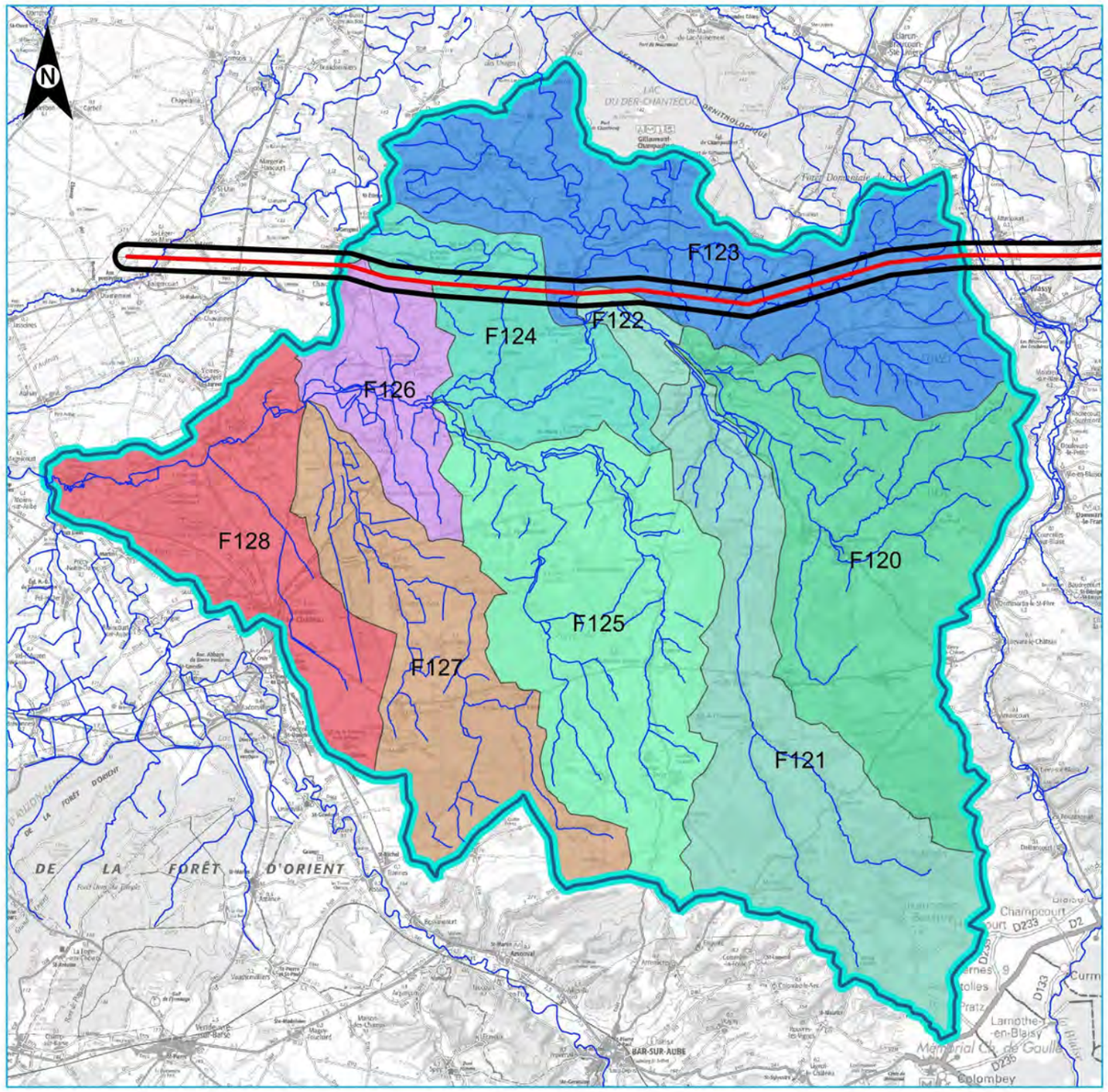
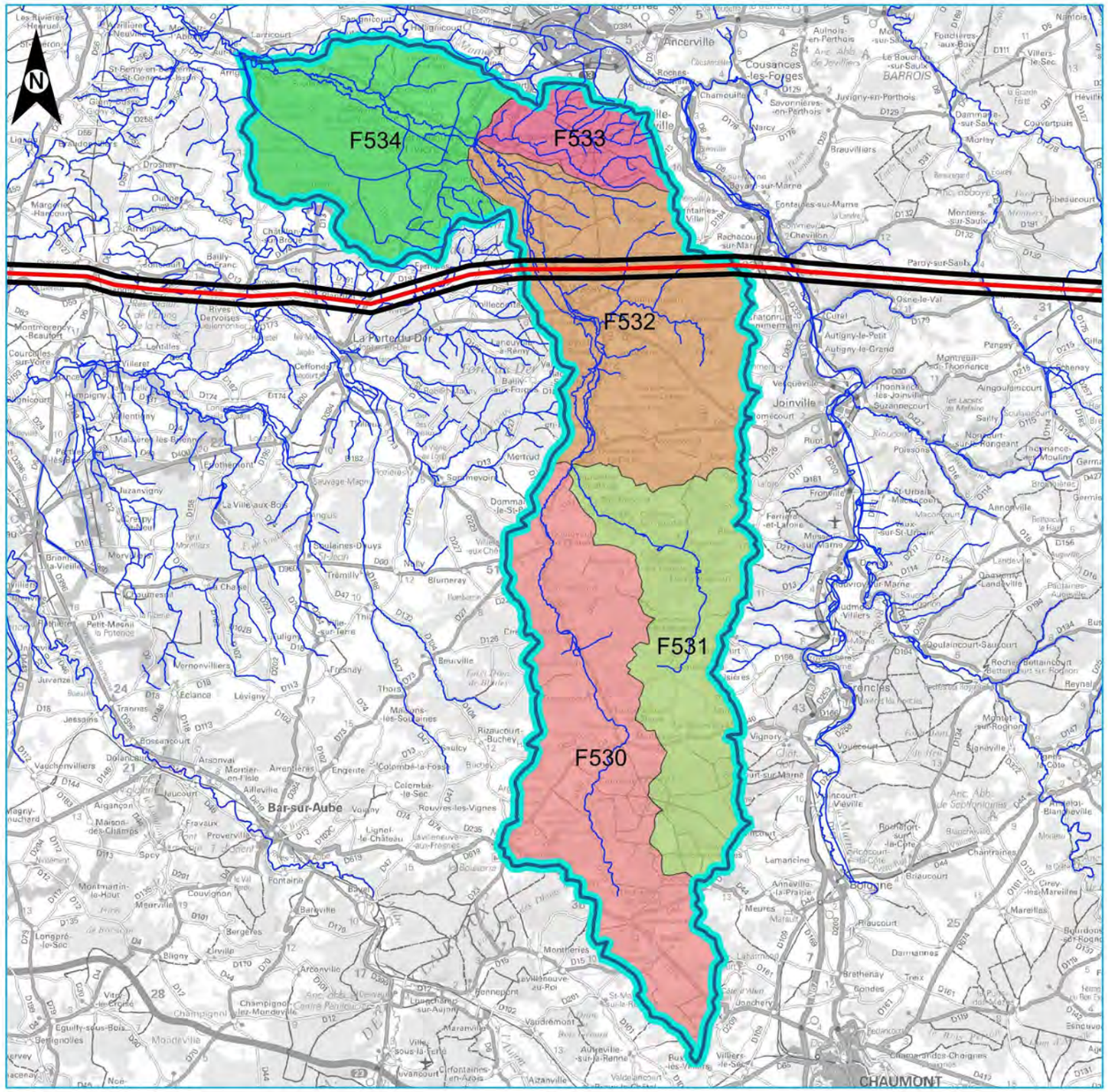


Figure 5-30 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus) (source : RTE, juin 2020 (101))



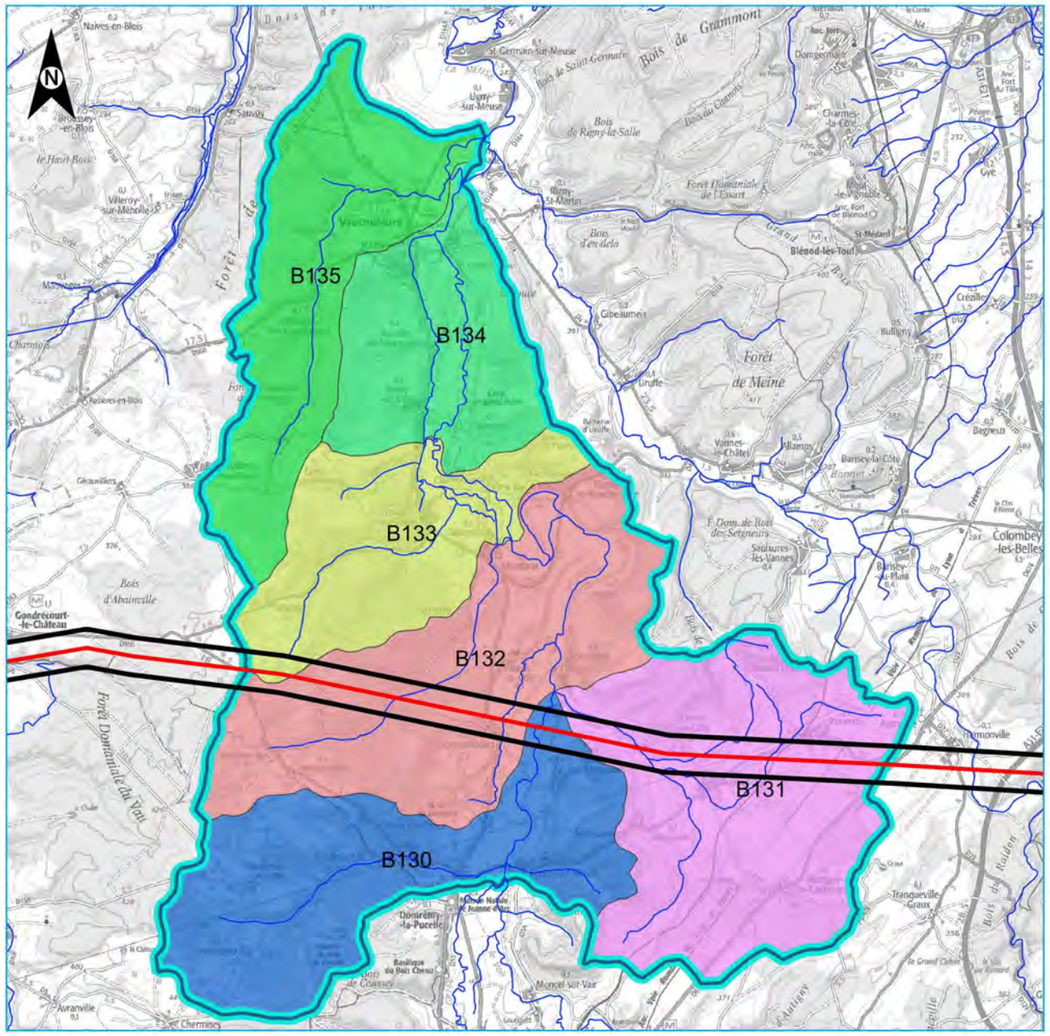
CG-TE-D-MGE-CRTE-ESE-0000-20-0379-A

Figure 5-31 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique la Voire de sa source au confluent de l'Aube (source : RTE, juin 2020 (101))



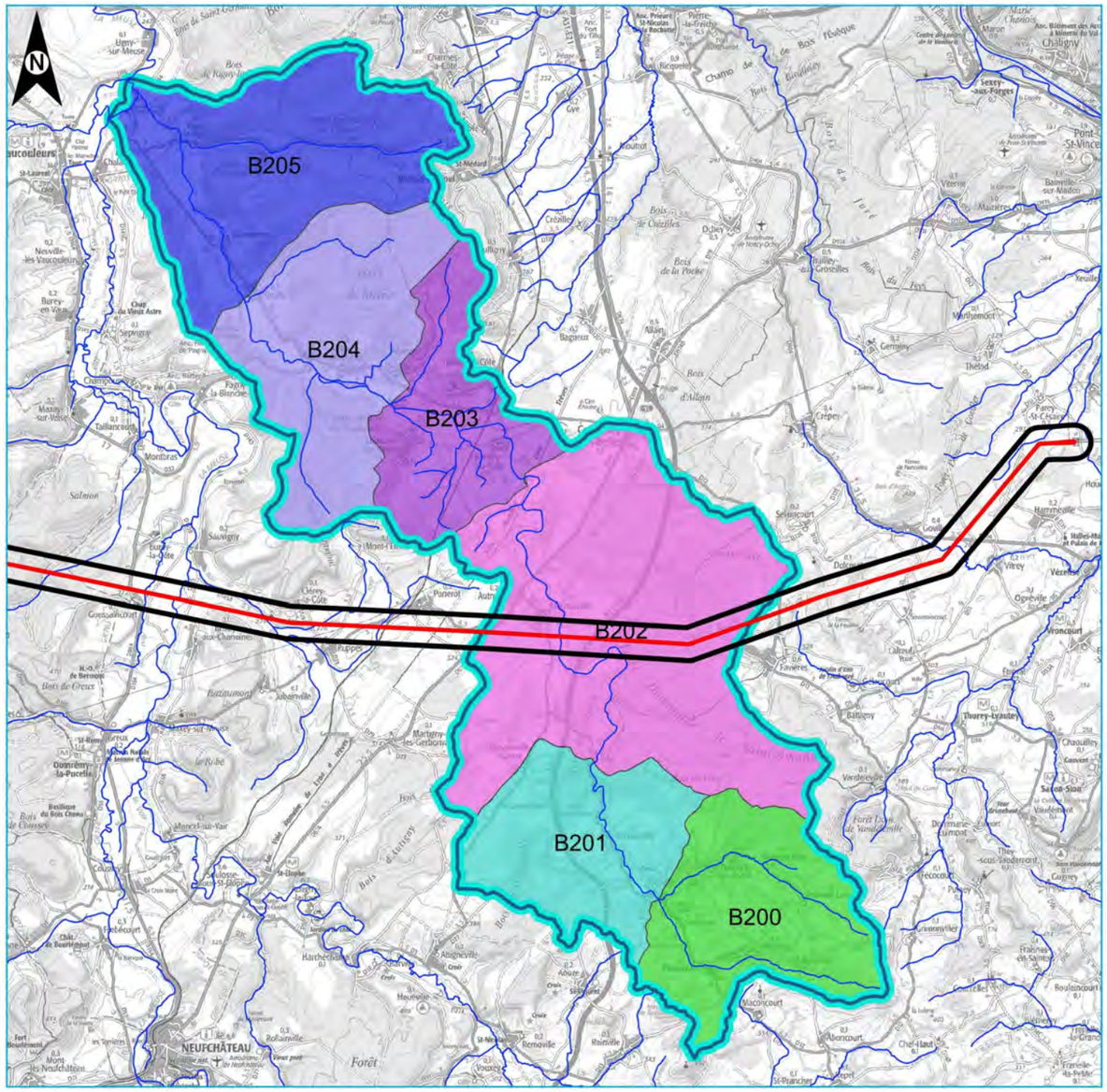
CG-TE-D-MGE-CRTE-ESE-0000-20-0373-A

Figure 5-32 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de la Blaise de sa source au confluent de la Marne (source : RTE, juin 2020 (101))



CG-TE-D-MGE-CRTE-ESE-0000-20-0376-A

Figure 5-33 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de la Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe (source : RTE, juin 2020 (101))



Limite de l'aire d'étude
Ligne concernée
Cours d'eau

Sous-secteur hydrographique

L'Aroffe

Zone hydrographique

B200	L'Aroffe de sa source au ruisseau de Vicherey (= ruisseau des Moulins) (inclus).
B202	L'Aroffe de son point de perte à son point de résurgence.
B203	L'Aroffe de son point de résurgence au ruisseau de l'Etang d'Allamps (inclus).
B205	L'Aroffe du ruisseau de la Deuille à la Meuse.
B204	L'Aroffe du ruisseau de l'Etang d'Allamps au ruisseau de la Deuille (inclus).
B201	L'Aroffe du ruisseau de Vicherey (ou ruisseau des Moulins) à son point de perte.

Échelle :
0 2.5 5 7.5 10 KM
Projection cartographique Lambert 93

CG-TE-D-MGE-CRTE-ESE-0000-20-0371-A

Figure 5-34 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de l'Aroffe (source : RTE, juin 2020 (101))

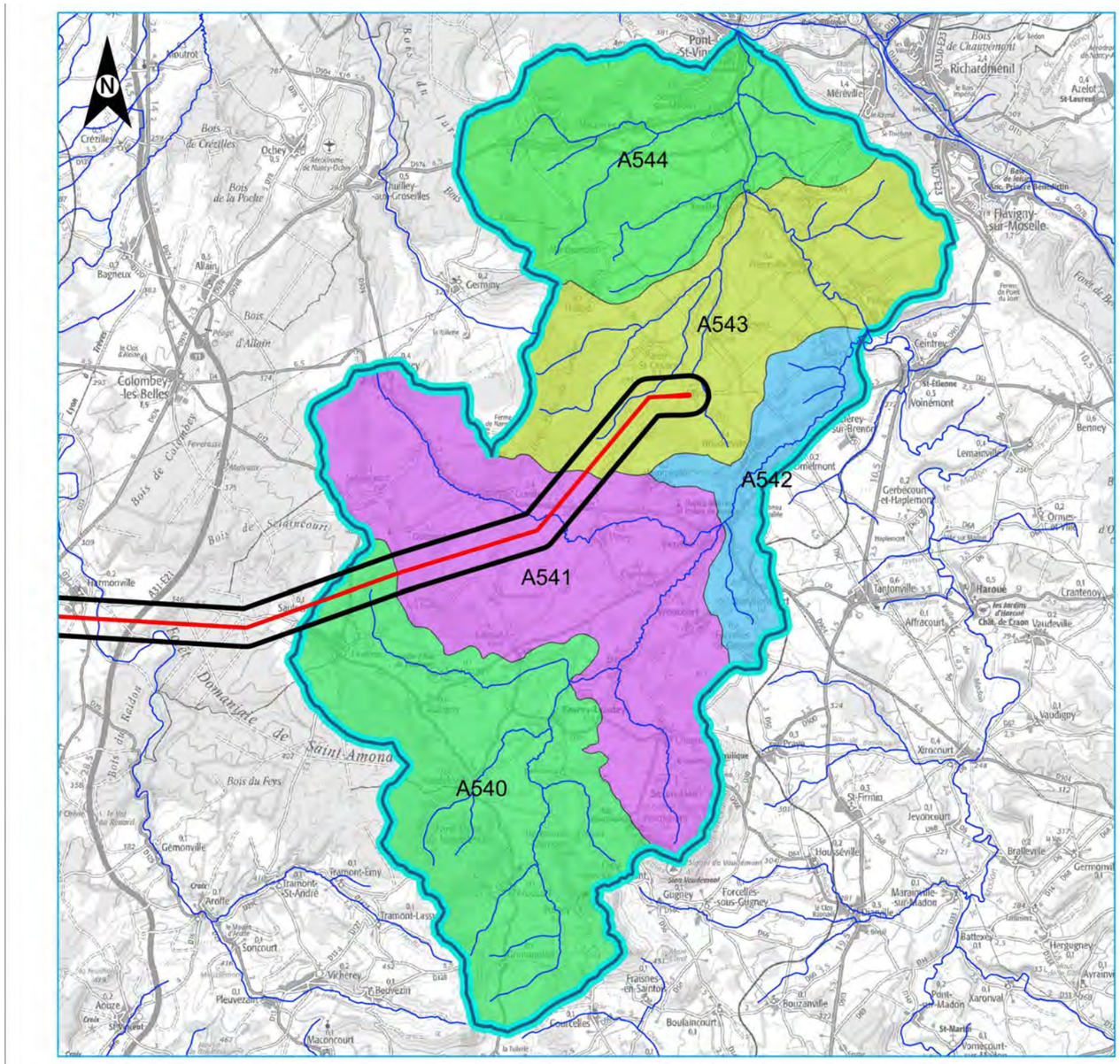


Figure 5-35 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique du Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle (source : RTE, juin 2020 (101))

5.4.1.5 Liste des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo

» COURS D'EAU

Selon l'article L. 215-7-1 du code de l'environnement, « *constitue un cours d'eau un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année. L'écoulement peut ne pas être permanent compte tenu des conditions hydrologiques et géologiques locales*. »

Un écoulement est considéré comme un cours d'eau si les trois critères cumulatifs suivants sont réunis :

- la présence et permanence d'un lit, naturel à l'origine (les cours d'eau dont le tracé a été modifié ou dont des parties ont été busées, restent donc des cours d'eau) ;
- un débit suffisant une majeure partie de l'année ;
- l'alimentation par une source (qui peut être une source ponctuelle ou diffuse, une résurgence de nappe).

L'instruction gouvernementale du 3 juin 2015 (102) a demandé aux services de l'État de réaliser une cartographie des cours d'eau dans chaque département. Les écoulements présentés ci-après sont en cohérence avec les cours d'eau définis par les directions départementales des territoires de la Meuse et de la Haute-Marne.

Le Conseil d'État a confirmé dans sa décision n° 395021 du 22 février 2017 (103) la validité des éléments de cette instruction qui précise que dans des cas résiduels où les trois critères majeurs ne permettent pas de statuer avec certitude sur la qualification ou non de l'écoulement en cours d'eau, un faisceau d'indices peut être considéré. Celui-ci permet d'aider à caractériser les critères majeurs.

Seuls les cours d'eau ou le canal en interface avec les différentes opérations du projet global Cigéo (en dehors de la ligne 400 kV) sont étudiés de manière plus détaillée que les autres cours d'eau dans la suite de l'étude d'impact. Il s'agit des cours d'eaux présentés dans le tableau 5-13 avec les hypothèses suivantes :

- les écoulements susceptibles d'être affectés par le projet d'adduction d'eau ne sont pas connus précisément puisque les tracés ne sont pas encore définis mais la position des forages d'eau potable devant servir à approvisionner le centre de stockage Cigéo permet de considérer les bassins versants potentiellement concernés par les futurs travaux des raccordements de réseaux ;
- concernant l'opération de déviation de la route départementale D60/960, les trois options présentées dans le volume II de la présente étude d'impact sont prises en compte.

Ainsi dans **le grand bassin versant Seine-Normandie, vingt-deux cours d'eau et une voie navigable** sont concernés par le projet global Cigéo et par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV, présentés dans le tableau 5-13 suivant selon une répartition d'ouest en est.

Dans le grand bassin versant Rhin-Meuse, huit cours d'eau sont concernés par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV, présentés dans le tableau 5-13 suivants selon une répartition d'ouest en est.

La répartition des 31 cours d'eau et de la voie navigable concernés par opération du projet global Cigéo explicitée dans le tableau 5-13 est également présentée sur la figure 5-36 et la figure 5-37 pour l'aire spécifique de la ligne 400 kV.

Du fait de l'important chevelu de cours d'eau dans l'aire d'étude éloignée de la thématique eau, l'enjeu du réseau hydrographique est fort.

Tableau 5-13 Répartition des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo par opération

Grand bassin versant	Sous-secteur hydrographique	Opération du centre de stockage Cigéo – Andra				Opération d'alimentation électrique - RTE		Opération d'adduction d'eau – Syndicats d'eau *(Captage concerné)*	Opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 – SNCF Réseau	Opération de la déviation de la route départementale D60/960 *(option concernée)*
		Zone puits	Zone descenderie	Liaison intersites	Installation terminale embranchée	Poste et liaisons électriques enterrées *(option concernée)*	Ligne 400 kV			
Seine-Normandie	L'Aube	-	-	-	-	-	Le Meldançon	-	-	-
	La Voire	-	-	-	-	-	Ruisseau de Chevry	-	-	-
		-	-	-	-	-	La Héronne	-	-	-
		-	-	-	-	-	Ruisseau de la Brie	-	-	-
	La Blaise	-	-	-	-	-	Ruisseau des Fabriques	-	-	-
		-	-	-	-	-	La Blaise	-	-	-
		-	-	-	-	-	La Maronne	-	-	-
	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)	-	-	-	-	-	La Marne	La Marne *(Captage de Thonnance-lès-Joinville)*	-	-
		-	-	-	-	-	-	Le Mont *(Captage de Thonnance-lès-Joinville)*	-	-
		-	-	-	-	-	-	Le Rongeant *(Captage de Thonnance-lès-Joinville)*	-	-
		-	-	-	-	-	-	L'Osne *(Captage de Thonnance-lès-Joinville)*	-	-
	La Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)	-	-	-	-	-	La Saulx	La Saulx *(Captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay)*	-	-
		-	L'Orge *(rejets sud)*	L'Orge *(rejet eaux pluviales nord)*	-	L'Orge *(option : 3S)*	L'Orge	L'Orge *(Captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay)*	-	L'Orge *(pour les trois options)*
		-	La Bureau *(rejets nord/raccordement adduction d'eau)*	La Bureau *(rejet eaux pluviales sud)*	-	La Bureau	La Bureau	La Bureau *(Captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay)*	-	La Bureau

Grand bassin versant	Sous-secteur hydrographique	Opération du centre de stockage Cigéo – Andra				Opération d'alimentation électrique - RTE		Opération d'adduction d'eau – Syndicats d'eau *(Captage concerné)*	Opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 – SNCF Réseau	Opération de la déviation de la route départementale D60/960 *(option concernée)*
		Zone puits	Zone descenderie	Liaison intersites	Installation terminale embranchée	Poste et liaisons électriques enterrées *(option concernée)*	Ligne 400 kV			
Seine-Normandie	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	L'Ormançon *(rejets nord-est/ raccordement adduction eau)*	-	-	-	L'Ormançon *(option : 10S)*	L'Ormançon	L'Ormançon *(Captage de Gondrecourt-le-Château)*	L'Ormançon	-
		-	-	-	Ruisseau de l'Étang	-		-	-	-
		-	-	-	Ruisseau de Naillemont	-	-	-	-	-
		-	-	-	Ru de l'Ognon	-	Ru de l'Ognon	-	-	-
		-	-	-	L'Ornain	-	L'Ornain	L'Ornain *(Captage de Gondrecourt-le-Château)*	L'Ornain	-
		-	-	-	-	-	-	-	Ruisseau des Peux	-
		-	-	-	-	-	-	-	Ruisseau de Richecourt	-
		-	-	-	-	-	-	-	Ru des Grandes Fontaines	-
		-	-	-	-	-	-	-	Canal de la Marne au Rhin	-
Rhin-Meuse	La Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe	-	-	-	-	-	Ruisseau de Fragne	-	-	-
		-	-	-	-	-	La Noue de Burey	-	-	-
		-	-	-	-	-	La Meuse	-	-	-
		-	-	-	-	-	Ruisseau des Chaudrons	-	-	-
		-	-	-	-	-	Ruisseau de l'Orge	-	-	-
		-	-	-	-	-	Ruisseau de la Rupe	-	-	-
	L'Aroffe	-	-	-	-	-	L'Aroffe	-	-	-
	Le Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle	-	-	-	-	-	Ruisseau d'Uvry	-	-	-
Total des cours d'eau concernés par opération du projet global Cigéo		7				3	22	9	6	2

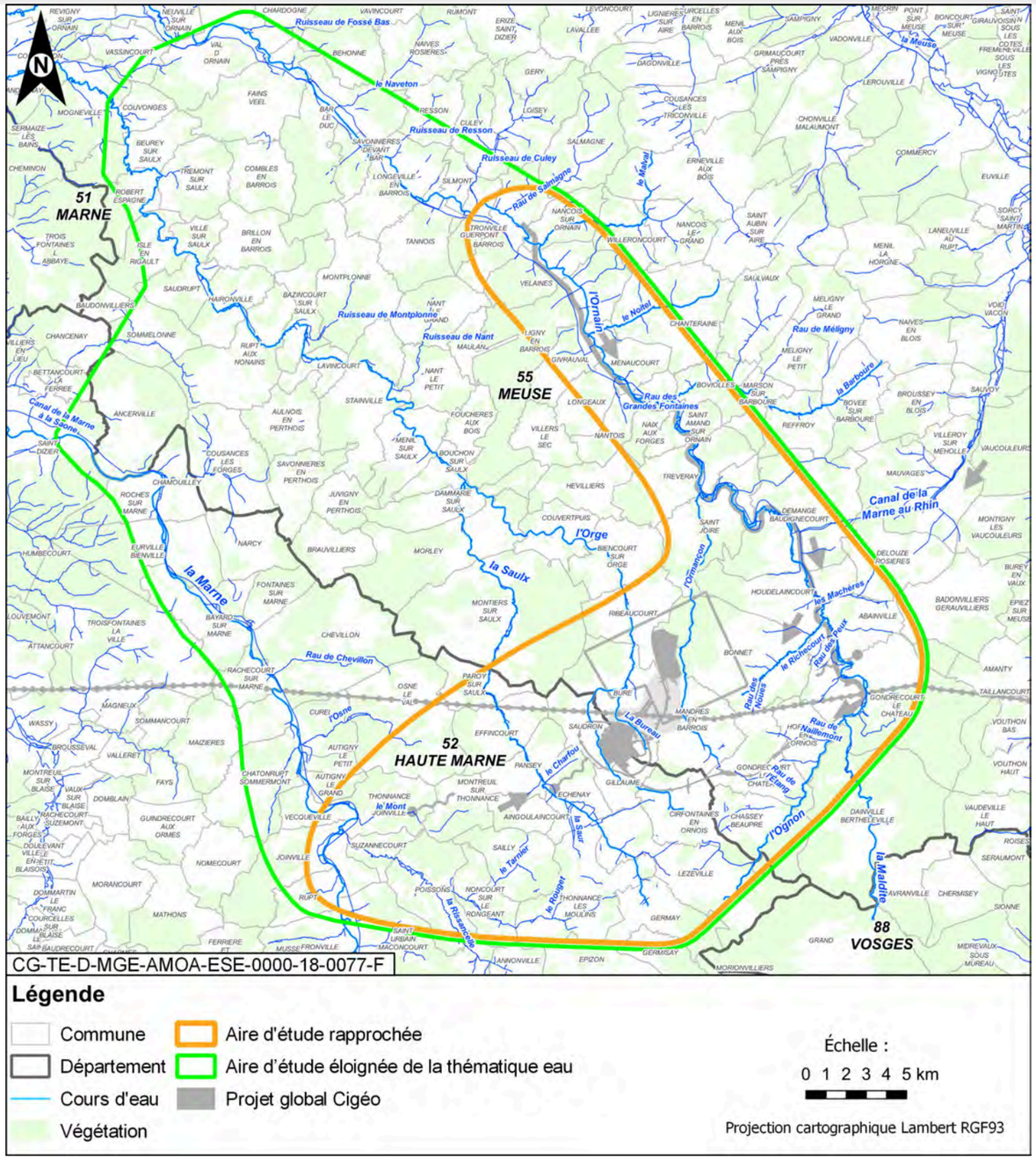


Figure 5-36 Densité du réseau hydrographique dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo

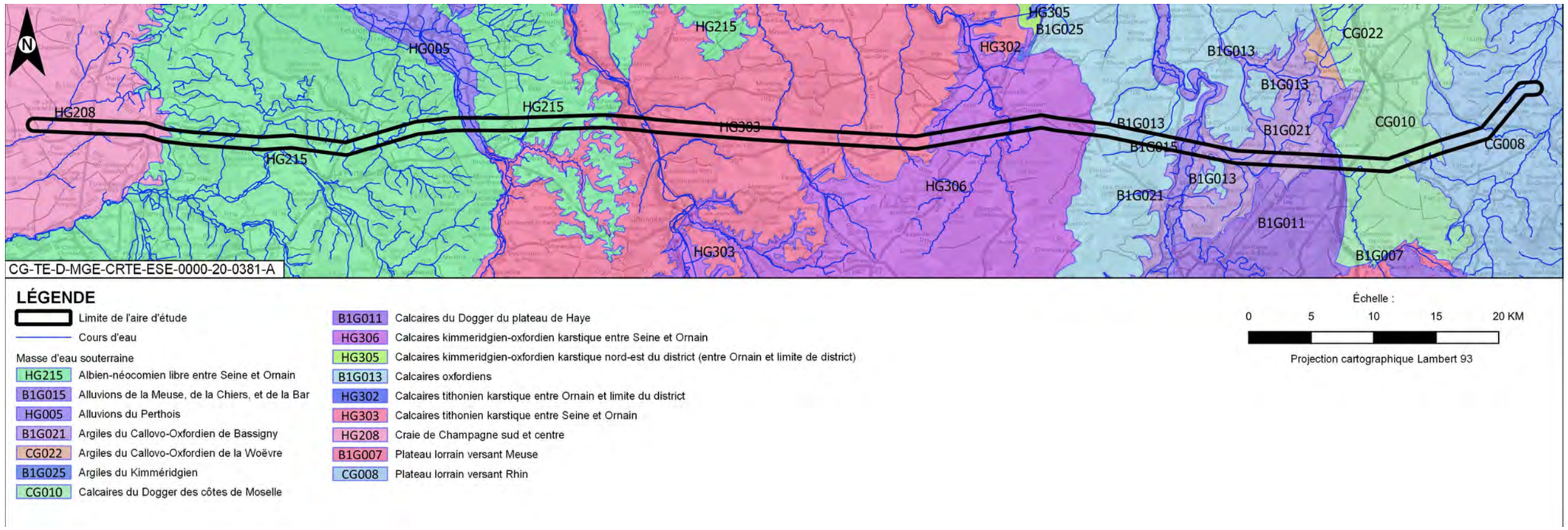


Figure 5-37 Densité du réseau hydrographique dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV (source : RTE, juin 2020 (101))

5.4.2 Caractéristiques hydrologiques et hydromorphologiques des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo

Afin de décrire l'état initial de l'hydrologie de surface des cours d'eau potentiellement influencés par le projet global Cigéo, une description hydromorphologique et des données hydrologiques sont présentées dans ce chapitre. Le débit est le principal paramètre quantitatif permettant d'évaluer l'importance relative d'un cours d'eau. Les écosystèmes, tout particulièrement les zones humides et les forêts contribuent à la régulation des débits des cours d'eau, et donc des crues et des étiages. Cette contribution est considérée comme un service écosystémique de régulation (service écosystémique de régulation des crues et des étiages).

Les cours d'eau concernés par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV font l'objet d'une étude bibliographique des caractéristiques hydromorphologiques et hydrologiques. Des précisions sur les cours d'eau concernés par les travaux seront apportées dans l'étude d'impact associée à la procédure autorisant ces travaux de sécurisation de la ligne 400 kV.

Les données de débits proviennent :

- soit du site Banque Hydro[18] ;
- soit d'acquisition réalisée par l'Andra sur la période 2011 à 2019.

» LA BANQUE HYDRO

La Banque Hydro est un service français d'accès à des données hydrologiques fournies par des services de l'État et d'autres producteurs. Ce service est géré par le Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations du ministère de la Transition écologique et Solidaire.

Par l'Andra, les données de débit sont acquises :

- soit en continu pour les stations de la Saulx (OPE90011, OPE90012 et OPE90013), l'Ornain (OPE90014 et OPE90015) et de l'Orge (OPE01751) ;
- soit par la réalisation de jaugeages ponctuels par des prestataires sur de nombreux autres points de suivi.

Pour les sites ne disposant pas ou peu de données hydrométriques, les débits caractéristiques de référence (QMNA5 et Module) de l'Office français de la biodiversité (OFB) sont présentés. Les données des stations du réseau de l'Observatoire national des étiages (ONDE) sont également présentées.

Les stations de suivi, issues des différentes sources de données, au niveau de l'aire d'étude éloignée sont reprises sur la figure 5-38.

Les données utilisées sont décrites dans le chapitre 5.1.2.3 du volume VII Méthodes de réalisation de la présente étude d'impact.

» QMNA5 ET MODULE

Le **QMNA5**, débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A) est la valeur du débit mensuel d'étiage qui peut se produire en moyenne une année sur 5. C'est un débit statistique qui donne une information sur la sévérité de l'étiage.

Le **module** est le débit moyen interannuel sur la chronologie disponible. Il donne une indication sur le volume annuel écoulé et donc sur la disponibilité de la ressource en eau.

Ce chapitre présente dans un premier temps les cours d'eau par sous-secteur hydrographique hors ligne 400 kV, puis de manière plus succincte pour les cours d'eau des sous-secteurs concernés par la ligne 400 kV

[18] http://www.hydro.eaufrance.fr/

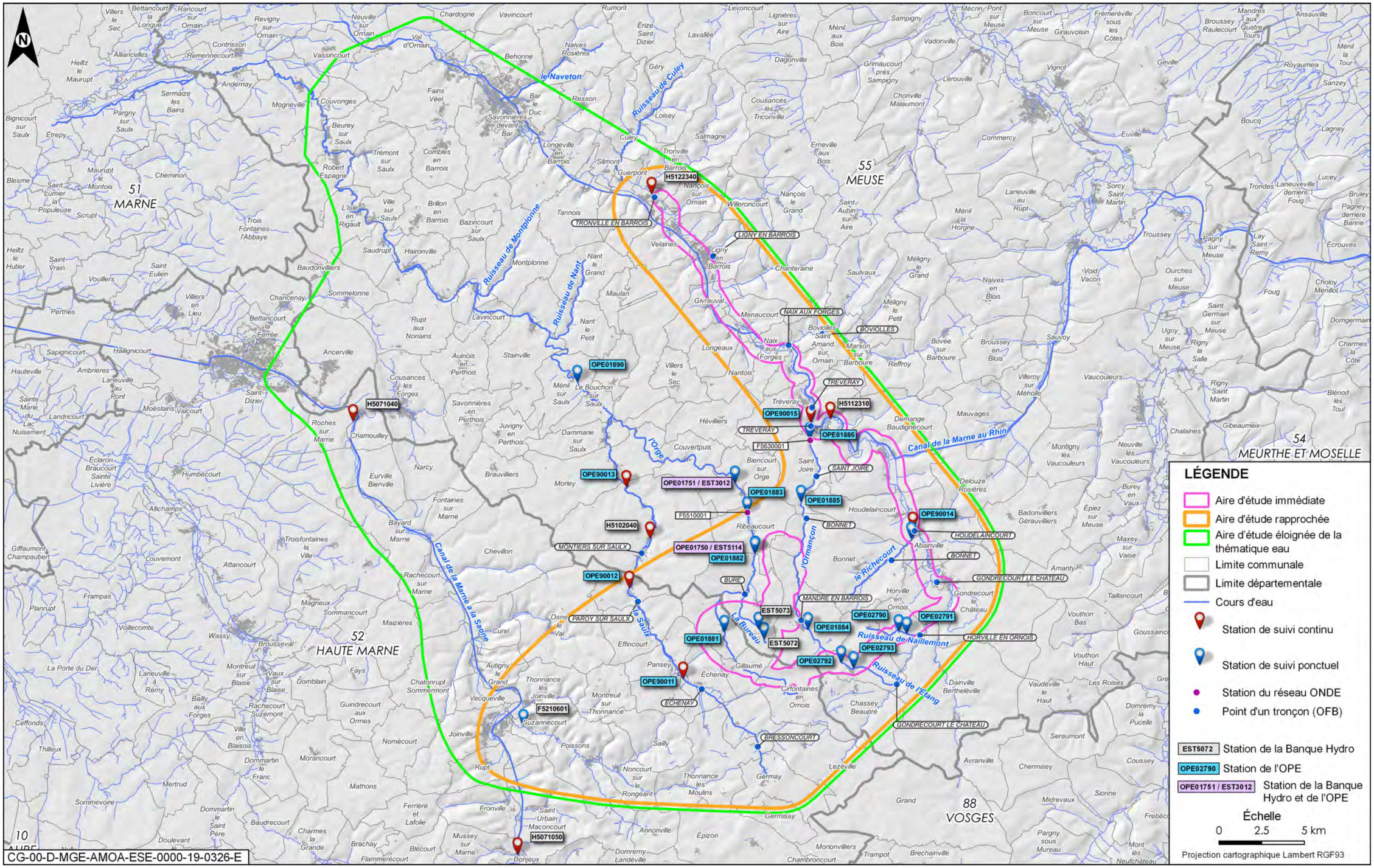


Figure 5-38 Carte des stations de suivi hydraulique des eaux superficielles (Andra, banque Hydro, OFB, ONDE)

5.4.2.1 Sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)

5.4.2.1.1 La Marne

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LA MARNE

La Marne est concernée par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV.

Le bassin versant de La Marne est potentiellement concerné par l'opération d'adduction d'eau provenant du captage d'eau potable de Thonnance-Lès-Joinville (en fonction du tracé de raccordement qui sera retenu).

La Marne prend sa source à 412 mètres sur le plateau de Langres, à la Côte-aux-Clos, à Balesmes-sur-Marne (département Haute-Marne). Le cours d'eau conflue après un parcours d'environ 514 km avec la Seine, en rive droite, entre Charenton-le-Pont et Alfortville (département Val-de-Marne) à une altitude de 19 mètres (dénivelé moyen de la Marne 0,08 %). La rivière traverse sept départements et définit un bassin versant d'environ 13 000 km².

Au niveau de l'aire d'étude éloignée, la Marne s'écoule en limite ouest et est alimentée notamment par :

- le Rongeant en rive droite à Suzannecourt ;
- le ruisseau Le Mont en rive droite à Thonnance-lès-Joinville ;
- le ru de Sommermont en rive gauche à Chatonrupt-Sommermont ;
- l'Osne en rive droite à Curel ;
- le Chevillon en rive droite à Chevillon ;
- la Cousance en rive droite à Chamouilley.

Dans l'aire d'étude éloignée, la vallée de la Marne amont entaille un plateau dont l'altitude maximale varie de plus de 516 mètres au sud à 385 mètres au nord. Le fond de vallée se trouve quant à lui à une altitude comprise entre 195 mètres et 160 mètres.

Pour définir l'état initial des conditions hydrologiques de la Marne, les données issues du site banque HYDRO de deux stations localisées sur la Marne (H5071050 Mussey-sur-Marne et H50071040 Chamouilley) (cf. Figure 5-39) ont été analysées. La station Mussey-sur-Maren se localise en amont de Joinville et la station de Chamouilley est en amont de Saint-Dizier. Les données des deux stations considérées sont répertoriées dans le tableau 5-14 et le tableau 5-15.

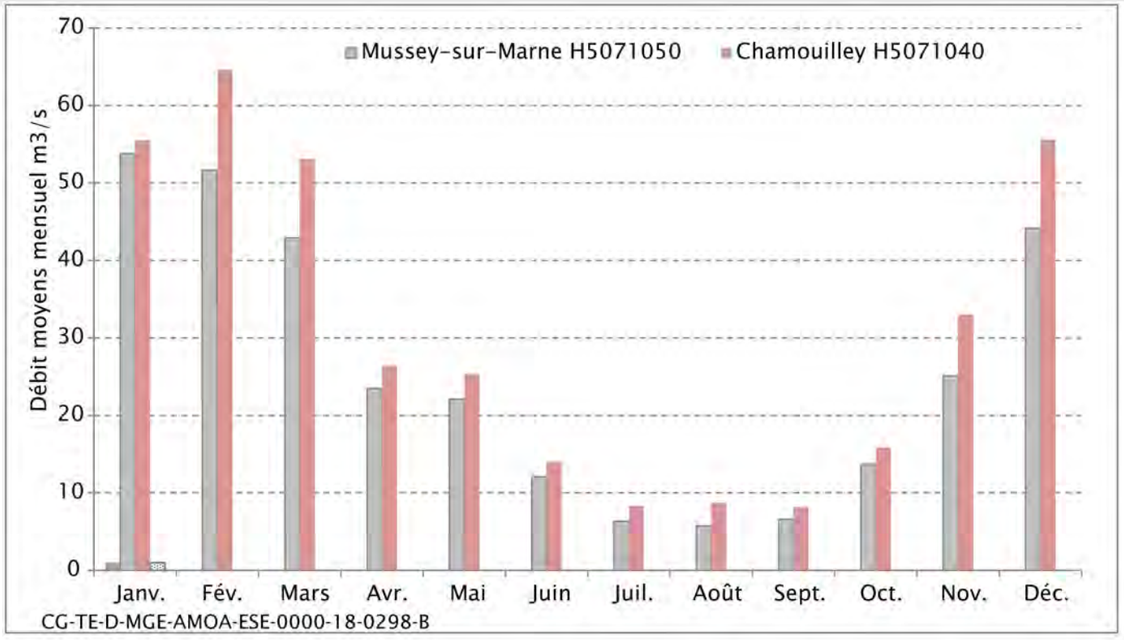


Figure 5-39 Débits moyens mensuels (m³/s) mesurés sur la Marne de 1999 à 2021 (banque HYDRO au 09/04/2021)

Tableau 5-14 Débits moyens mensuels (m³/s) mesurés sur la Marne de 1999 à 2021 (au 09/04/2021) (banque HYDRO)

Commune	Identifiant station	Période	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle
Mussey-sur-Marne H5071050	H5071050	2001-2021	52,3	51	42,5	23,3	211	11,7	5,98	6,41	6,03	12,7	25,1	44,1	25,1
Chamouilley H5071040	H5071040	1999-2021	64,4	65,2	53,4	27,7	24,9	14,2	8,06	8,25	7,67	15,2	32,3	56,5	31,3

Tableau 5-15 Caractéristiques hydrologiques (m³/s) des stations de référence de la Marne en Haute-Marne

Commune	Identifiant station	Localisation par rapport à l'ouvrage (Joinville)	Surface BV	Période d'exploit	Débits caractéristiques (m³/s) Module et étiage			Débits caractéristiques (m³/s) - Crues (Qix) Période de retour					Maximum instantané (QIX)	Débit journalier maximal
					Module (Q moyen)	Étiage QMNA5	Étiage VCN10 2 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans		
Mussey-sur-Marne	H5071050	Amont	1 870	2001 - 2021	25,1	2,7	2,9	190	250	290	320	Abs	294 5 mai 2013	289 23 janvier 2018
Chamouilley	H5071040	Aval	2 213	1999 - 2021	31,3	2,9	3,4	220	300	350	400	460	397 31 décembre 2001	374 24 janvier 2018

Le 20e siècle a été marqué par trois crues de la Marne supérieures à 500 m³/s à Saint-Dizier : 1910, 1955, 1983. Celle de 1910 est la plus importante connue depuis 1861. L'analyse de ces évènements historiques permet d'établir un débit décennal à Joinville de 35 m³/s et centennal de 525 m³/s.

La nature essentiellement calcaire du bassin-versant en amont de Saint-Dizier permet une vidange progressive des principales nappes aquifères en raison de la perméabilité de fissures affectant les calcaires. Les observations hydrologiques sur la Seine amont mettent en évidence une pondération des débits assez marquée avec un seul maxima et un seul minima. Le débit mensuel maximal apparaît au mois de janvier. Le débit mensuel est le plus faible sur les mois de juillet à septembre.

Une analyse statistique des débits mensuels classés pour la station de Chamouilley en amont de Saint-Dizier (Lejeune, 2005 (104)) permet d'identifier les apports de différents réservoirs souterrains drainés par la Marne amont. Il s'agit des nappes des calcaires de l'Oxfordien, des marno-calcaires du Kimméridgien et pour une plus grande part des calcaires du Tithonien (Calcaires du Barrois).

L'analyse statistique des débits moyens journaliers met en évidence une grande réactivité ou sensibilité de la Marne amont alors que les débits moyens mensuels traduisent une grande pondération. Ce paradoxe apparent traduit le fait que les crues rapides peuvent être la résultante de précipitations localement fortes à très fortes, mais traduit surtout la présence d'une activité karstique prononcée.

Les étiages de la Marne amont à la station de Chamouilley sont très influencés à la fois par les activités humaines (prélèvements par pompage, prises d'eau du canal de la Marne à la Saône et rejets) et par l'état de remplissage des aquifères contributeurs. L'étiage intervient dès juillet et peut se prolonger en septembre.

Les crues de la Marne amont à la station de Chamouilley sont étudiées à partir de la répartition des débits maxima journaliers moyens annuels. Il apparaît que les crues sont majoritairement hivernales (53 %), puis automnales (35 %) et enfin rares au printemps et absentes en été. Les hydrogrammes de crue de la Marne amont révèlent l'existence de deux types de crues :

- la crue simple et de courte durée liée à un épisode pluvieux localisé a un effet sur une durée d'environ trois semaines ;
- la crue complexe principalement automnale et hivernale ajoute au volume de la vidange des nappes celui d'un à plusieurs pics de ruissellement et a un effet d'une durée de plusieurs mois. Ce sont essentiellement ces dernières crues qui provoquent les inondations. La montée des eaux de la crue sur le secteur étudié est de trois à quatre jours avec une décrue sur 6-7 jours environ.

Le début des dommages sur les zones inondables de la Marne correspond à un débit de période de retour 10 ans d'environ 380 m³/s. Pour le tronçon de la Marne traversant l'aire d'étude éloignée, la vitesse des pointes de crues est influencée par la pente du cours d'eau et par la largeur relativement faible de la vallée.

5.4.2.1.2 Le Mont

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT PAR LE MONT

Le bassin versant de l'écoulement du ruisseau du Mont est potentiellement concerné par l'opération d'adduction d'eau provenant du captage d'eau potable de Thonnance-Lès-Joinville.

Le Mont prend sa source à l'est du hameau de Montreuil, à Montreuil-sur-Thonnance (département de Haute-Marne) à une altitude de 310 mètres, et s'écoule d'est en ouest sur 6 km avant de confluer dans la Marne à Thonnance-lès-Joinville après un passage sous la route départementale 8 et le canal entre la Champagne et la Bourgogne. Il présente un bassin versant de 20 km².

Des mesures de débits ont été réalisées par le bureau d'études Sciences Environnement en septembre 2015 sur la source du Mont. Elles ont mis en évidence un débit de 88 m³/h en période d'étiage (Issu de l'Étude de restructuration du SIAEP de la région d'Échenay pour une alimentation depuis les sources de Thonnance, Artélia, février 2018 (105)).

5.4.2.1.3 Le Rongeant

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RONGEANT

Le bassin versant de l'écoulement du Rongeant est potentiellement concerné par l'opération d'adduction d'eau provenant du captage d'eau potable de Thonnance-Lès-Joinville (en fonction du tracé de raccordement retenu).

Le Rongeant prend sa source à l'est de Thonnance-les-Moulins à une altitude de 350 mètres et s'écoule d'est en ouest sur 19 km avant de confluer dans la Marne à Suzannecourt (pente moyenne de 0,93 %). Il possède un bassin versant de 77 km².

Une station de suivi, sur le site banque HYDRO, est présente sur le Rongeant à Suzannecourt. Il s'agit de la station F5210601, en service depuis septembre 2017(cf. Tableau 5-16).

Tableau 5-16 Caractéristiques (m³/s) de station de référence du Rongeant en Haute-Marne

Commune	Identifiant station	Surface BV (km²)	Période d'exploit	Maximum instantané (QIX)	Débit journalier maximal	Débit moyen annuel 2018
Suzannecourt	F5210601	76,8	2017-2021	22,4 22 janvier 2018	16,2 4 février 2020	2,54

5.4.2.1.4 L'Osne

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT L'OSNE

Le bassin versant de l'écoulement de l'Osne est potentiellement concerné par l'opération d'adduction d'eau provenant du captage d'eau potable de Thonnance-Lès-Joinville (en fonction du tracé de raccordement retenu).

L'Osne prend sa source à l'est d'Osne-le-Val et rejoint la Marne à Curel, en rive droite, après un parcours d'environ 8 kilomètres. Son bassin versant se développe sur une superficie de 30 km². Il n'existe pas de chronique de débit.

5.4.2.1.5 Niveau d'enjeu quantitatif du sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)

Du fait des forts débits de la Marne et de la localisation des cours d'eau en dehors de l'aire d'étude immédiate, l'enjeu quantitatif est faible pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu).

5.4.2.2 Sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)

5.4.2.2.1 La Saulx

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT PAR LA SAULX

La Saulx est potentiellement concernée par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV et par l'opération d'adduction d'eau provenant du captage d'eau potable de Thonnance-Lès-Joinville et d'Échenay.

La Saulx prend sa source à Germay (département de Haute-Marne) à une altitude de 346 mètres. Cette rivière longue d'environ 116 km, est l'un des principaux affluents de la Marne avec laquelle elle conflue près de Vitry-Le-François à une altitude de 89 mètres (pente moyenne de 0,22 %). Son bassin versant topographique s'étend sur 2 100 km². Dans l'aire d'étude rapprochée, ce cours d'eau pérenne est alimenté par plusieurs autres cours d'eau tels que l'Orge, la Saur et le Charfou.

Les caractéristiques hydromorphologiques de la Saulx aux stations gérées par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra d'Échenay de Paroy-sur-Saulx et de Montier-sur-Saulx sont présentées dans le tableau 5-17.

Tableau 5-17 Synthèse des données hydromorphologiques de la Saulx

Données	Échenay (OPE90011)		Paroy-sur-Saulx (OPE 90012)		Montier-sur-Saulx (OPE90013)	
	2019	2021	2019	2021	2019	2021
Largeur	3,40 m	5,1 m	8 m	9,20 m	6,23 m	6,40 m
Profondeur	0,39 m	0,40 m	0,52 m	0,49 m	0,72 m	0,54 m
Colmatage	Important	Moyen	Important	Très léger	Moyen	Très léger
Faciès	Plat lentique, fosse de dissipation	Chenal lentique, chenal lotique, plat courant	Plat courant, radier, fosse de dissipation, chenal lentique	Chenal lotique, plat courant	Plat courant, rapide, mouille, fosse d'affouillement, chenal lotique	Plat courant, mouille, chenal lotique
Berges	Végétation arbustive, éparse et état naturel Berges verticales et stables	Végétation arborée, éparse et état naturel Berges verticales et instables	Végétation herbacée et dense, état naturel Berges inclinées à verticales et stables	Végétation arborée, éparse et état naturel Berges inclinées et stables	Végétation herbacée, dense et état naturel Berges inclinées et stables	Végétation arborée et éparse, état naturel Berges verticales stables à instables
Végétation aquatique	Absente	Quasi inexistante	Présente à 30 %	En grande quantité	Présence assez faible à 20 %	En grande quantité et présence d'algues
Substrat	Peu diversifié : Limons à cailloux	Très diversifié : granulométrie des limons aux blocs	Granulométrie du gravier au bloc	Très diversifié avec tout type de granulométrie	Très diversifié	Substrat diversifié

De manière générale, les stations de la Saulx présentent des conditions d'accueil favorables par leur diversité de faciès et de substrat. Les berges sont en état naturel et plutôt stables.

Pour définir l'état initial des conditions hydrologiques de la Saulx, différents types de données ont été analysées :

- données issues de la Banque Hydro pour la station H5102040 : la Saulx à Montiers-sur-Saulx depuis 1997 ;
- données issues du suivi continu de la Saulx réalisé par l'Andra pour les stations OPE90011 (Échenay), OPE90012 (Paroy-sur-Saulx) et OPE90013 (Montiers-sur-Saulx) et OPE01890 (Ménil-sur-Saulx).

Les débits moyens mensuels et les débits journaliers maximums sont reportés dans la figure 5-30, le tableau 5-18 et le tableau 5-19.

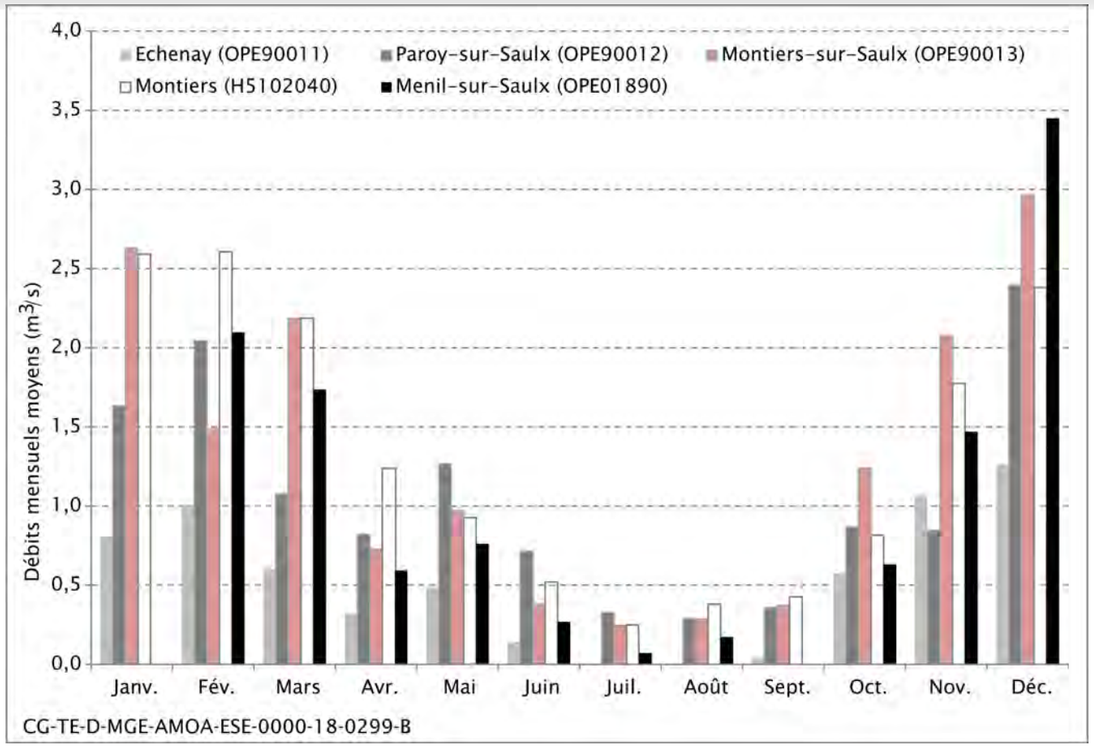


Figure 5-40 *Débits moyens mensuels (m³/s) calculés sur la Saulx de 2011 à 2019 ou extraits du site Banque Hydro sur la période 1997 à 2021 (au 09/04/2021)*

Tableau 5-18 *Débits moyens mensuel (m³/s) mesurés et calculés sur la Saulx de 2012 à 2019 ou extraits du site Banque Hydro sur la période 1997 à 2021 (au 09/04/2021)*

Commune	Source	Identifiant station	Période	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy annuelle
Échenay	Andra	OPE90011	2012-2019	1,09	0,92	0,64	0,32	0,48	0,16	0,08	0,06	0,09	0,37	0,82	0,98	0,5
Paroy-sur-Saulx	Andra	OPE90012	2012-2019	1,56	1,18	0,81	0,55	0,70	0,47	0,21	0,16	0,18	0,40	0,75	1,27	0,69
Montiers-sur-Saulx	Andra	OPE90013	2012-2019	2,52	2,01	1,37	0,90	1,04	0,42	0,21	0,23	0,27	0,89	1,69	2,19	1,46
Montiers-sur-Saulx	Banque Hydro	H5102040	1997-2021	2,58	2,59	2,15	1,2	0,923	0,528	0,25	0,331	0,378	0,85	1,75	2,35	1,35
Menil-sur-Saulx	Andra	OPE01890	2008-2017	NM	2,097	1,736	0,594	0,762	0,270	0,072	0,174	NM	0,63	1,47	3,45	1,13

Tableau 5-19 *Débit journalier maximum (m³/s) calculé sur la Saulx de 2012 à 2017 ou extraits du site Banque Hydro sur la période 1997 à 2021 (au 09/04/2021)*

Commune	Source	Identifiant station	Débit journalier maximal (m³/s)	Date	Maximum instantané (m³/s)	Date
Échenay	Andra	OPE90011	8	02/02/2013	/	/
Paroy-sur-Saulx	Andra	OPE90012	19	17/12/2011	/	/
Montiers-sur-Saulx	Andra	OPE90013	97	21/12/2013	/	/
Montiers-sur-Saulx	Banque Hydro	H5102040	18,8	14/01/2004	22	14/01/2004

Les débits caractéristiques de référence de quatre stations de la Saulx sont présentés ci-après. Les débits d'étiages semblent assez élevés, principalement à l'aval ce qui présume que le cours d'eau ne connait pas d'assec. D'après les données du réseau Onde, à Montiers, la Saulx semble connaitre des périodes de hautes eaux et de basses eaux sans pour autant subir des assecs.

Tableau 5-20 Débits caractéristiques de la Saulx (OFB)

Station (amont > aval)	Module (m^3/s)	QMNA5 (m^3/s)
Bressoncourt	0,082	0,005
Échenay	0,359	0,027
Paroy-sur-Saulx	0,817	0,073
Montiers-sur-Saulx	0,988	0,093

La vallée de la Saulx a été sujette à plusieurs inondations au cours du 20e siècle (1910 – 1947/1948 – 1982/1983). Selon les éléments hydrologiques de ce cours d'eau, les inondations peuvent être qualifiées d'inondation de plaine (la rivière sort de son lit mineur lentement et peut inonder la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur). Un plan de prévention des risques naturels - Inondation des vallées de la Saulx et de l'Orge a été approuvé par la Préfecture de la Meuse le 29 juin 2018 (arrêté n° 2018-1544 (106)). Son contenu est explicité plus en détail au chapitre 5.4.6.3 du présent volume.

5.4.2.2.2 L'Orge

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT L'ORGE

L'Orge est concernée par le futur rejet pluvial provenant de la partie sud de la zone descenderie ainsi que de la liaison intersites, par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV, par les travaux liés à l'ITE, par l'adduction d'eau provenant de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay et par les options de tracé de la déviation de la route départementale D60/960.

Le bassin versant est potentiellement concerné par l'emplacement du poste de transformation 400/90 kV (emplacement 3S) et le faisceau des liaisons électriques enterrées associées.

L'Orge prend sa source à Gillaumé (département Haute-Marne) dans la zone d'affleurement marno-calcaire du Kimméridgien mais une seconde résurgence alimente le cours d'eau au droit de la Fontaine de Ribeaucourt. D'une longueur de 26,3 km, il conflue avec la Saulx au nord de Dammarie-sur-Saulx et son bassin versant s'étend sur 101 km^2.



Figure 5-41 Vue de la partie amont de l'Orge au niveau du franchissement avec la route départementale 175 (Andra – septembre 2019)



Figure 5-42 Vue de l'Orge au niveau de la traversée de Saudron (Andra – septembre 2019)

Il est rejoint par La Bureau, affluent de rive droite après son franchissement de la route départementale D132.



Figure 5-43 *Vue de l'Orge après le franchissement de la route départementale D132 et avant la confluence avec La Bureau (Andra – septembre 2019)*

Les caractéristiques hydromorphologiques de l'Orge aux stations gérées par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra de Saudron (amont) et Biencourt-sur-Orge (aval) sont présentées dans le tableau 5-21.

Tableau 5-21 *Synthèse des données hydromorphologiques de l'Orge*

Données	Saudron (amont) (OPE01881)		Biencourt-sur-Orge (aval) (OPE01751)	
	2019	2021	2019	2021
Largeur	1,8 m	2,90 m	4,37 m	4,20 m
Profondeur	0,16 m	0,23 m	0,37 m	0,34 m
Colmatage	Important	Important	Important	Important
Faciès	Plat lentique, plat courant	Plat lentique, plat courant	Plat courant, radier, fosse de dissipation	Chenal lentique, fosse de dissipation, plat courant
Berges	Végétation arbustive, dense et état naturel Berges stables	Végétation arborée, éparse et état naturel Stabilité variable des berges suivant la rive	Végétation arborée et dense et état naturel Berges instables	Végétation arborée, éparse et état naturel Berges stables
Végétation aquatique	Absente	Faible voire absente	Présence faible	Absente

Données	Saudron (amont) (OPE01881)		Biencourt-sur-Orge (aval) (OPE01751)	
	2019	2021	2019	2021
Substrat	Peu diversifié : forte proportion de limons (80 %)	Très peu diversifié : avec presque 90 % de limon	Substrat assez grossier : granulométries principalement des pierres aux rochers	Substrat grossier avec 50 % de dalle rocheuse

Près de ses sources, la vallée de l'Orge est large et marécageuse en raison de la présence des marnes du Kimméridgien. Le fond de vallée est en partie drainé ainsi au droit de la zone descenderie, l'Orge présente des potentialités limitées en matière d'habitats en lit mineur (écoulements peu profonds, homogènes et lents (plat lentique), un substrat colmaté et un tracé fortement artificialisé – rectification du tracé et curage). La vallée du cours d'eau devient étroite dans la zone des plateaux portlandien et l'Orge disparait dans les calcaires au profit de pertes qui viennent recharger l'aquifère des calcaires du Barrois (cf. Figure 5-44).

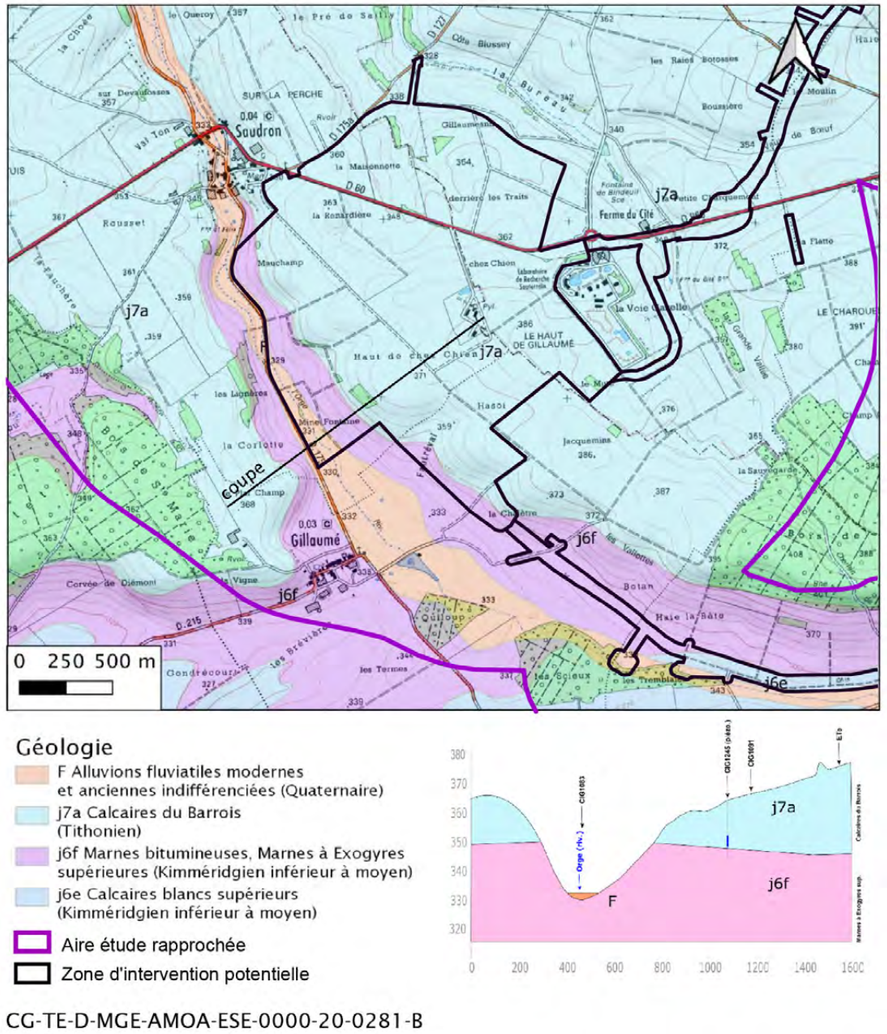


Figure 5-44 *Contexte géologique de la vallée de l'Orge*

Dans le secteur, l'Orge ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Pour définir l'état initial des conditions hydrologiques de l'Orge, les données issues du suivi continu de l'Orge réalisé par l'Andra pour les stations OPE01881 (Saudron), OPE01882 (Ribeaucourt), OPE01883 (Ribeaucourt), OPE01750/EST5114 (Ribeaucourt (Source de la Fontaine)) et OPE01751/EST3012 (Biencourt-sur-Orge) sont utilisées.

L'Orge est un cours d'eau intermittent qui subit des périodes d'assec ou de très faibles débits durant l'été. Sur la base des mesures ponctuelles effectuées, son débit est maximal durant la période hivernale. Sur les stations de mesure les plus proches de la zone descenderie (OPE01881 et OPE01882), les mesures de débits ponctuelles relevées entre 2011 et 2019 varient entre 0 et 3,2 m^3/s.

Des données de débits sur l'Orge sont également acquises par des jaugeages ponctuels. Les débits instantanés issus de campagnes de mesures réalisées entre 2017 et 2019 sont présentés ci-après : pour les jours présentant les débits les plus élevés sur la figure 5-45 et pour le jour présentant les débits les plus faibles sur la figure 5-46.



Figure 5-45 Débits instantanés - Orge (14/11/2017 et 05/04/2018)

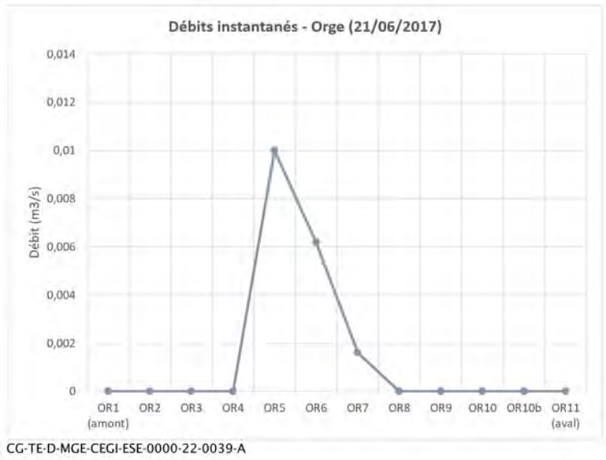


Figure 5-46 Débits instantanés - Orge (21/06/2017)

Aucune donnée n'a été relevée aux points OR06, OR07, OR09 et OR10b le 14/11/2017, aux points OR09 et OR10b le 05/04/2018.

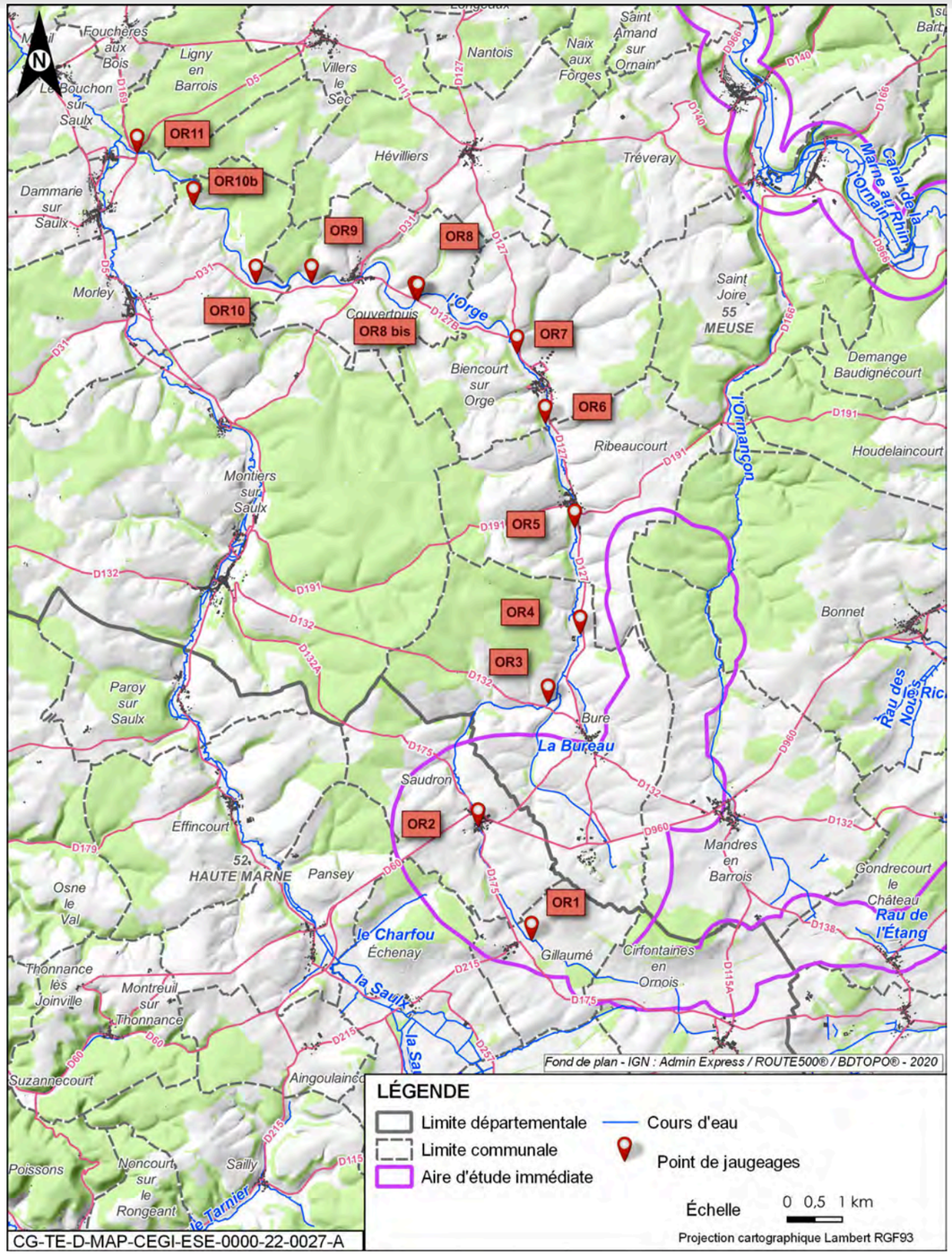


Figure 5-47 Localisation des points de jaugeage sur l'Orge

La méthodologie de calcul et les paramètres présentés au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de la présente étude d'impact permettent de définir la synthèse des débits de ruissellement obtenus à l'exutoire du bassin versant actuel (avant réalisation du centre de stockage Cigéo) de l'Orge.

Tableau 5-22 Synthèse des débits à l'exutoire des bassins versant actuel de l'Orge

	L'Orge
Surface [km²]	13,36
Longueur cheminement hydraulique	9,03
Pente cours d'eau	0,53
Q_{10} [m³/s]	5,65
Q_{100} [m³/s]	9,16
$q_{10,spécifique}$ [l/s]	4,23
$q_{100,\ spécifique}$ [l/s]	6,86

Les périodes d'assec à la station L'Orge à Ribeaucourt (F5510001) du réseau de l'Observatoire national des étiages sont présentées dans le tableau 5-23. À Ribeaucourt, l'Orge a subi des assecs prolongés en périodes estivales notamment ces dernières années.

Tableau 5-23 Assecs de l'Orge à Ribeaucourt entre mai et septembre sur la période 2013-2021

Année	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
2013	Présence d'eau				
2014	Présence d'eau				
2015	Présence d'eau				
2016	Présence d'eau				
2017	Présence d'eau				
2018	Présence d'eau				
2019	Présence d'eau				Assec
2020	Présence d'eau		Assec	Assec	Assec
2021	Présence d'eau				

Les assecs sont nombreux tout au long de l'année. La station hydrologique installée à Biencourt-sur-Orge montre des valeurs allant de 0 l/s à plus de 5 000 l/s en crue entre 2003 et 2019. Les débits instantanés maximums mesurés sont reportés dans le tableau 5-24.

Tableau 5-24 Débits instantanés maximum (m³/s⁻¹) (Qinst max) mesurés sur l'Orge entre 2011 et 2019

Commune	Identifiant station	Qinst max	Date
Saudron	OPE01881	1,04	18/12/2012
Ribeaucourt	OPE01882	2,28	18/12/2012
Ribeaucourt	OPE01883	3,05	18/12/2012
Ribeaucourt (Source de la Fontaine)	OPE01750/EST5114	0,307	09/05/2012
Biencourt-sur-Orge	OPE01751/EST3012	2,7	18/12/2012

Ces faibles débits sont principalement dus à la position du cours d'eau dans le bassin versant (tête de bassin) ainsi qu'au contexte karstique qui provoque des variations de débit rapides et de forte amplitude.

ZONE DE PERTE DANS UN COURS D'EAU

Diminution voire disparition de l'écoulement transitant dans un cours d'eau à la faveur de fissures dans les berges ou le fond de celui-ci ; les eaux s'écoulent alors de façon souterraine sur une distance variable et peuvent réalimenter un cours d'eau en aval par des phénomènes dits de résurgence.

Lorsque la perte de débit est totale et permanente, le lit du cours d'eau peut être très peu marqué voire disparaitre dans le paysage.

L'Orge présente un caractère pérenne sur deux tronçons :

- en amont de Saudron où les bancs calcaires du Kimméridgien supérieur sont drainés par de petites sources de débordement ou des écoulements hypodermiques de l'aquifère des calcaires du Barrois, formation géologique constituant les parties hautes du bassin versant du cours d'eau :
  - ✓ le débit de ce cours d'eau est mesuré ponctuellement par la station OPE01881. Les débits du cours d'eau sont évalués à quelques l/s en période d'étiage et à plusieurs centaines de l/s en hiver (max 1,04 m³/s enregistrés en décembre 2012) ;
  - ✓ ainsi, le cours d'eau ruisselant sur la formation marno-calcaire du Kimméridgien est en lien avec sa nappe d'accompagnement développée dans les alluvions (période de soutien ou de recharge selon les conditions hydrologiques). Ce contexte géologique et hydrogéologique est illustré dans la figure 5-48.
- en amont de Ribeaucourt et jusqu'au niveau de Couvertpuis, l'Orge montre un écoulement pérenne correspondant au drainage des calcaires du Barrois et plus vraisemblablement aux niveaux correspondants aux calcaires de Dommartin. L'écoulement principal provient de la source de la Fontaine (OPE01750/EST5114) et le débit de l'Orge est mesuré ponctuellement en aval de Ribeaucourt (OPE01883) et en continu au niveau de la passerelle de Biencourt (OPE01751/EST3012).

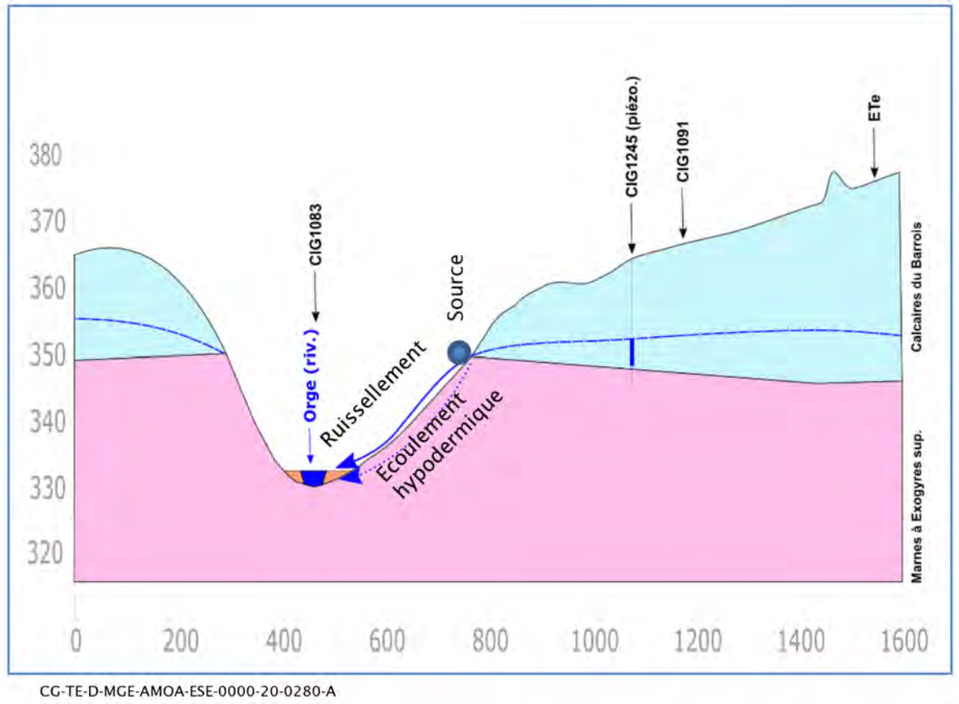


Figure 5-48 Coupe géologique – hydrologique schématique de l'Orge en amont de Saudron

Entre ces deux tronçons, des phénomènes de pertes sont constatés. Ces dernières peuvent être totales en périodes d'étiages (cf. Figure 5-21). Les zones de pertes avérées sont les suivantes :

- zone de perte diffuse, en période de basses eaux, au droit de Saudron sur les calcaires sublithographiques. Des opérations de traçage récentes réalisées dans le cours d'eau de l'Orge (Sciences environnement, 2018) indiquent que les pertes du secteur de Saudron alimentent souterrainement la Saulx à partir d'Ecurey en suivant l'écoulement régional nord-ouest ;
- zone de perte au droit de la ferme de Doméru Saint Antoine à la rencontre entre la formation de calcaires sublithographiques et la formation de la Pierre Châline ;
- zones de perte de Ribeaucourt et de Biencourt-sur-Orge sur les calcaires de Dommartin ;
- zone de pertes diffuses entre Biencourt-sur-Orge et Couvertpuis ;
- zone de pertes totales du cours d'eau en aval de Couvertpuis sur les formations des calcaires de Dommartin qui sont très karstifiées. Hormis lors de crues importantes, les pertes sont totales. Ce fonctionnement hydraulique a d'ailleurs été précisé par les divers traçages réalisés dans ce secteur montrant le lien entre ces pertes et les sources de Lavincourt et Rupt-aux-Nonains.

En synthèse, ce cours d'eau présente ainsi un profil en long hétérogène. Le caractère intermittent ou pérenne de son écoulement dépend de la formation géologique sur lequel il s'écoule avec des zones de pertes préférentielles au droit des formations calcaires (Calcaires sublithographiques et Calcaires de Dommartin). Ces dernières sont présentées sur la figure 5-49.

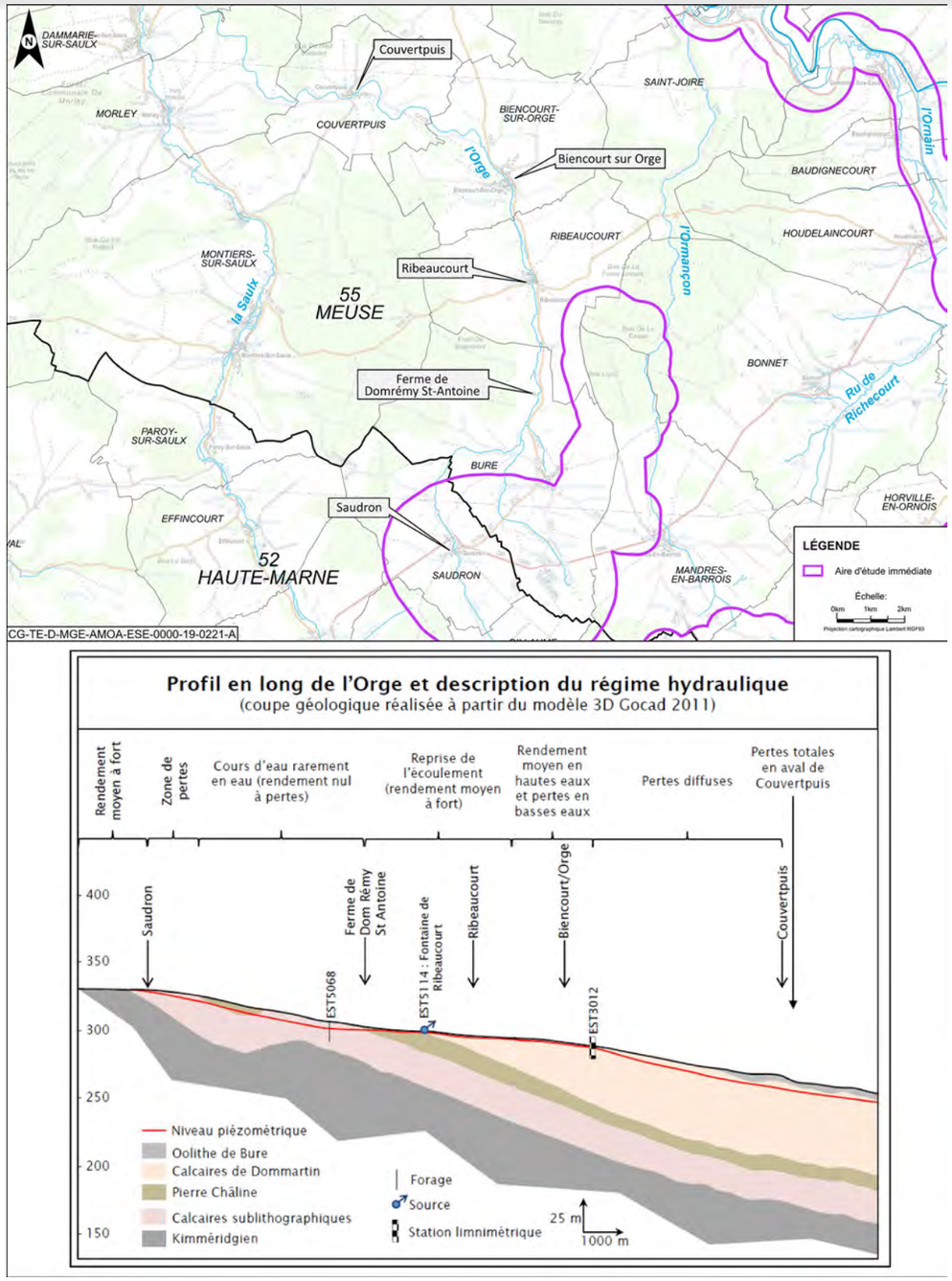


Figure 5-49 Description du régime hydraulique de l'Orge



L'Orge au droit du franchissement de la RD132 en période de hautes eaux (janv. 2018)



L'Orge au droit du franchissement de la RD132 en période de basses eaux (oct. 2017)

CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0430-A

Figure 5-50 Vue comparative de l'Orge au droit de Saudron en période de hautes eaux (janv. 2018) et de basses eaux (oct. 2017)

Les caractéristiques hydrologiques se concrétisent par des écoulements pouvant aller localement (bassin versant amont) jusqu'à de rares phénomènes violents et érosifs pour les berges (surcreusement) (cf. Figure 5-51 et figure 5-52) principalement liés à la nature des terrains à l'affleurement.

Des inondations et des coulées de boue survenues sur la commune de Saudron ont été reconnues comme catastrophe naturelle avec notamment l'évènement du 28 au 29 octobre 1998 et celui du 13 janvier 2004.

Dans le secteur de Gillaumé, les berges de l'Orge montrent également des dégradations liées au creusement de galeries par de gros rongeurs.



Figure 5-51 *Vue depuis la rive gauche de l'Orge au droit du futur point de rejet de la zone descenderie sud (Andra, avril 2019)*



Figure 5-52 *Vue de l'érosion de berge en rive gauche de l'Orge au droit de la route départementale D175 (Andra, avril 2019)*

5.4.2.2.3 La Bureau

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LA BUREAU

La Bureau est concernée par le futur rejet provenant de la partie nord de la zone descenderie et de la liaison intersites, l'opération d'alimentation électrique (poste de transformation, faisceau de liaisons électriques enterrées, ligne 400 kV), potentiellement traversée par l'adduction d'eau provenant de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay et par les options de tracé de la déviation de la route départementale D60/960.

La Bureau est un ruisseau qui prend sa source sur la commune de Bure (département de la Meuse) au droit des sources du Cité, après le franchissement de la route départementale D960 (cf. Figure 5-53), il est de nouveau alimenté par la source du Bindeuil.

Affluent de l'Orge, il se jette dans celui-ci en amont de la ferme de Domrémy-Saint-Antoine sur la commune de Bure. La superficie de son bassin versant est de 8,6 km² et le ruisseau s'écoule sur 4,6 km. Le profil en long du cours d'eau est illustré au niveau de la figure 5-56.



Figure 5-53 Vue de la Bureau au niveau du franchissement avec la route départementale D127 (Andra – septembre 2019)

La Bureau a une morphologie assimilable à un fossé.

Dans l'état actuel, la Bureau est l'exutoire de rejet des eaux provenant du Laboratoire souterrain. La Bureau ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Les débits des deux principales sources d'alimentation de la Bureau ont été mesurés par l'Andra : les sources du Cité (EST5072 de 1995–2017) et du Bindeuil (EST5073 de 2001-2017). Les débits instantanés maximums de ces sources sont reportés dans le tableau 5-25.

Les sources du Cité et du Bindeuil présentent des débits relativement faibles (<0,5 m³/s). Ces deux sources sont ponctuellement à sec en période estivale. Ces faibles débits sont principalement dus à la position du cours d'eau dans le bassin versant (tête de bassin) ainsi qu'au contexte karstique de la formation géologique des calcaires du Barrois qui provoque des variations de débit rapides et de forte amplitude.

Ainsi, la Bureau est quasiment en assec permanent en période de basses eaux le long de son tracé malgré la présence des sources du Bindeuil et du Cité. Les eaux se réinfiltrent potentiellement dans les calcaires sublithographiques en période de basses eaux.

Tableau 5-25 Débits instantanés maximum (m³/s⁻¹) mesurés à la source du Cité et à la source du Bindeuil

Source	Identifiant station	Qinst max (m³.s⁻¹)	Date
Sources du Cité	EST5072	0,04	04/11/2004
Source du Bindeuil	EST5073	0,196	19/02/2014

Les débits instantanés maximum issus de campagnes de mesures réalisées entre 2017 et 2019 dans le lit de la Bureau sur la commune de Bure sont présentés dans le tableau 5-26.

Tableau 5-26 Débits instantanés maximum de la Bureau (m³/s)

Point	Qinst max (m³.s⁻¹)	Date
BUR1	0,107	14/11/2017
BUR1b*	0,195	05/04/2018
BUR2	0,498	14/11/2017

**Aucune donnée n'a été relevée au point BUR1b le 14/11/2017.*

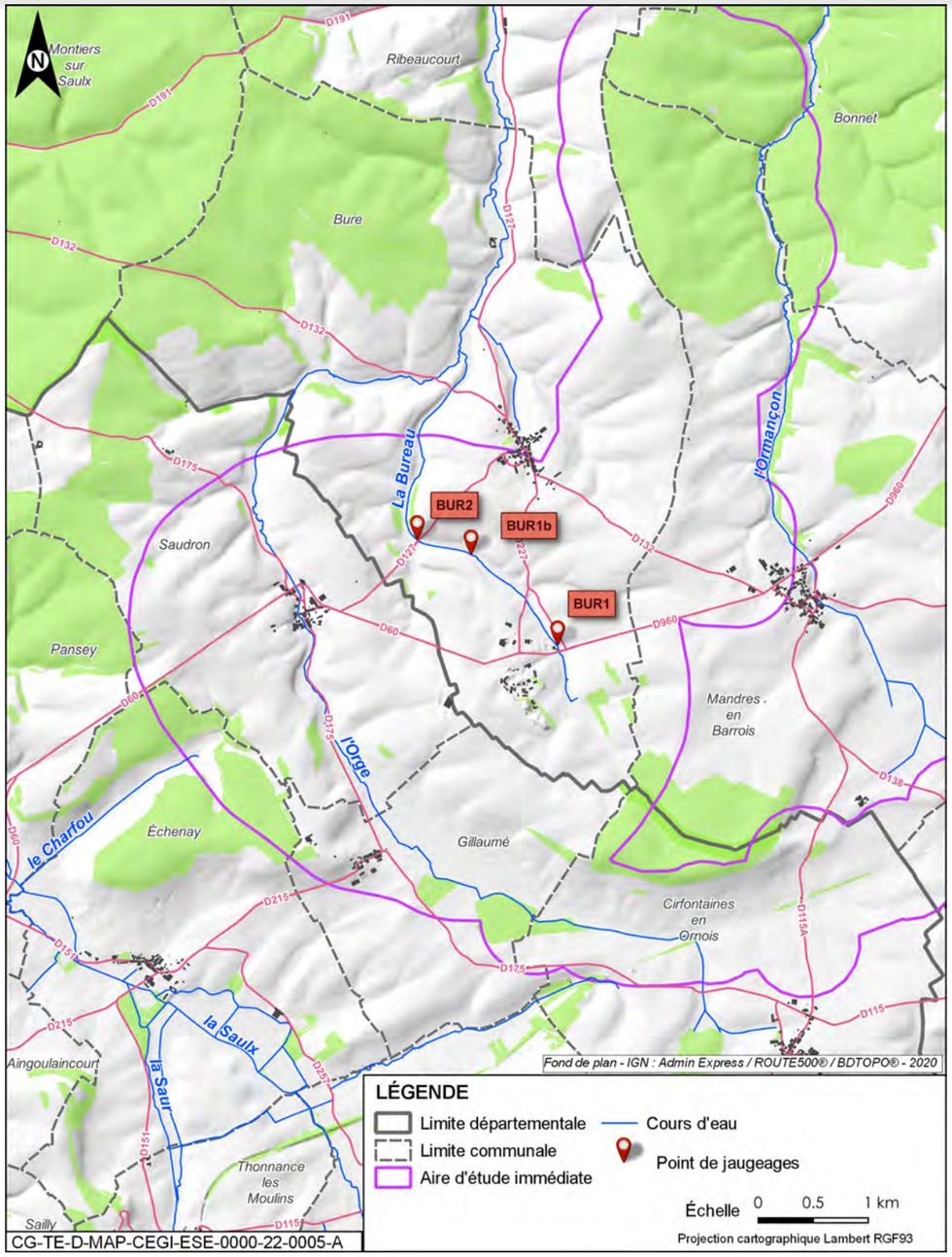


Figure 5-54 Localisation des points de jaugeage sur la Bureau

La méthodologie de calcul et les paramètres présentés au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de la présente étude d'impact permettent de définir la synthèse des débits de ruissellement obtenus à l'exutoire du bassin versant actuel (avant réalisation du centre de stockage Cigéo) de la Bureau.

Tableau 5-27 Synthèse des débits à l'exutoire du bassin versant actuel de la Bureau

	La Bureau
Surface [km²]	6,90
Longueur cheminement hydraulique	4,16
Pente cours d'eau	1,21
Q_{10} [m³/s]	5,93
Q_{100} [m³/s]	10,38
$q_{10,spécifique}$ [l/s]	8,59
$q_{100,\ spécifique}$ [l/s]	15,04



La Bureau au niveau du franchissement de la RD127 en période de hautes eaux (janv. 2018)

CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0431-A



La Bureau au niveau du franchissement de la RD127 en période de basses eau (oct. 2017)

Figure 5-55 Vue comparative vers la partie amont de La Bureau au niveau du franchissement de la route départementale D127 en oct. 2017 et en janv. 2018

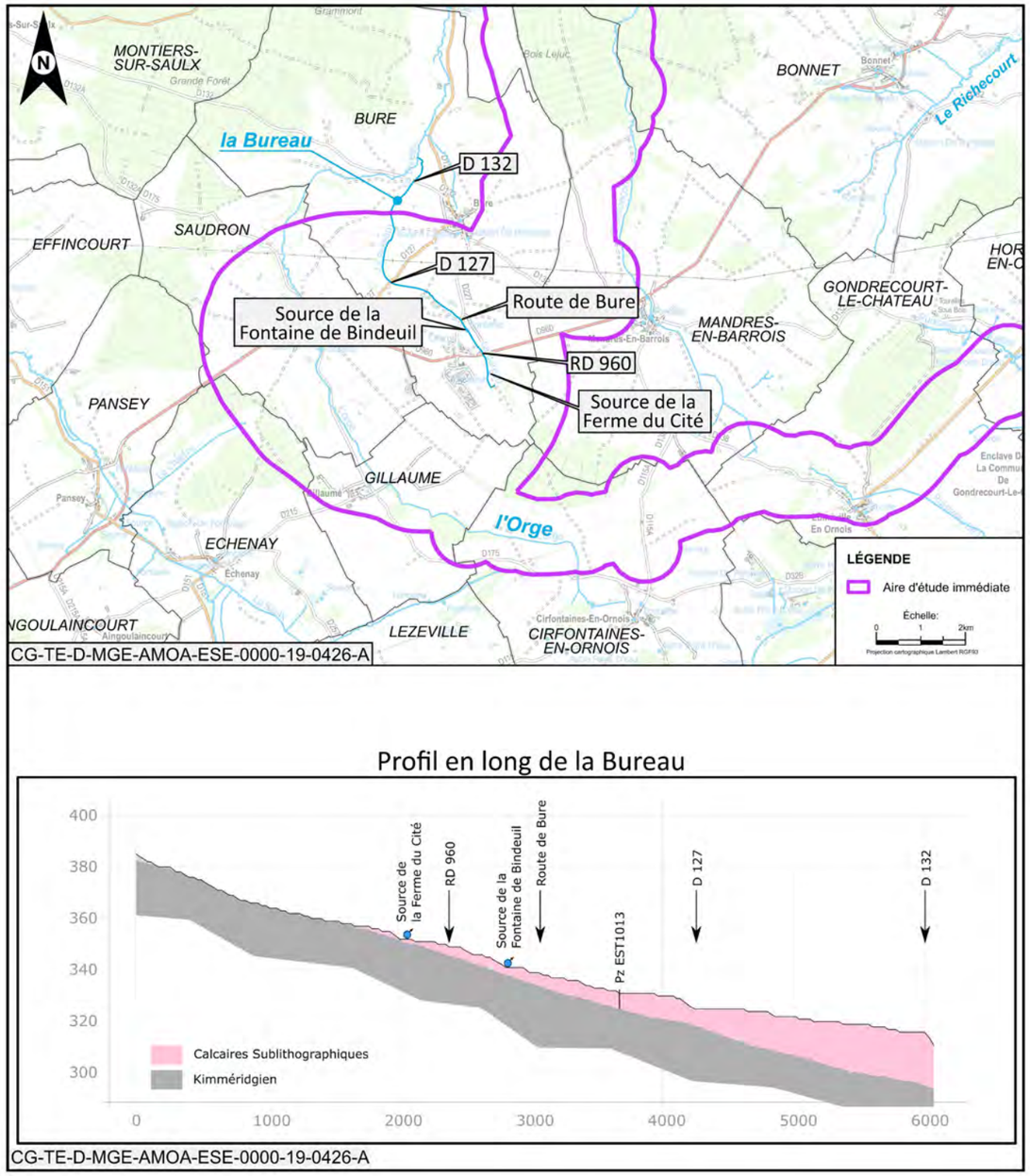


Figure 5-56 Description du régime hydraulique de la Bureau

Sur le terrain, ces caractéristiques hydrologiques se concrétisent par des évènements qui peuvent être localement violents, au vu des blocs calcaires décimétriques charriés, et érosifs pour les berges, principalement liés à la nature des terrains à l'affleurement.



Figure 5-57 Vue du radier à sec au passage de la Bureau sous la route départementale D127 (Andra, avril 2019)



Figure 5-58 *Vue de l'accumulation de blocs calcaires charriés sur le radier à sec au passage de la Bureau sous la route départementale D 132 (Andra, avril 2019)*

5.4.2.2.4 Niveau d'enjeu quantitatif du sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)

Du fait des faibles débits de l'Orge et de la Bureau et des pertes actives même en période de hautes eaux sur l'Orge entre Saudron et la fontaine de Ribeaucourt, l'enjeu quantitatif est fort pour le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu).

L'enjeu quantitatif est plus faible sur certaines portions de l'Orge avec des zones de pertes potentielles uniquement en période de basses eaux mais il est considéré globalement fort.

5.4.2.3 Sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu)

5.4.2.3.1 L'Ormançon

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT L'ORMANCON

L'Ormançon est concerné par les rejets diffus de la zone puits, l'opération d'alimentation électrique (poste de transformation, faisceau de liaisons électriques enterrées, ligne 400 kV), la remise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et potentiellement traversée par l'adduction d'eau provenant de Gondrecourt-le-Château.

L'Ormançon prend sa source au sud de Mandres-en-Barrois (département de la Meuse). Il s'écoule sur environ 15 km avant de confluer avec l'Ornain à Laneuville, à proximité de Saint-Joire. Son bassin versant s'étend sur 41 km^{2}.



Figure 5-59 *Vue de l'Ormançon au niveau du lavoir de Mandres-en-Barrois (Andra-septembre 2019)*

Les caractéristiques hydromorphologiques de l'Ormançon à la station suivie par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra de Saint-Joire sont présentées dans le tableau 5-21.

Tableau 5-28 *Synthèse des données hydromorphologiques de l'Ormançon*

Données	Saint-Joire 1 (OPE01885)	
	2019	2020
Largeur	6,73 m	5 m
Profondeur	0,40 m	0,2 m
Colmatage	Très léger	Important
Faciès	Plat lentique, plat courant, mouille	Plat lentique, plat courant, fosse de dissipation
Berges	Végétation herbacée, éparse et état piétiné (bovins) Berges dégradées et instables	Végétation arborée, éparse et état piétiné (bovins) Berges dégradées et instables
Végétation aquatique	Présente à 60 %	Présente à 80 % avec une majorité de développement d'algues
Substrat	Substrat diversifié	Substrat très diversifié, granulométrie : des limons aux rochers (présence de vase)

La station présente un substrat plutôt diversifié avec une granulométrie allant des limons aux blocs voire aux rochers. Cependant le milieu s'est fortement dégradé entre 2019 et 2021 avec un colmatage important et

l'apparition d'algues dans le cours d'eau. Le piétinement par les bovins a notamment entrainé une instabilité des berges.

En tête de bassin versant, l'Ormançon se présente sous la forme d'un fossé agricole, surpâturé par endroits et typique du chevelu amont d'un bassin versant. Dans la traversée de Mandres-en-Barrois, il est fortement impacté par les aménagements anthropiques mais peut aussi apparaitre comme un écoulement avec une ripisylve importante au niveau du lavoir du village.



Figure 5-60 Vue de l'Ormançon au niveau de la vallée entre le bois Lejuc (gauche) et le bois de la Bassinière (droite) (avril 2019)

Ce cours d'eau est caractérisé par de longues périodes d'assecs (assèchements). L'Ormançon ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Des mesures de débits instantanés ont été effectuées entre 2011 et 2019 sur les stations les plus proches du centre de stockage Cigéo (OPE01884, OPE01885 et OPE01186). Elles varient de 0 à 1,8 m³/s.

Des données de débits sur l'Ormançon sont également acquises par des jaugeages ponctuels. Les débits instantanés issus de campagnes de mesures réalisées entre 2017 et 2019 sont présentés ci-après : pour les jours présentant les débits les plus élevés sur la figure 5-61 et pour le jour présentant les débits les plus faibles sur la figure 5-62.

Les débits caractéristiques de référence de quatre stations sont présentés ci-après. Ces stations ont été sélectionnées afin d'avoir une représentation de la situation sur tout le linéaire de l'Ormançon, dont l'aval à Tréveray est la station juste avant le rejet dans l'Ornain.

Tableau 5-29 Débits caractéristiques de l'Ormançon (OFB)

Station (amont > aval)	Module (m³/s)	QMNA5 (m³/s)
Mandre-en-Barrois	0,18	0,008
Bonnet	0,334	0,016
Saint-Joire	0,474	0,022
Tréveray	0,521	0,024



Figure 5-61 Débits instantanés - Ormançon (14/11/2017 et 05/04/2018)

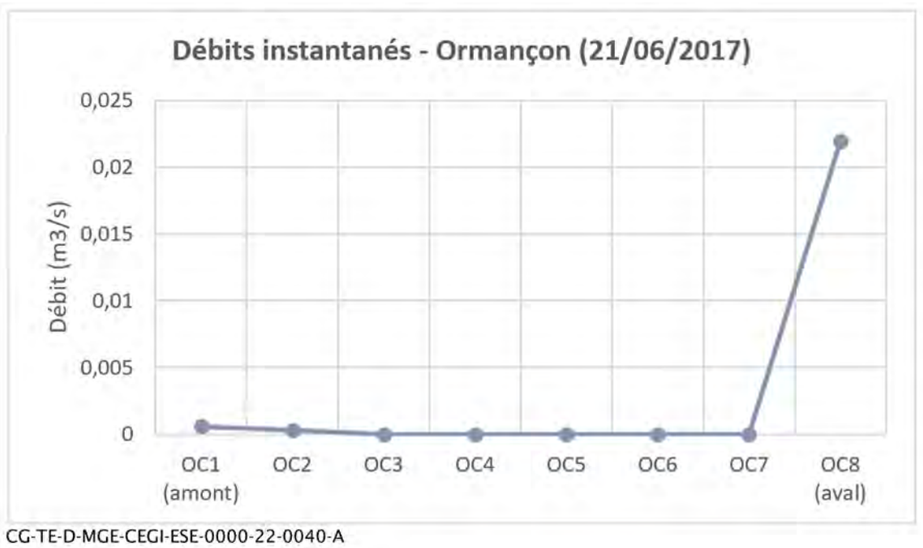


Figure 5-62 Débits instantanés - Ormançon (21/06/2017)

Aucune donnée n'a été relevée aux points OC5b et OC6b le 21/06/2017, le 14/11/2017 et le 05/04/2018.

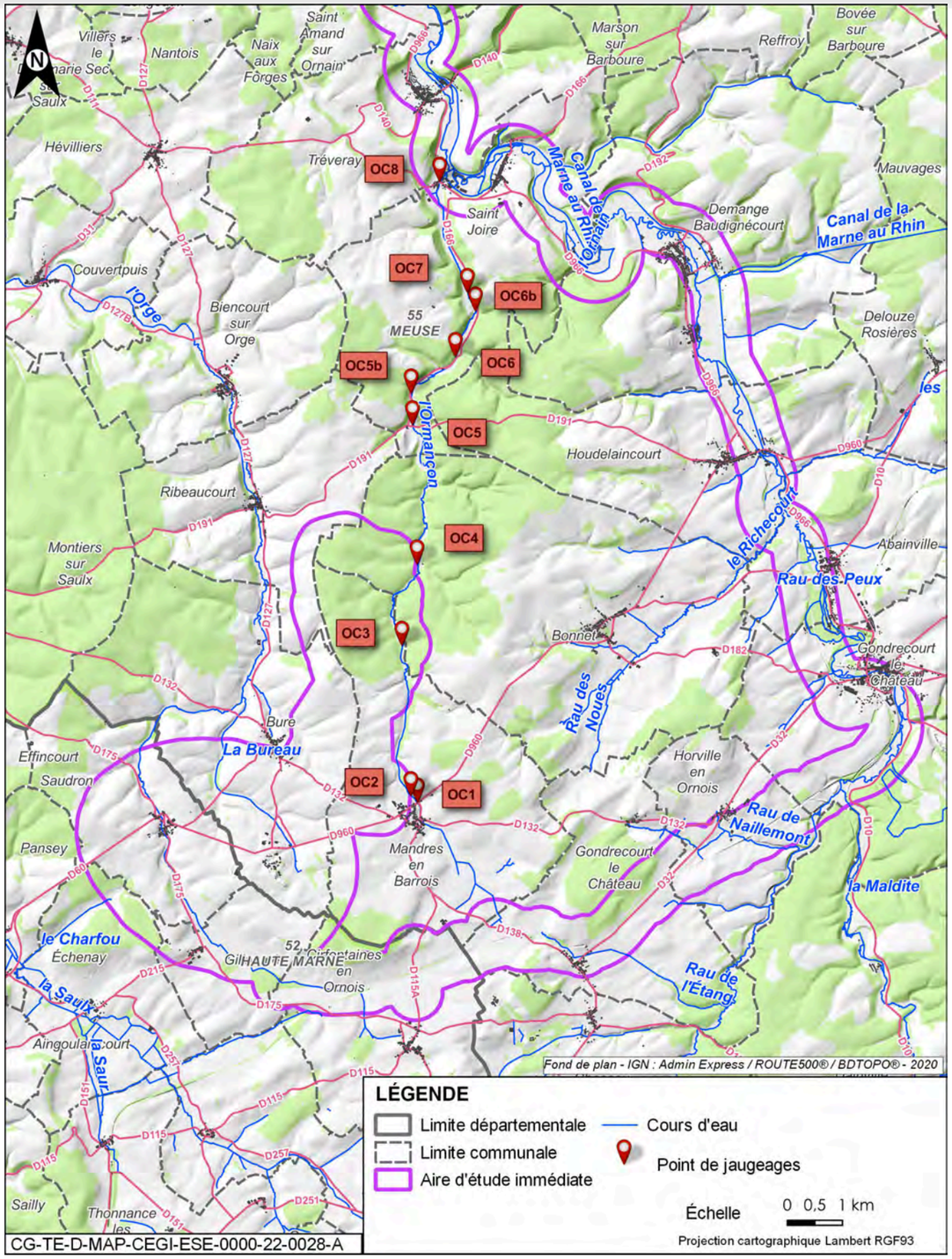


Figure 5-63 Localisation des points de jaugeage sur l'Ormançon

La méthodologie de calcul et les paramètres présentés au chapitre 5.2.24 du volume VII de la présente étude d'impact permettent de définir la synthèse des débits de ruissellement obtenus à l'exutoire du bassin versant actuel (avant réalisation du centre de stockage Cigéo) de l'Ormançon.

Tableau 5-30 Synthèse des débits à l'exutoire du bassin versant actuel de l'Ormançon

	L'Ormançon
Surface [km²]	19.6
Longueur cheminement hydraulique	7.37
Pente cours d'eau	0.76
Q_{10} [m³/s]	7.69
Q_{100} [m³/s]	13.85
$q_{10,spécifique}$ [l/s]	3.92
$q_{100,\ spécifique}$ [l/s]	7.05

Comme l'Orge, l'Ormançon est caractérisé par des zones de pertes avérées à l'affleurement des calcaires sublithographiques du Barrois (cf. Figure 5-64) :

- zone de pertes diffuses, en période de basses eaux, sur les calcaires sublithographiques, entre sa source et en aval de Mandres-en-Barrois jusqu'à la perte du Val Nommée, localisée au sud de la future emprise de la zone descenderie ;
- zone de pertes, sur les calcaires sublithographiques, entre le Val Nommée et le lieu-dit de la Maison Blanche, localisée au nord-est de la future emprise de la zone descenderie ;
- zone de perte importante au droit de la ferme Saint Thibault, le cours d'eau est rarement en eau.

À partir de la ferme Saint-Thibault, le cours d'eau s'écoule sur la formation de la Pierre Châline et l'écoulement redevient pérenne jusqu'à la confluence avec l'Ornain à Laneuville.

Ces zones de pertes et le profil en long du cours d'eau sont présentés sur la figure 5-65.

Les périodes d'assec à la station L'Ormançon à l'amont de Laneuville (F5630001) du réseau de l'Observatoire national des étiages sont présentées dans le tableau 5-23. Ces résultats ne sont pas représentatifs de l'ensemble du linéaire de l'Ormançon.

Tableau 5-31 Assecs de l'Ormançon à l'amont de Laneuville entre mai et septembre sur la période 2013-2021

Année	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
2013	Présence d'eau				
2014	Présence d'eau				
2015	Présence d'eau				
2016	Présence d'eau				
2017	Présence d'eau				
2018	Présence d'eau				
2019	Présence d'eau				
2020	Présence d'eau				Assec
2021	Présence d'eau				

Ce cours d'eau présente ainsi un profil en long hétérogène (cf. Figure 5-64). Le caractère intermittent ou pérenne de son écoulement dépend de la formation géologique sur lequel il s'écoule.

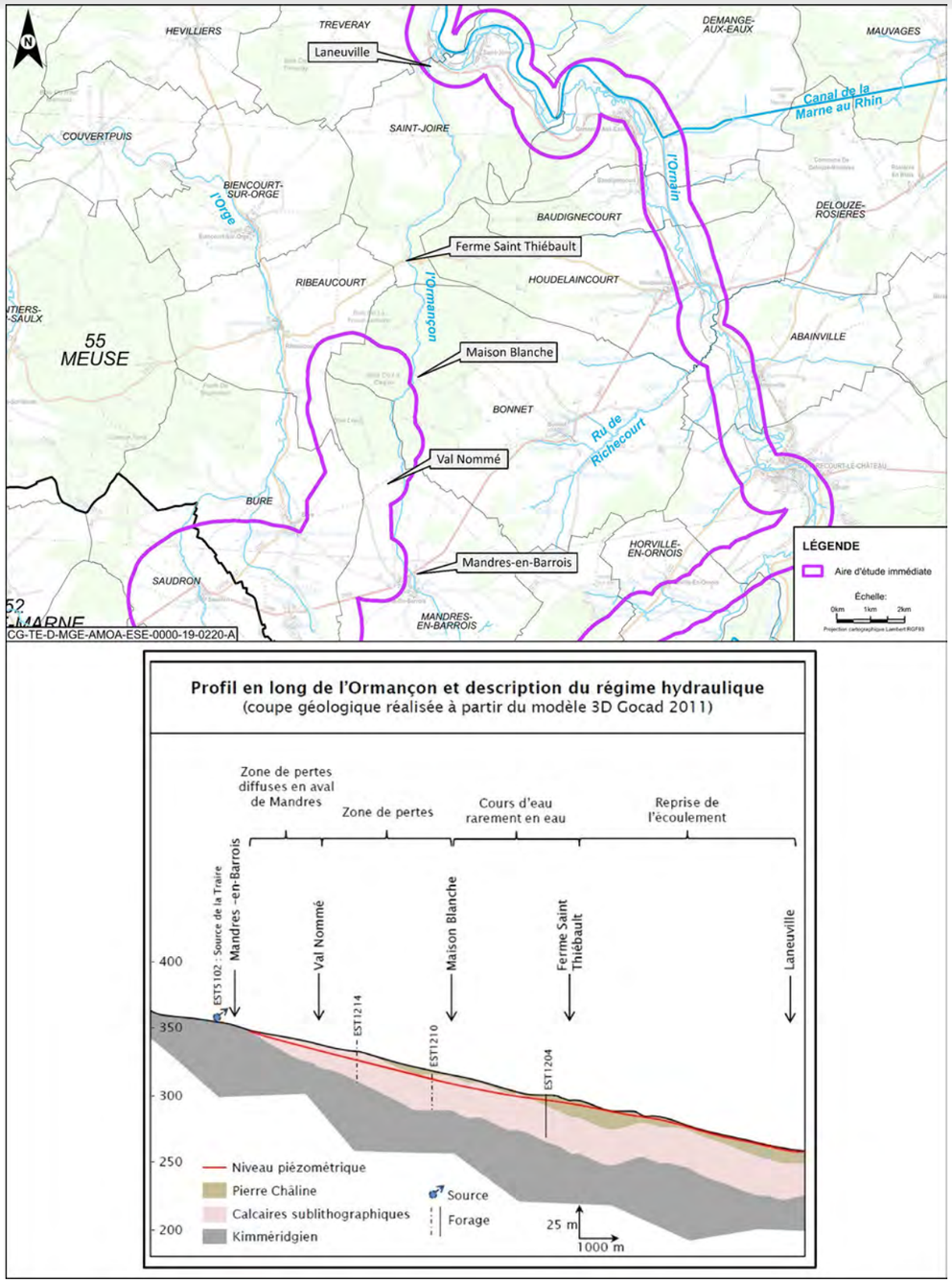


Figure 5-64 Description du régime hydraulique de l'Ormançon



L'Ormançon au niveau de la RD191 en période de hautes eaux (janv. 2018)

CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0432-A



L'Ormançon au niveau de la RD191 en période de basses eaux (oct. 2017)

Figure 5-65 Vue comparative de la section aval de l'Ormançon au niveau de la route départementale D191 en octobre 2017 et en janvier 2018



Figure 5-66 *Vue depuis la rive droite de l'Ormançon au droit du futur point de rejet de la zone puits nord (avril 2019)*



Figure 5-67 *Vue de la confluence de l'Ormançon avec l'Ornain au niveau de Laneuville (Andra – septembre 2019)*

5.4.2.3.2 Ruisseau de l'Étang

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RUISSEAU DE L'ÉTANG

Le ruisseau de l'Étang est concerné par l'installation terminale embranchée qu'il franchit dans un ouvrage existant dans sa partie amont.

Le ruisseau de l'Étang est un affluent du ru de l'Ognon. Il prend sa source au nord-ouest de Luméville-en-Ornois (département de La Meuse). Le ruisseau traverse le village, puis passe par un ancien ouvrage (ancien étang et ancien moulin, d'où sans doute le nom « ruisseau de l'Étang »).

Les caractéristiques hydromorphologiques du ruisseau de l'Étang aux stations gérées par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra de Gondrecourt-le-Château sont présentées dans le Tableau 5 32.

Tableau 5-32 *Synthèse des données hydromorphologiques du ruisseau de l'Étang*

Données	Gondrecourt-le-Château 1 (OPE02792)	Gondrecourt-le-Château 2 (OPE02793)
	2019	2021
Largeur	2,3 m	*Absence d'eau en juillet et novembre : sondages impossibles*
Profondeur	/	/
Colmatage	Important	Important
Faciès	Plat lentique, plat courant, radier	Plat lentique, plat courant
Berges	Végétation arborée-arbustive, éparse et état naturel	/
Végétation aquatique	/	/
Substrat	Substrat peu diversifié, avec une majorité de pierres-galets	/

Les berges du ruisseau de l'Étang sont parfois bétonnées et témoignent de l'influence anthropique sur l'amont de son tracé. Ensuite, il prend la forme d'un fossé agricole entre les champs cultivés (blé), avec un lit envahi par la végétation herbacée (cf. Figure 5-68). La bande enherbée de cinq mètres de part de d'autre du lit est bien respectée, et malgré l'absence de tout corridor boisé ou arbustif, sa situation au milieu des champs cultivés en fait un lieu de circulation et d'abreuvement pour la faune sauvage (sangliers et chevreuils).

Sur la partie aval le vallon devient plus encaissé, le lit circule dans une galerie arbustive et le débit se tarit (pertes au niveau des calcaires). La granulométrie des berges et du fond est composée d'argile et de limon sur l'ensemble du linéaire. Le colmatage est important tout au long du cours d'eau.



Figure 5-68 Vue du ruisseau de l'Étang au droit du franchissement de la route départementale D32 (Andra – septembre 2019)

Le ruisseau de l'Étang ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Les débits instantanés relevés au droit de deux stations de mesure (OPE02792 et OPE02793) en 2015 et 2019 sur ce cours d'eau varient entre 0 et 0,238 m³/s. De nombreux assecs sont relevés tout au long de l'année.

Les débits caractéristiques de référence du ruisseau de l'Étang sont présentés ci-après. Son module est assez faible et il connait des périodes d'assec (QMNA5 moyen de 2 l/s voire 0 l/s au minimum). Cette constatation est confirmée par les informations relevées par l'OPE où des périodes sans eau en saison estivale ont été observées.

Tableau 5-33 Débits caractéristiques du ruisseau de l'Étang

Station (amont > aval)	Module (m³/s)	QMNA5 (m³/s)
Gondrecourt-le-Château	0,058	0,002

5.4.2.3.3 Ruisseau du Naillemont

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RUISSEAU DE NAILLEMONT

Le ruisseau de Naillemont est concerné par l'installation terminale embranchée qu'il franchit dans un ouvrage existant au sud-est de Horville-en-Ornois.

Le ruisseau du Naillemont est un affluent du ru de l'Ognon. La source du Naillemont est située au niveau du lieu-dit « le Gréviné » sur la commune d'Horville-en-Ornois (département de La Meuse).

Les caractéristiques hydromorphologiques du ruisseau du Naillemont à la station gérée par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra de Horville-en-Ornois sont présentées dans le tableau 5-32.

Tableau 5-34 Synthèse des données hydromorphologiques du ruisseau de Naillemont

Données	Horville-en-Ornois 1 (OPE02790)
	2020
Largeur	2,60 m
Profondeur	0,17 m
Colmatage	Important
Faciès	100 % plat lentique
Berges	Végétation herbacée, éparse et état naturel Berges stables
Végétation aquatique	Présence à 50 % dont la moitié correspond à des algues
Substrat	Peu diversifié : 80 % de dalle argileuse

Sur sa partie amont, le ruisseau de Naillemont prend la forme d'un fossé agricole, fortement impacté par le piétinement bovin sur certaines parcelles. Il présente ensuite un faciès d'écoulement lentique, plus large et plus profond, qui devient un plan d'eau sous l'influence d'un ouvrage hydraulique transversal (sans doute un ancien moulin).

En aval de cet ouvrage, son débit est grossi de l'apport des sources de Naillemont et il circule de nouveau entre des parcelles pâturées où son lit est impacté par le piétinement du bétail.

Sur sa partie aval, le vallon est plus encaissé et le bétail moins présent. La morphologie du lit est plus sinueuse et le débit moins important. Il se jette finalement dans le ru de l'Ognon avec un débit très faible.



Figure 5-69 Vue du ruisseau de Naillemont (Andra – septembre 2019)

La granulométrie des berges et du fond correspond à la nature limono-argileuse des sols, avec quelques pierres et graviers par endroits, et une érodabilité faible à moyenne. Le colmatage est globalement assez fort, dû en grande partie au piétinement du lit mineur et aux écoulements peu courants.

Le ruisseau de Naillement ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Les débits instantanés mesurés au droit de deux stations de mesure (OPE02790 et OPE02791) en 2015 et 2019 varient entre 0 et 0.217 m³/s.

Les débits caractéristiques de référence du ruisseau de Naillemont sont présentés ci-après. Le ruisseau de Naillemont possédant un faible linéaire, la station de Horville en Ornois est l'unique station présente sur ce ruisseau. Son module supérieur au ruisseau de l'Étang mais son débit d'étiage est très faible, ce qui suppose que le ruisseau de Naillemont doit connaitre des périodes d'assecs. Cette constatation est confirmée par les informations relevées par l'OPE où des campagnes de pêches n'ont pu être réalisées par manque d'eau.

Tableau 5-35 Débits caractéristiques du ruisseau de Naillemont (OFB)

Station (amont > aval)	Module (m³/s)	QMNA5 (m³/s)
Horville-en-Ornois	0,092	0,003

5.4.2.3.4 Le ru de l'Ognon et l'Ornain

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RU DE L'OGNON ET L'ORNAIN

Le ru de l'Ognon se situe à proximité de l'installation terminale embranchée et son bassin versant est traversé par la ligne 400 kV.

L'Ornain est concerné par l'installation terminale embranchée, la ligne 400 kV, la remise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et potentiellement traversée par l'adduction d'eau avec l'approvisionnement par le captage de Gondrecourt-le-Château situé en rive droite du cours d'eau.

L'Ornain née de la rencontre entre l'Ognon (prenant sa source à Laneuville-au-Bois - département de la Haute-Marne) et la Maldite qui confluent à l'amont de la commune de Gondrecourt-le-Château.



Figure 5-70 Vue de l'Ornain après la confluence du ru de l'Ognon et du ruisseau Maldite (Andra - septembre 2019)

Ce cours d'eau long d'environ 120 km s'écoule sensiblement du sud-est au nord-ouest, arrosant notamment les communes de Gondrecourt-le-Château, Ligny-en-Barrois, Bar-le-Duc et Revigny-sur-Ornain. Il se jette dans la Saulx à Étrepy (département de la Marne). Son bassin versant topographique présente une superficie de 913 km².

L'Ornain est alimenté toute l'année par plusieurs affluents dont l'Ormançon, le ruisseau des Peux, le ruisseau de Richecourt, le ru des Grandes fontaines. Affluent de la Saulx, la confluence avec ce cours d'eau est située au nord d'Étrepy.

Il est à noter que des prises d'eau gérées par VNF sur l'Ornain alimentent le canal de la Marne au Rhin avec d'amont en aval les prises d'eau d'Houdelaincourt (confluence Ornain et ruisseau des Machères), de Saint-Joire (confluence Ornain et Ormançon), de Naix-aux Forges, de Tannois, etc.



Figure 5-71 Vue de l'Ornain avant la prise VNF d'Houdelaincourt (Andra – septembre 2019)



Figure 5-72 Vue de l'Ornain au niveau de la prise VNF d'Houdelaincourt avec le cours de l'Ornain (en face) et le début du canal de la Marne au Rhin (à droite) (Andra – septembre 2019)

Les caractéristiques hydromorphologiques de l'Ornain aux stations gérées par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra de Demange-aux-Eaux, Tréveray et Houdelaincourt sont présentées dans le tableau 5-36.

Tableau 5-36 Synthèse des données hydromorphologiques de l'Ornain

Données	Demange-aux-Eaux		Tréveray (aval) (OPE90015)		Houdelaincourt (amont) (OPE90014)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2021
Largeur	6,5 m	11,1 m	11,72 m	7,5 m	9,60 m	11,40 m
Profondeur	0,76 m	0,32 m	0,2 m	0,5 m	0,78 m	0,75 m
Colmatage	Nul	Moyen	Moyen	Faible	Très léger	Moyen
Faciès	Plat courant, radier	Chenal lentique, plat courant radier	Chenal lentique, plat courant, radier, rapide	Mouille, chenal lotique, plat courant, radier	Mouille, fosse d'affouillement, plat lentique, plat courant, rapide	Chenal lotique
Berges	Végétation herbacée et état naturel Berges verticales et stables	Végétation arbustive à arborée et éparse, état naturel Berges inclinées et stables	Végétation arborée et dense, état naturel Présence de voirie en rive gauche Berges verticales avec une stabilité variable	Végétation arborée, éparse, état naturel Présence de voirie en rive gauche Berges verticales et stables	Végétation herbacée et éparse, état naturel Berges verticales et stables	Végétation herbacée et dense, état naturel Berges inclinées et stables
Végétation aquatique	Présente à 50 %	Présente à 70 %	Présente à 15 %	Présente à 75 %	Présente à 70 %	/
Substrat	Substrat diversifié, granulométrie : des limons aux blocs	Substrat très diversifié, granulométrie : des limons aux rochers	Graviers, cailloux, pierres	Substrat principalement composé de pierres	Substrat diversifié	Substrat diversifié, granulométrie : des limons aux blocs

L'ensemble des stations de l'Ornain présente un substrat plutôt diversifié avec une granulométrie allant des limons aux blocs voire aux rochers. Cette diversité permet des bonnes conditions d'accueil pour les espèces piscicoles. Le cours d'eau ne présente pas de dysfonctionnement hydromorphologique apparent avec une bonne diversité de faciès et un faible colmatage. Il peut donc être qualifié en état plutôt naturel.

Les débits moyens mensuels calculés et les débits journaliers maximums relevés en deux points du réseau Banque Hydro (H5112310 à Saint-Joire et H5122340 à Tronville-en-Barrois) sont reportés dans le tableau 5-37 et le tableau 5-37.

Tableau 5-37 Débits moyens mensuels (m^3/s) calculés sur l'Ornain, de 1988 à 2021 (au 09/04/2021)

Commune (Pds)	Identification station	Période de mesure	Source	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Saint-Joire	H5112310	1999-2021	Banque Hydro	9,61	9,59	7,89	3,35	2,81	1,7	0,773	1,06	1,09	1,97	4,64	8,34	4,38
Tronville	H5122340	1988-2021	Banque Hydro	18,3	17,3	13,5	7,05	4,20	2,62	1,5	1,53	2,01	3,69	9,26	16,0	8,04

Tableau 5-38 Débits journaliers maximum ($m^3.s^{-1}.j^{-1}$) et débits instantanés maximum (m^3/s) enregistrés sur l'Ornain

Communes	Identifiant station	Date	Débit journalier maximum	Date	Débit instantané maximal
Saint-Joire	H5112310	02/02/2013	45,5	05/01/2018	48,10
Tronville	H5122340	16/02/1990	94,2	15/02/1990	101

Tableau 5-39 Débits moyens mensuels (m^3/s) mesurés et calculés sur l'Ornain de 2012 à 2019 (données OPE)

Commune	Source	Identifiant station	Période	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy annuelle
Houdelaincourt	Andra	OPE90014	2012-2019	5,86	7,51	4,31	2,38	3,46	2,25	1,30	0,66	0,61	1,67	3,84	5,61	3,29
Tréveray	Andra	OPE90015	2012-2019	7,65	9,21	5,29	3,15	3,05	2,28	0,69	0,54	0,65	1,20	3,06	6,68	3,62

Les débits caractéristiques de référence de quatre stations localisées sur toute la longueur de l'Ornain dans l'aire d'étude immédiate sont présentés ci-après. Sur ce linéaire le débit est plus que doublé notamment dû à la présence d'un certain nombre d'affluents entre Gondrecourt-le-Château et Tronville-en-Barrois.

Tableau 5-40 Débits caractéristiques de l'Ornain

Station (amont > aval)	Module (m^3/s)	QMNA5 (m^3/s)
Gondrecourt-le-Château	3,762	0,21
Tréveray	6,042	0,339
Ligny-en-Barrois	7,982	0,46
Tronville-en-Barrois	8,713	0,496

L'Ornain est un cours d'eau pérenne, présentant des variations au cours de l'année.

Selon le Plan de prévention des risques de la vallée de l'Ornain (secteur amont – arrêté n° 2010-0717 (107) et secteur centre – arrêté n° 2010-0718 (108)) approuvé par le préfet du département le 16 avril 2010, ce cours d'eau présente des crues assez fréquentes dont le caractère dynamique tend vers un régime semi-torrentiel. Le détail sur le plan de prévention des risques de la vallée de l'Ornain est présenté au chapitre 5.4.6.3 du présent volume.

Les principales crues de l'Ornain se sont produites en 1910, 1947-48 et en 1982-83. Pendant la période étudiée (1988-2021), le débit de crue décennale (QIX) a atteint 94 m^3/s^{-1} à Tronville-en- Barrois.

L'Ornain présente souvent de multiples bras en parallèle (diffluences créées par l'homme dans la majorité des cas) et notamment pour le canal de la Marne au Rhin. Sur l'Ornain, une majorité du linéaire est fortement impactée par les infrastructures et activités anthropiques.

L'installation terminale embranchée longe la portion amont de l'Ornain au niveau de Gondrecourt-le-Château. La ligne ferroviaire 027000 longe l'Ornain sur toute sa longueur et le traverse à quatre reprises *via* des ouvrages de génie civil au niveau d'Houdelaincourt, de Demange-Baudignécourt et de Saint-Amand-sur-Ornain (deux franchissements).

5.4.2.3.5 Le ruisseau des Peux

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RUISSEAU DES PEUX

Le ruisseau des Peux est concerné par la ligne ferroviaire 027000.

Le ruisseau des Peux est un cours d'eau intermittent du département de la Meuse prenant sa source sur la commune de Bonnet (source de la Chevalière) avant de rejoindre l'Ornain sur la commune d'Abainville, après un tracé de 2,6 km. L'altitude du bassin versant est comprise entre 390 et 285 m NGF et l'altitude de son lit est comprise entre 327 et 285 m NGF.

Son vallon doux est orienté sud-ouest/nord-est. Il draine les bancs calcaires du Kimméridgien. Aucune donnée de débit n'est disponible, le ruisseau de Peux ne disposant pas de station de la banque HYDRO.



Figure 5-73 *Vue du ruisseau des Peux au droit de la route communale entre Abainville et Bonnet (Andra – septembre 2019)*

5.4.2.3.6 Le ruisseau de Richecourt

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RUISSEAU DE RICHECOURT

Le ruisseau de Richecourt est concerné par la ligne ferroviaire 027000 au niveau de sa confluence avec l'Ornain.

Le ruisseau de Richecourt est un petit affluent de l'Ornain. Il prend sa source au sud de Bonnet (vallée de Son Fontaine) et conflue avec l'Ornain entre Abainville et Houdelaincourt, en rive gauche.

Les caractéristiques hydromorphologiques du ruisseau de Richecourt à la station gérée par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra d'Abainville sont présentées dans le tableau 5-41.

Tableau 5-41 *Synthèse des données hydromorphologiques du ruisseau de Richecourt*

Données	Abainville (OPE01887)
	2020
IPR	À sec sur une bonne partie de l'année
Largeur	3 m
Profondeur	0,28 m
Colmatage	Important
Faciès	Plat lentique, radier
Berges	Végétation herbacée, dense et état naturel Berges inclinées et stables
Végétation aquatique	Forte présence (à 60 %)
Substrat	Substrat moyennement diversifié avec trois catégories de matériaux : limons, cailloux et rochers

Le ruisseau de Richecourt présente de bonnes qualités d'accueil du fait de la présence d'un substrat de granulométrie fine à grossière. Néanmoins le milieu est dégradé notamment à cause des périodes d'assec : eau stagnante, colmatage du lit et présence importante de végétation aquatique.

Le ruisseau de Richecourt ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Les débits instantanés mesurés sur une station de mesure (OPE01887) entre 2011 et 2019 sur Le Richecourt varient entre 0 et 0,7 m^3/s. Le cours d'eau présente une période d'assec en période estivale.

Les débits caractéristiques de référence du ruisseau de Richecourt sont présentés ci-après. Le ruisseau de Richecourt possède un module plus élevé que les ruisseaux de l'Étang et de Naillemont (jusqu'à 280 l/s avant son rejet dans l'Ornain). Néanmoins son débit d'étiage reste très faible.

Tableau 5-42 *Débits caractéristiques du ruisseau de Richecourt*

Station (amont > aval)	Module (m^3/s)	QMNA5 (m^3/s)
Bonnet	0,183	0,007
Houdelaincourt	0,28	0,011

5.4.2.3.7 Le ruisseau des Grandes Fontaines

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RUISSEAU DES GRANDES FONTAINES

Le ruisseau des Grandes-Fontaines est concerné par la ligne ferroviaire 027000 sur la commune de Menaucourt

Le ruisseau des Grandes Fontaines prend sa source sur la commune de Nantois (indice de la banque du sous-sol est 02278X0050) avant de confluer 2,4 km en aval avec La Saulx sur la commune de Menaucourt. L'altitude du bassin versant de ce cours d'eau permanent est comprise entre 352 m et 236 m et l'altitude de son lit est comprise entre 257 m NGF et 236 m NGF.



Figure 5-74 Vue du ruisseau des Grandes Fontaines avant le canal de La Marne au Rhin (Andra – septembre 2019)

Le vallon est encaissé, orienté sud-nord. Il draine les calcaires du Barrois sur les marnes du Kimméridgien.

Aucune donnée de débit n'est disponible, le ruisseau des Grandes Fontaines ne dispose pas de station de la banque HYDRO.

5.4.2.3.8 Le canal de la Marne au Rhin

» OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE CANAL DE LA MARNE AU RHIN

Le canal de la Marne au Rhin se localise à l'est par rapport à la ligne ferroviaire 027000 d'Houdelaincourt à Longeaux, puis passe à l'ouest *via* un passage inferieur du canal sous la ligne.

Le canal de la Marne au Rhin, long de 314 km et 178 écluses à l'origine, relie la Marne (à Vitry-le-François) au Rhin (à Strasbourg). L'embranchement d'Houdelaincourt et dans sa continuité le canal de la Marne au Rhin prend son origine à Houdelaincourt par une dérivation de l'Ornain. Une partie du débit de l'Ornain alimente le canal.

Le canal est aménagé sur les alluvions de l'Ornain, sur les marnes du Kimméridgien et sur les calcaires du Barrois.

Le canal suit le fond de vallée de l'Ornain et le bief de Mauvages traverse en souterrain l'interfluve vers le bassin versant de la Meuse. À Baudignécourt, le canal est relayé par le bief de partage de Mauvages en direction du bassin versant de la Meuse.

Le canal n'est pas représentatif en termes d'hydromorphologie car le chenal est construit et entretenu par l'homme (dans un but de navigation) et les débits sont également contrôlés : par conséquent la morphologie du canal n'évolue pas en fonction des évènements hydrologiques et ne traduit pas les processus naturels qui donnent sa forme à une rivière.



Figure 5-75 Vue du canal de la Marne au Rhin après la traversé d'Houdelaincourt (Andra – septembre 2019)

5.4.2.3.9 Niveau d'enjeu quantitatif du sous-secteur de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu)

Du fait des faibles débits enregistrés, avec pertes actives même en période de hautes eaux, pour l'Ormançon, l'enjeu quantitatif est fort pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu). L'enjeu quantitatif est plus faible sur certaines portions de l'Ormançon avec des zones de pertes potentielles uniquement en période de basses eaux mais il est considéré globalement fort. Il en est de même pour les autres cours d'eau subissant des assecs réguliers comme le ruisseau de l'Étang ou du Naillemont. L'Ornain, du fait de sa pérennité est moins vulnérable.

5.4.2.4 Sous-secteurs hydrographiques concernés par la ligne 400 kV

Les cours d'eau concernés par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV font l'objet d'une étude bibliographique des caractéristiques hydromorphologiques et des débits.

5.4.2.4.1 Sous-secteur hydrographique de l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus)

OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE MELDANÇON

Le Meldançon est concerné par l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV au niveau de la commune de Balignicourt, à environ 13 km de sa confluence avec l'Aube.

Le Meldançon est un cours d'eau long de 26,1 km prenant sa source sur la commune de Lignon, dans la Marne, et rejoignant son exutoire sur la commune de Nogent-sur-Aube, dans le cours d'eau l'Aube, et dans le département de l'Aube.

Les campagnes d'observation des étiages sur le Meldançon (109), de 2012 à 2020, au droit de la station « le Meldançon à Jasseines » (code station F1370001 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Jasseines, présentent un cours d'eau dont les écoulements sont majoritairement visibles toute l'année. Seules les années 2019 et 2020 présentent un étiage sévère (assec) sur les mois de juillet, d'août et de septembre.

5.4.2.4.2 Sous-secteur hydrographique de la Voire de sa source au confluent de l'Aube

OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LA HÉRONNE

La Héronne est concernée par l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV au niveau de la commune de Droyes, à environ 2,3 km de sa confluence avec la Voire.

La Héronne est une rivière située en Haute-Marne, longue de 23,6 km dont les affluents principaux sont le ruisseau de la Brie et la rivière la Droye. Prenant sa source sur la commune de Robert-Magny-Laneuville-à-Remy, la Héronne rejoint la Voire sur la commune de Puellemontier.

Les campagnes d'observation des étiages sur l'Héronne (110), de 2012 à 2020, au droit de la station « l'Héronne à Planrupt » (code station F1230001 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Planrupt, présentent un cours d'eau dont les écoulements sont partagés entre des écoulements visibles et des écoulements invisibles. Les écoulements invisibles portent principalement sur les mois d'août et de septembre et occasionnellement de juillet.

5.4.2.4.3 Sous-secteur hydrographique de la Blaise de sa source au confluent de la Marne

OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LA BLAISE

La Blaise, ainsi que ses affluents la Maronne et le Blaiseron, sont concernés par l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV au niveau des communes de Wassy et d'Attancourt.

La Blaise est une rivière longue de 85,5 km dont les affluents principaux concernés par la ligne électrique sont la Maronne et le Blaiseron. Prenant sa source sur la commune de Gillancourt, en Haute-Marne, la Blaise se jette dans la Marne à hauteur de la commune d'Arigny, dans le département de la Marne.

Les campagnes d'observation des étiages sur la Blaise (111), de 2012 à 2020, au droit de la station « la Blaise à Juzennecourt » (code station F5300001 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Juzennecourt, dans le département de la Haute-Marne, présentent un cours d'eau dont les écoulements sont majoritairement visibles. Des écoulements invisibles ont eu lieu deux fois : lors du mois d'août 2015 et du mois de septembre 2019 ; et une période d'assec s'est produite en septembre 2020.

La Blaise présente des fluctuations saisonnières de débit relativement modérées et typiques du plateau Perthois (Marne, Saulx). Les hautes eaux surviennent en hiver, et portent les débits mensuels moyens à un niveau de 5,29 m^3/s à 9,67 m^3/s, de novembre à avril inclus (avec un maximum en février), et les basses eaux en été, de juin à octobre, avec une baisse du débit moyen mensuel jusqu'au niveau de 0,976 m^3/s au mois d'août. Ces débits sont mesurés à la station « La Blaise à Louvemont » (code station H5083050 de la banque Hydro)

Ses crues sont assez fréquentes mais jamais de trop forte intensité. Le débit instantané maximal enregistré a été de 52,30 m^3/s le 23 décembre 2010 et le débit journalier maximal de 47 m^3/s le 19 décembre 1999.

5.4.2.4.4 Sous-secteur hydrographique de la Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe

OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LA MEUSE

La Meuse ainsi que certains de ses affluents (le ruisseau de Fragne, la noue de Burey, le ruisseau des Chaudrons et le ruisseau de l'Orge) sont concernés par l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV au niveau de la commune de Brixey-en-Chanoines.

La Meuse est un fleuve européen long de 950 km. Prenant sa source à Pouilly-en-Bassigny, située en Haute-Marne, elle rejoint la mer du Nord aux Pays-Bas après avoir traversé la France, la Belgique et les Pays-Bas.

Le bassin versant de la Meuse a une superficie de 36 000 km^2, dont un tiers se trouve en région wallonne.

Les campagnes d'observation des étiages sur la Meuse (112), de 2012 à 2020, au droit de la station « La Meuse à Bassoncourt » (code station B0020001 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Bassoncourt, présentent un cours d'eau dont les écoulements sont majoritairement des écoulements visibles. Des écoulements invisibles ont eu lieu dernièrement, sur l'année 2020, au mois de juillet et de septembre.

Le débit moyen mensuel de la Meuse, sur sa partie française, à Domrémy-la-Pucelle (code station B1150010 de la banque Hydro entre 1969 et 2021 au 09/04/2021), avant la confluence avec le Vair, est de 12,7 m^3/s. L'apport des 5 m^3/s du Vair (code station B1282010 de de la banque Hydro entre 1969 et 2021 au 30/11/2021) fait passer ce débit à 18,5 m^3/s, et la Meuse devient dès lors un cours d'eau d'importance moyenne. Son débit passe à :

- 19,1 m^3/s à Chalaines (code station B1340010 de la banque Hydro entre 1973 et 2021 au 30/11/2021) ;
- 22,8 m^3/s à Commercy (code station B2130010 de la banque Hydro entre 1995 et 2021 au 09/04/2021) ;
- 30,3 m^3/s à Saint-Mihiel (code station B2220010 de la banque Hydro entre 1968 et 2021 au 09/04/2021) ;
- 47,8 m^3/s à Stenay (code station B3150020 de la banque Hydro entre 1963 et 2021 au 09/04/2021) ;
- plus de 80,9 m^3/s à Sedan (code station B5020010 de la banque Hydro entre 1993 et 2021 au 09/04/2021) ;
- 107 m^3/s à Montcy-Notre-Dame (code station B5600010 de la banque Hydro entre 1972 et 2021 au 30/11/2021).

5.4.2.4.5 Sous-secteur hydrographique de l'Aroffe

OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT L'AROFFE

L'Aroffe est concernée par l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV au niveau de la commune d'Harmonville

L'Aroffe est une rivière longue de 50,2 km qui présente la particularité d'appartenir à la fois au bassin versant de la Meuse et à celui du Rhin par la Moselle en raison de pertes importantes au niveau de son cours moyen.

Il prend sa source dans le département de Meurthe-et-Moselle sur la commune de Beuvezin et se jette dans la Meuse à Rigny-la-Salle, dans le département de la Meuse.

Les campagnes d'observation des étiages sur l'Aroffe (113), de 2012 à 2020, au droit de la station « L'Aroffe à l'amont de Rigny Saint Martin » (code station B2052011 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Rigny-Saint-Martin présentent un cours d'eau dont les écoulements sont visibles. Cependant, sur l'année 2020, des écoulements invisibles et périodes d'assec sont observés sur août et septembre. De plus, la station « L'Aroffe à Barisey au Plain » (code station B2030001 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Barisey-au-Plain (114), située en amont de la station de Rigny-Saint-Martin, au plus près de la ligne électrique, indique de longues périodes d'assec depuis 2012, notamment de juin à septembre.

L'Aroffe à Vannes-le-Châtel (code station B2042010 de la banque Hydro (115)) présente un débit mensuel moyen (calculé entre 1969 et 2020) entre 0,077 m^3/s (mois d'août et septembre) et 1,58 m^3/s (mois de février). Le débit instantané maximal enregistré a été de 17,7 m^3/s, le 26 mai 1983 et le débit journalier maximal a été de 16,20 m^3/s, le 13 février 1970.

5.4.2.4.6 Sous-secteur hydrographique du Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle

OPÉRATIONS DU PROJET GLOBAL CIGÉO QUI CONCERNENT LE RUISSEAU D'UVRY

Le ruisseau d'Uvry est concerné par l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV au niveau de la commune de Goviller.

Situé en Meurthe-et-Moselle, le ruisseau d'Uvry est long de 13,5 km. Prenant sa source sur la commune de Crépey, il se jette dans le Brénon à hauteur de la commune de Vézelise.

Le ruisseau d'Uvry ne dispose pas de station de la banque HYDRO. Les campagnes d'observation des étiages sur le ruisseau d'Uvry (116), de 2012 à 2020, au droit de la station « L'Uvry à Goviller » (code station A5410001 sur l'Observatoire national des étiages) sur la commune de Goviller présentent un cours d'eau dont les écoulements sont majoritairement visibles. Le ruisseau a néanmoins subi de longs assecs de 2 à 3 mois en 2014, en 2019 et en 2020 et présente parfois des périodes d'écoulements non visibles, notamment sur les mois de juillet, août et septembre.

5.4.2.4.7 Niveau d'enjeu quantitatif des sous-secteurs hydrographiques concernés par la ligne 400 kV

Pour les sous-secteurs hydrographiques concernés par la ligne 400 kV, l'enjeu quantitatif est faible pour les cours d'eau à fort débit et fort pour les cours d'eau à faible débit.

5.4.3 Caractéristiques des plans d'eau concernés par le projet global Cigéo

PLANS D'EAU AU SENS DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU

La directive cadre précise la définition des masses d'eau plans d'eau, qu'elle appelle masses d'eau de type « lac » : il s'agit d'une « masse d'eau intérieure de surface stagnante ». Par défaut, tout plan d'eau de superficie supérieure à 50 ha est considéré comme masse d'eau (cf. Annexe II de la directive cadre). Chacun de ces plans d'eau représente donc une unité d'évaluation de l'état écologique et chimique et l'échelle à laquelle l'atteinte ou non de l'objectif sera appréciée.

Les autres plans d'eau, sans être explicitement considérés comme masse d'eau, ne sont pas pour autant oubliés dans l'état des lieux et laissés pour compte dans l'application de la directive. Ils sont très généralement rattachés à des masses d'eau cours d'eau qui sont l'échelle d'évaluation sur lesquelles porte l'objectif de bon état.

Les plans d'eau, au sens de la directive cadre sur l'eau (68), susceptibles d'être affectés par le projet global Cigéo se situent dans l'aire d'étude rapprochée. Les plans d'eau fournissent des services écosystémiques, qui peuvent être variables selon les usages (service écosystémique de fourniture d'eau potable, service écosystémique socio-culturels). Ils fournissent également des services de régulation, comme la régulation des débits s'ils sont connectés à des cours d'eau par exemple (service écosystémique de régulation des crues et des étiages), c'est pourquoi cette information est spécifiée. Certains toponymes ont été ajoutés afin de faciliter l'identification des plans d'eau. Les noms attribués aux plans d'eau ont été déterminés selon le hameau le plus proche, la commune dans laquelle ils se trouvent ou le cours d'eau qui les traverse.

La présentation des plans d'eau est précisée ci-dessous par sous-secteur hydrographique pour le projet global Cigéo. Le chapitre 5.4.3.4 du présent volume est spécifique à la ligne 400 kV.

5.4.3.1 Sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)

L'aire d'étude rapprochée concerne partiellement ce sous-secteur hydrographique avec les plans d'eau suivants :

- l'étang La Prairie, alimenté par le Rupt, affluent de la Marne ;
- les étangs du canal entre Champagne et Bourgogne, situés à proximité du canal entre Champagne et Bourgogne, alimenté par la Marne ;
- l'étang du Pré Saint-Félix, alimenté par le cours d'eau du Pré Saint-Félix, affluent du Rongeant ;
- l'étang de Tremblot, alimenté par le cours d'eau du Tremblot, affluent de la Rissancelle et sous-affluent du Rongeant.

Les bassins-versants d'alimentation de ces plans d'eau ne sont pas concernés par la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo.

5.4.3.2 Sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)

Les plans d'eau recensés sur le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) sont les suivants :

- le plan d'eau de Gillaumé (cf. Figure 5-76) est un plan d'eau de type retenu colinéaire situé sur l'Orge, cours d'eau intermittent, en aval hydraulique par rapport à l'installation terminale embranchée. Ce plan d'eau privé d'environ 8 500 m² se localise à l'est du bourg de Guillaumé et a un usage de loisir. Son bassin-versant d'alimentation est concerné par l'installation terminale embranchée ;



Figure 5-76 Le plan d'eau de Gillaumé sur l'Orge (Andra – novembre 2019)

- l'étang de Bassigny, localisé sur la commune de Cirfontaines-en-Ornois, se trouve à la limite sud de l'aire d'étude immédiate. Il alimente un petit ruisseau permanent dans le vallon de Révillon, lequel se jette en rive droite de la Saulx. À l'aval de cet étang, se trouvent les plans d'eau de Cirfontaines-en-Ornois. Les trois plans d'eau sont connectés par le Révillon se trouvent en limite sud de l'installation terminale embranchée. Les différentes opérations du projet global Cigéo ne concernent pas ces plans d'eau ;
- l'Étang neuf et le Petit étang, localisés sur la commune d'Échenay, se trouvent en dehors de l'aire d'étude immédiate. Ils alimentent un petit ruisseau temporaire, lequel se jette en rive droite de la Saulx. Les différentes opérations du projet global Cigéo ne se localisent pas dans le bassin versant de ces étangs ;
- les petits étangs du Grand Chien et des Poirières se situent en amont hydraulique de l'aire d'étude rapprochée. Ils se trouvent en tête du bassin versant de l'Orge, qui présente un écoulement temporaire à ce niveau, et ne sont pas concernés par les différentes opérations du projet global Cigéo ;
- l'étang de Canée se trouve en rive droite de la Saulx, à proximité de sa source. Il n'est pas concerné par les différentes opérations du projet global Cigéo ;
- les étangs de Boutené se trouvent à proximité de la source de la Saulx. Ils semblent être alimentés par la Saur, affluent de la Saulx. Ils ne sont pas concernés par les différentes opérations du projet global Cigéo.

5.4.3.3 Sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu)

Les plans d'eau recensés sur le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu) sont les suivants :

- les trois étangs de Chassey-Beaupré (Petit Moulin, Fourneau, usine) possèdent un bassin versant d'alimentation qui jouxte l'aire d'étude immédiate dont ils sont séparés par une crête topographique. Les différentes opérations du projet global Cigéo ne se localisent pas dans le bassin versant de ces trois étangs ;
- l'étang de Chevilloncourt est alimenté par un affluent sans toponyme de l'Ognon, sur la commune de Cirfontaines-en-Ornois. Il n'est pas concerné par les différentes opérations du projet global Cigéo ;
- plusieurs plans d'eau existent dans la vallée alluviale de l'Ornain, dont le bassin versant d'alimentation est déjà traversé par la ligne ferroviaire n° 027000 ; ils se trouvent tous dans l'aire d'étude immédiate :
  - ✓ Gondrecourt-le-Château avec le plan d'eau de la Balastière, dont l'exutoire rejoint l'Ognon en rive gauche, et l'étang des Moines, alimenté par le ruisseau des Moines, affluent situé en rive gauche de l'Ornain ;
  - ✓ Abainville avec les deux plans d'eau des Pâquis, situés en rive gauche de l'Ornain, et l'étang des Peux ; connecté au ruisseau des Peux, affluent de l'Ornain ;
  - ✓ Houdelaincourt avec le plan d'eau de la source de Preuille, alimenté par le Preuille, affluent de l'Ornain et l'étang de Machères, alimenté par le ruisseau des Machères, affluent de l'Ornain ;
  - ✓ Givrauval avec les étangs de la Banvoie, situés entre le canal de la Marne au Rhin et l'Ornain ;
  - ✓ Ligny-en-Barrois avec le plan d'eau du Bellay, alimenté par le fossé des Culs de Chaudron, affluent de l'Ornain ;
  - ✓ Guerpont avec les étangs de la Rhovyl situés au nord de la zone puits et entre le canal de la Marne au Rhin et le ruisseau de Braban.

5.4.3.4 Cas des plans d'eau dans l'aire d'étude de la ligne 400 kV

Les plans d'eau les plus proches de la ligne 400 kV sont :

- à environ 250 mètres au sud, l'étang de la Horre, situé entre les départements de la Meuse et de la Haute-Marne ;
- à environ 180 mètres au nord, l'étang aux bois sur la commune de Frampas, en Haute-Marne.

5.4.3.5 Synthèse sur les plans d'eau concernés par le projet global Cigéo

Aucun plan d'eau ne se trouve dans les zones d'intervention potentielle du projet global Cigéo (en dehors des plans d'eau qui sont déjà traversés par la ligne 400 kV).

Cependant, certaines opérations du projet global Cigéo se localisent à proximité de plans d'eau (aire d'étude immédiate) et en aval hydraulique, notamment :

- centre de stockage Cigéo – opération de l'installation terminale embranchée avec :
  - ✓ le plan d'eau de Gillaumé sur l'Orge entre le bois du Quiloup et la route départementale D215 ;
  - ✓ le plan d'eau de La Balastière sur la commune de Gondrecourt-le-Château.



Figure 5-77 Vue du plan d'eau de la Balastière (Andra – septembre 2019)

- opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 avec :
  - ✓ le plan d'eau des Pâquis et les plans d'eau voisins localisés entre le passage aval sous la ligne ferroviaire et l'Ornain (sur la commune d'Abainville) ;
  - ✓ le plan d'eau de la source de Preuille (sur la commune de Houdelaincourt) ;
  - ✓ les étangs de la Banvoie (sur la commune de Givrauval) et le plan d'eau du Bellay (sur la commune de Ligny-en-Barrois) présents entre le canal de la Marne au Rhin et la route départementale 966 entre les communes de Saint-Joire et Guerpont.

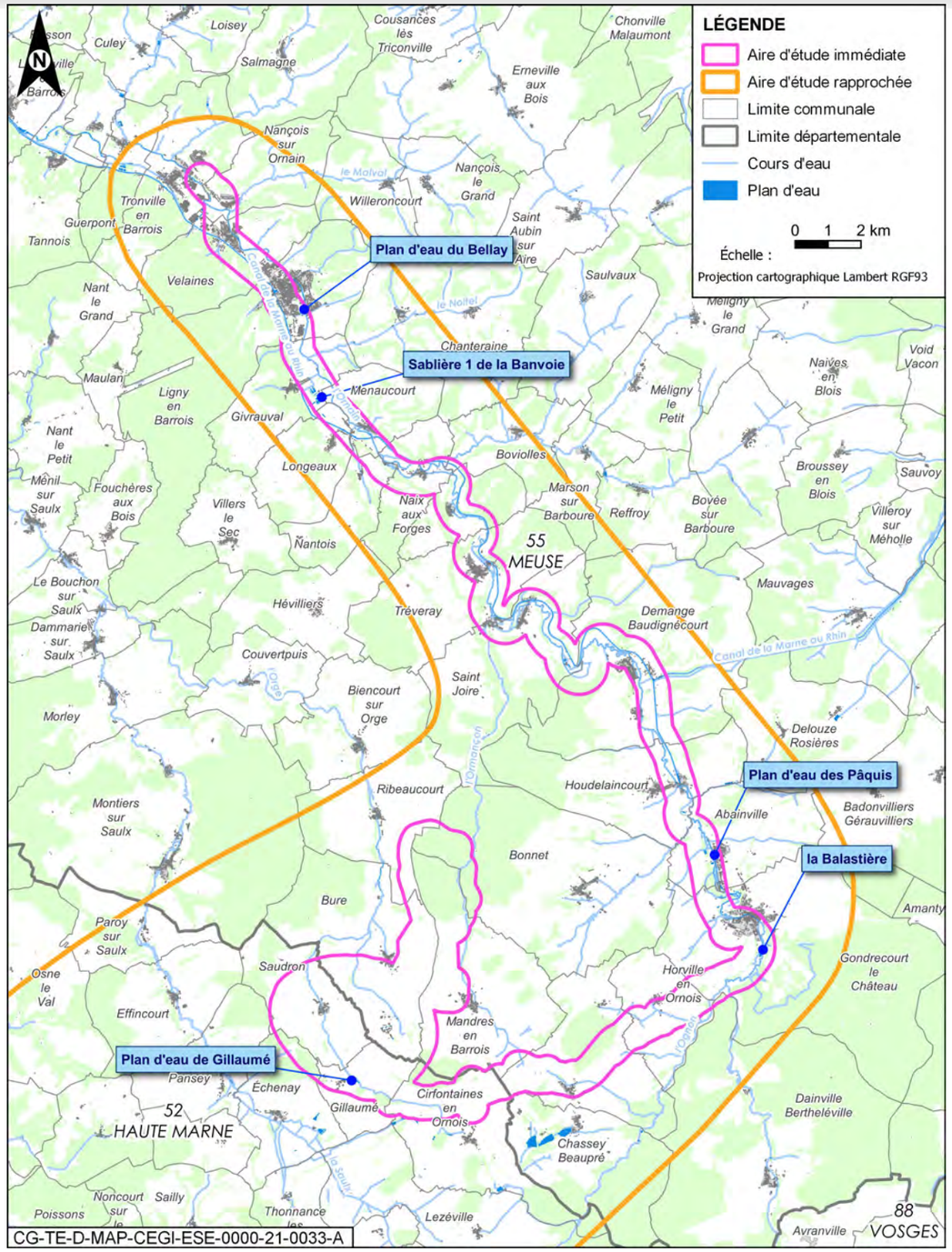


Figure 5-78 Localisation des plans d'eau concernés par le projet global Cigéo

5.4.3.6 Autres retenues d'eau

Outre les plans d'eau recensés dans l'aire d'étude rapprochée, il existe aussi des « retenues d'eau » utilisées pour l'assainissement des eaux d'activités existantes à proximité du centre de stockage Cigéo. Ces retenues ont une fonctionnalité de gestion des eaux de zones artificialisées (bassin d'orage, bassin d'infiltration, noue d'infiltration, etc.). Elles ne sont pas considérées comme des plans d'eau dans la présente étude d'impact. À titre d'exemple et de manière non exhaustive, à proximité du centre de stockage Cigéo se trouvent les « retenues d'eau » suivantes :

- au droit de l'Espace technologique (lieu-dit Chez Chien sur la commune de Bure) : un bassin d'orage avec un rejet vers le bassin versant de La Bureau ;
- au droit du Laboratoire de recherche de Meuse et de Haute-Marne (commune de Bure) : trois bassins d'orage avec un rejet vers le bassin versant de La Bureau ;
- au droit de l'hôtel – restaurant Le Bindeuil (commune de Bure) : un bassin d'orage ;
- au droit de l'Écothèque (commune de Bure) : un bassin d'infiltration ;
- au droit du bâtiment archive d'EDF (commune de Bure) : une noue d'infiltration.

5.4.4 Qualité des eaux superficielles

Ce chapitre présente les données relatives à la qualité des eaux superficielles, au travers de différents paramètres conventionnels (chimique et biologique) et radiologiques. Les écosystèmes naturels contribuent à la qualité des eaux superficielles, notamment au travers les processus d'épuration des eaux par les plantes et micro-organismes, il s'agit d'un service écosystémique de régulation.

Les données utilisées pour le suivi de la qualité (chimique et biologique) des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo sont décrites dans le chapitre 5.1.2.5 Méthodes de réalisation du volume VII de la présente étude d'impact et sont reprises dans la figure 5-79 (sauf pour la radiologie). La majorité est issue de données acquises par l'Andra dans le cadre d'un réseau de prélèvements et d'analyses réalisés par des prestataires. Une partie des données est également issue de l'état initial réalisé par l'AESN en 2019 et de la base de données NAIADES, remplaçant la base de données Qualit'Eau depuis 2020. Les données de l'état des lieux officiel des masses d'eaux sont issues du site Eau-France - Système d'information sur l'eau du bassin Seine-Normandie.

Les données de suivi des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo proviennent ainsi de stations gérées par l'Observatoire pérenne de l'environnement de l'Andra mais aussi de stations intégrées au réseau des agences de l'eau concernées afin de couvrir toute l'aire d'étude éloignée.

LA BASE DE DONNÉES NAIADES

L'application NAIADES[19] met à disposition pour le bassin Seine Normandie :

- les données brutes de qualité des eaux superficielles à la station de mesure ;
- les données élaborées de qualité des eaux superficielles et souterraines à la station de mesure.

Ces données sont calculées à partir d'une méthodologie décrite dans la directive cadre sur l'eau. Elles permettent de déterminer la qualité de l'eau (ex : bon, moyen...).

Les données qualitatives des eaux concernées par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV sont issues des SDAGEs 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et Rhin-Meuse (74-78) sur lesquels s'étend la ligne 400 kV.

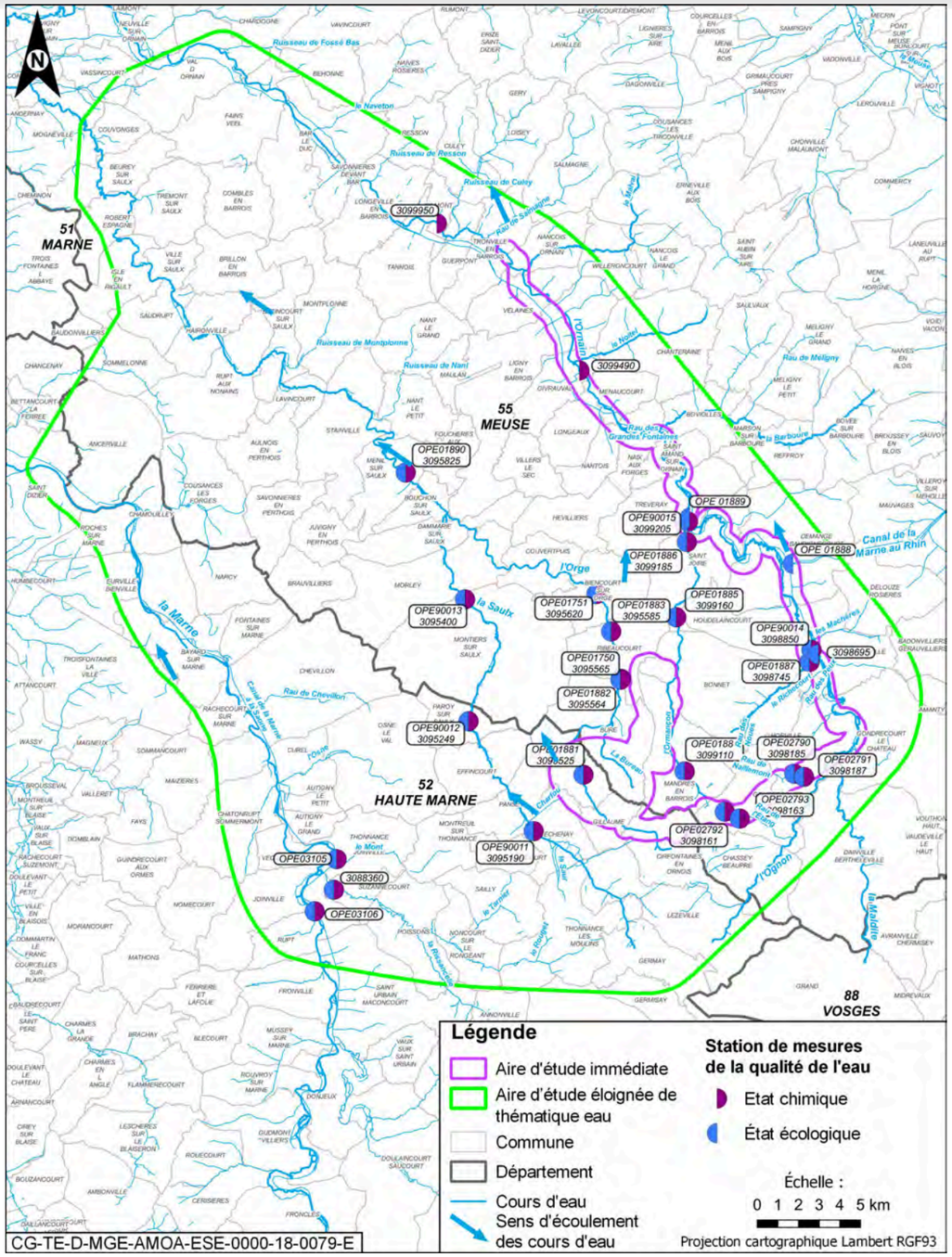


Figure 5-79 Carte des stations de suivi de la qualité des eaux superficielles (Andra ou recensées dans la Banque Hydro)

[19] http://naiades.eaufrance.fr

5.4.4.1 États chimiques et écologique

5.4.4.1.1 Outils de détermination de l'état des masses d'eau

Les textes de référence principaux en ce qui concernent les eaux superficielles sont les suivants :

- les paramètres et principes de base de la directive-cadre européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000 (68) sur l'eau appelée directive « DCE », établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;
- les paramètres et principes de base de la directive 2008/105/CE (117) « NQE » du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau ;
- les paramètres de la directive 2013/39/UE (118), modifiant les directives 2000/60/CE (68) et 2008/105/CE (117), en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau ;
- l'arrêté du 25 janvier 2010 (119) qui établit le programme de la surveillance des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement afin de caractériser « l'état chimique » et « l'état écologique » ;
- l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, modifié par l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis par l'arrêté du 27 juillet 2018 (121).

La directive cadre 2000/60/CE du 23 octobre 2000 (68) sur l'eau appelée « DCE » fixait un objectif de bon état des eaux et des milieux aquatiques à atteindre en 2015. Toutefois, lorsque ce « bon état » n'a pas été atteint, le SDAGE, outil de mise en œuvre de cette politique de meilleure gestion de la ressource en eau, a échelonné ces objectifs jusqu'en 2027.

Pour les cours d'eau susceptibles d'être concernés par le projet global Cigéo, l'analyse des résultats est précisée par sous-secteur hydrographique en différenciant l'état chimique et l'état écologique.

La directive cadre sur l'eau transposée en droit français par loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 (72), définit le « bon état » d'une masse d'eau[20] de surface lorsque l'état écologique et l'état chimique de celle-ci sont au moins « bons » :

- **l'état chimique** d'une masse d'eau de surface est déterminé au regard du respect des normes de qualité environnementales (NQE) par le biais de valeurs seuils. Deux classes sont définies : bon (respect) et pas bon (non-respect). 53 substances sont contrôlées : 21 substances dangereuses prioritaires au sens de la directive cadre sur l'eau, pour lesquels les rejets doivent être supprimés à l'horizon 2018 ou 2021 ; 24 substances prioritaires pour lesquels les rejets doivent être réduits (réduction de 30 % en 2015, par rapport à 2004) ; enfin huit substances dites « Annexe I » pour lesquelles les émissions doivent être réduites en 2014, 2015 et 2017 de 50 % à l'échéance 2015. Les métaux lourds : Cadmium, Mercure, Nickel, Plomb et leurs composés, font partie des substances contrôlées. Les analyses sont faites sur les compartiments eau et sédimentaire ;
- **l'état écologique** d'une masse d'eau de surface résulte de l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à cette masse d'eau. Il est déterminé à l'aide d'éléments de qualité : biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques, appréciés par des indicateurs (par exemple les indices invertébrés ou poissons en cours d'eau). Par ailleurs, vingt « polluants spécifiques de l'état écologique » (SDAGE Seine-Normandie et Rhin Meuse) ont été définis par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et font également l'objet d'un suivi systématique. Pour chaque type de masse de d'eau (par exemple : petit cours d'eau de montagne, lac peu profond de plaine, côte vaseuse...), il se caractérise par un écart aux « conditions de référence » de ce type, qui est désigné par l'une des cinq classes suivantes : très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais. Les conditions de référence d'un type de masse d'eau sont les conditions représentatives d'une eau de surface de ce type, pas ou très peu influencée par l'activité humaine.

Les caractéristiques de « bon état » (évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface) d'une masse d'eau repose sur les seuils indiqués dans l'arrêté du 25 janvier 2010 (119), dans sa version en vigueur et relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface.

Ces seuils sont reportés en annexe 5 du volume VII de la présente étude d'impact. Les objectifs d'atteinte de bon état sont précisés localement dans les SDAGE (cf. Chapitre 5.4.1 du présent volume) pour chaque masse d'eau. Les agences de l'eau réalisent tous les six ans des états des lieux de ces masses d'eau afin de vérifier l'atteinte ou non de ces objectifs. Certains cours d'eau ne sont pas considérés comme des masses d'eau dans le référentiel de l'Agence de l'eau. Ils ne font donc pas l'objet d'objectifs d'atteinte de bon état (par exemple la Bureau, le Naillemont...). Les données présentées concernant la qualité des cours d'eau sont celles enregistrées lors de campagnes de mesures en 2014-2019 (source : Andra ainsi que les résultats des données de l'état des lieux 2013. Les objectifs du SDAGE Seine-Normandie pour chacune des masses d'eau sont également listés Les données état des lieux officiel 2019, relatives à la qualité des eaux, sont également présentées (source : Eau France - Système d'information sur l'eau du bassin Seine-Normandie).

Pour les cours d'eau concernés par la ligne 400 kV, les données présentées sont bibliographiques, issues des SDAGEs 2022-2027 de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et Rhin-Meuse, issues des données de l'Agence de l'eau Seine-Normandie et Rhin Meuse.

5.4.4.1.2 Objectifs SDAGEs d'état pour les différentes masses d'eau

Le SDAGE définit des objectifs d'état pour chaque masse d'eau. Le tableau 5-43 récapitule les objectifs d'état écologique et chimique présentés dans le SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands pour les bassins versants de la Marne, la Saulx et l'Ornain (74).

Les ubiquistes sont des substances à caractère persistant, bioaccumulables et sont présentes dans les milieux aquatiques, à des concentrations supérieures aux normes de qualité environnementale. De ce fait, elles dégradent régulièrement l'état des masses d'eau et masquent les progrès accomplis par ailleurs. Il s'agit des diphényléthers bromés, du mercure et ses composés, des HAP, des composés du tributylétain, du PFOS, des dioxines, du HBCDD et de l'heptachlore.

[20] Masse d'eau : définie dans l'inventaire national rapporté à la Commission européenne pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) (68). Une masse d'eau est un volume distinct d'eau (superficielle ou souterraine), constituant le découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE. Elle permet de définir les objectifs environnementaux, d'évaluer l'état des milieux et ultérieurement de vérifier l'atteinte de ces objectifs.

Tableau 5-43 Objectifs d'état des masses d'eau, SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands (74)

Masse d'eau	Code	Sous-secteur hydrographique	Objectif d'état écologique	Objectif d'état chimique (sans ubiquistes)	Objectif d'état chimique (avec ubiquistes)
« La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent du Ruisseau de Chevillon (inclus) »	FRHR106B	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Le Rongeant de sa source au confluent de la Marne (exclu) »	FRHR112	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2027	Bon état pour 2033
« Le Tarnier »	FRHR112-F5214000	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau la Pisancelle »	FRHR112-F5216000	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau le Mont »	FRHR106B-F5221000	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ru de Sommermont »	FRHR106B-F5226000	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau l'Osne »	FRHR106B-F5230600	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau de Chevillon »	FRHR106B-F5250600	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« La Marne du confluent du Ruisseau de Chevillon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) »	FRHR113A	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau la Cousance »	FRHR113A-F5270600	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau l'Ornel »	FRHR113A-F5282000	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Canal entre Champagne et Bourgogne »	FRHR505	La Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de La Blaise (exclu)	Bon potentiel depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« La Saulx de sa source au confluent du ruisseau Saint Sébastien (inclus) »	FRHR120	La Saulx de la source au confluent de l'Ornain (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état pour 2027	Bon état pour 2027
« Ruisseau l'Orge »	FRHR120-F5510600	La Saulx de la source au confluent de l'Ornain (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état pour 2027	Bon état pour 2027
« Le Nant (ou ru de l'étang de nantel) »	FRHR120-F5529000	La Saulx de la source au confluent de l'Ornain (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau de Montplonne »	FRHR120-F5532000	La Saulx de la source au confluent de l'Ornain (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« La Saulx du confluent du ruisseau Saint Sébastien (exclu) au confluent de la Chee (exclu) »	FRHR121	La Saulx de la source au confluent de l'Ornain (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau de beuse »	FRHR121-F5542000	La Saulx de la source au confluent de l'Ornain (exclu)	Bon état pour 2021	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2021
« Ruisseau la Maldite »	FRHR122A-F56-0400	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état pour 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2021
« Ru l'Ognon »	FRHR122A-F5610600	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2021
« L'Ornain de sa source au confluent de la Barboure (inclus) »	FRHR122A	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2027	Bon état pour 2033

Masse d'eau	Code	Sous-secteur hydrographique	Objectif d'état écologique	Objectif d'état chimique (sans ubiquistes)	Objectif d'état chimique (avec ubiquistes)
« Ruisseau de Richecourt »	FRHR122A-F5623000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état pour 2027	Bon état pour 2033
« Machères, des (ruisseau) »	FRHR122A-F5624000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« L'Ormançon »	FRHR122A-F5630600	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état pour 2021	Bon état pour 2033	Bon état pour 2033
« Rivière la Barboure »	FRHR122A-F5650600	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Objectif moins strict 2027	Bon état pour 2021	Bon état pour 2033
« L'Ornain du confluent de la Barboure (exclu) au confluent du Naveton (inclus) »	FRHR122B	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état pour 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau des Grandes Fontaines »	FRHR122B-F5661000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau de Noitel »	FRHR122B-F5663000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Malval (ruisseau) »	FRHR122B-F5670600	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Le Salmagne »	FRHR122B-F5681000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau le Naveton »	FRHR122B-F5687000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2021
« Ru du Culey »	FRHR122B-F5682000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« L'Ornain du confluent du Naveton (exclu) au confluent de la Saulx (exclu) »	FRHR123	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état depuis 2015	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Ruisseau de Venise »	FRHR123-F5692000	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon état pour 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
« Canal de la Marne au Rhin »	FRHR504	L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	Bon potentiel 2027	Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033

5.4.4.1.3 État chimique actuel des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo

L'état chimique est caractérisé sur le compartiment « eau » et « sédimentaire » (quand les capacités analytiques le permettent) des cours d'eau. Les paramètres dits « déclassants » dans le tableau sont ceux dont les teneurs dépassent les seuils de bon état de la DCE (normes de qualité environnementale - NQE).

Les résultats issus des différentes campagnes de mesures en 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019 sont reportés :

- dans la figure 5-81 pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) ;
- dans la figure 5-82 pour le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) ;
- dans la figure 5-83 pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu).

a) Sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)

L'état des lieux 2019 ainsi que les prélèvements réalisés par l'Andra montrent une dégradation générale de la qualité chimique du fait de la présence de HAPs. Aucune autre dégradation n'est observée. Les états de lieux de l'Agence de l'eau Seine Normandie (AESN) montrent une amélioration de la qualité chimique des trois cours d'eau.

b) Sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)

Sur ce secteur, la Saulx, et l'Orge font l'objet d'objectifs d'état dans le SDAGE Seine Normandie 2022-2027. Il est attendu d'atteindre un bon état chimique en 2027 pour la Saulx et l'Orge. Ces cours d'eau sont classés en mauvais état d'après les résultats des campagnes réalisées par l'Andra. Les causes de déclassement identifiées sont toujours des teneurs excessives en polluants ubiquistes (HAP) et très ponctuellement à la présence de tributylétain dans la Saulx. Le tributylétain entrait dans la composition des peintures et des produits biocide de traitement du bois. Quant à la présence des HAP, elle découle principalement des carburants automobiles et dans une moindre mesure de celle du bois de chauffage. L'état chimique des sédiments est régulièrement qualifié « d'indéterminé » quand les techniques de laboratoire ne permettent pas de détecter des concentrations de composés trop faibles pour être comparées aux valeurs seuils de la réglementation. En 2017, les progrès analytiques ont permis d'affiner la détermination de la qualité chimique des sédiments. Ces analyses révèlent également les présences supérieures aux seuils en HAP (benzo(a)pyrène) dans les sédiments (NQE sédiment-biote : 5 µg.kg^{-1} poids humide) ainsi que de métaux comme le plomb (PNEC/Qséd : 53,4 mg.kg^{-1} poids sec) et l'arsenic (PNEC/Qséd : 1,8 mg.kg^{-1} poids sec).

La qualité chimique est indéterminée d'après l'état des lieux AESN de 2019.

Les enjeux pour atteindre les objectifs SDAGE Seine-Normandie, sont donc, comme pour de très nombreux cours d'eau, la maitrise des teneurs en HAP à l'origine du classement en mauvais état chimique des eaux de la Saulx et de l'Orge. Pour le compartiment sédimentaire, devra s'ajouter la maitrise des teneurs en As et Pb.

c) Sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)

Sur ce secteur, six cours d'eau (l'Ornain (deux masses d'eau), l'Ognon, le Richecourt, Les Grandes Fontaines, le Canal de la Marne et Rhin et l'Ormançon) sont concernés par des objectifs d'atteinte de bon état chimique dans les préconisations du SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 (74). Les Grandes Fontaines, le Canal de la Marne au Rhin, l'Ornain et l'Ormançon sont considérés en bon état depuis 2015 (sans ubiquistes). Les analyses réalisées par l'Andra confirment l'état des lieux réalisé en 2013 par l'AESN et ont mis en évidence des déclassements quasi systématiques des cours d'eau en mauvais état du fait de la présence de HAP. L'Ornain, l'Ognon, le Richecourt et les Grandes Fontaines sont classés en mauvais état si on tient compte des polluants ubiquistes. L'état des lieux AESN réalisé en 2019 montre une amélioration de la qualité chimique pour l'Ognon, l'Ornain et le Canal de la Marne au Rhin. En complément de la pollution généralisée aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des pollutions plus ponctuelles ont été observées : comme celles liées à l'isoproturon (NQE-CMA : 1 µg.L^{-1}) sur le ruisseau de l'Étang en 2015 et à la cyperméthrine sur l'Ornain en 2017 et sur le ruisseau de Naillemont en 2019, qui sont deux pesticides. La présence résiduelle de ces pesticides est à associer à l'activité agricole. L'isoproturon est une substance active régulièrement utilisée dans le désherbage des céréales.

Synthèse de la qualité des masses d'eaux des trois sous-secteurs

Globalement, les masses d'eau des trois sous-secteurs concernés présentent une qualité chimique des eaux très régulièrement dégradée du fait de la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (à des concentrations supérieures à la norme de qualité environnementale exprimée en concentration maximale admissible (NQE-CMA) de 0,27 µg.L^{-1} de benzo(a)pyrène) et ponctuellement quelques métaux et pesticides dépassant les seuils.

Leurs affluents, l'Orge et l'Ormançon, semblent plus préservés de ces pollutions. Toutefois, les campagnes de mesures réalisées par l'Andra relèvent une dégradation liée aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en 2017, 2018 et 2019. La température de l'eau de l'Orge varie de 5 °C en hiver à 20 °C en été, et la conductivité moyenne est à 600 µS/cm.

En complément de la pollution généralisée aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des pollutions plus ponctuelles ont été observées : comme celles liées à la présence de tributylétain (NQE-CMA : 0,0015 µg.L^{-1}) ou d'isoproturon (NQE-CMA : 1 µg.L^{-1}), qui sont deux pesticides. La présence résiduelle de ces pesticides est à associer à l'activité agricole. L'isoproturon est une substance active régulièrement utilisée dans le désherbage des céréales. Depuis quelques années, les réseaux de surveillance de la qualité des eaux ont ponctuellement détecté cette substance à des concentrations supérieures au seuil réglementaire notamment en automne. Le tributhylétain entrait dans la composition des peintures et des produits biocide de traitement du bois. Quant à la présence des HAP, elle découle principalement des carburants automobiles et dans une moindre mesure du bois de chauffage.

L'état chimique des sédiments est régulièrement qualifié d'« indéterminé » quand les techniques de laboratoire ne permettent pas de détecter des concentrations de composés trop faibles pour être comparées aux valeurs seuils de la réglementation. Cependant, des déclassements réguliers liés à la présence de mercure (Hg, NQE sédiment-biote : 20 µg.kg^{-1} poids humide) ont été mis en évidence notamment sur la Saulx en 2014 et 2015. En 2017 et 2019, les progrès analytiques ont permis d'affiner la détermination de la qualité chimique des sédiments. Ces analyses révèlent également les présences supérieures aux seuils en HAP (benzo(a)pyrène) dans les sédiments (NQE sédiment-biote : 5 µg.kg^{-1} poids humide) ainsi que d'autres métaux comme le plomb (PNEC/Qséd : 53,4 mg.kg^{-1} poids sec) et l'arsenic (PNEC/Qséd : 1,8 mg.kg^{-1} poids sec).

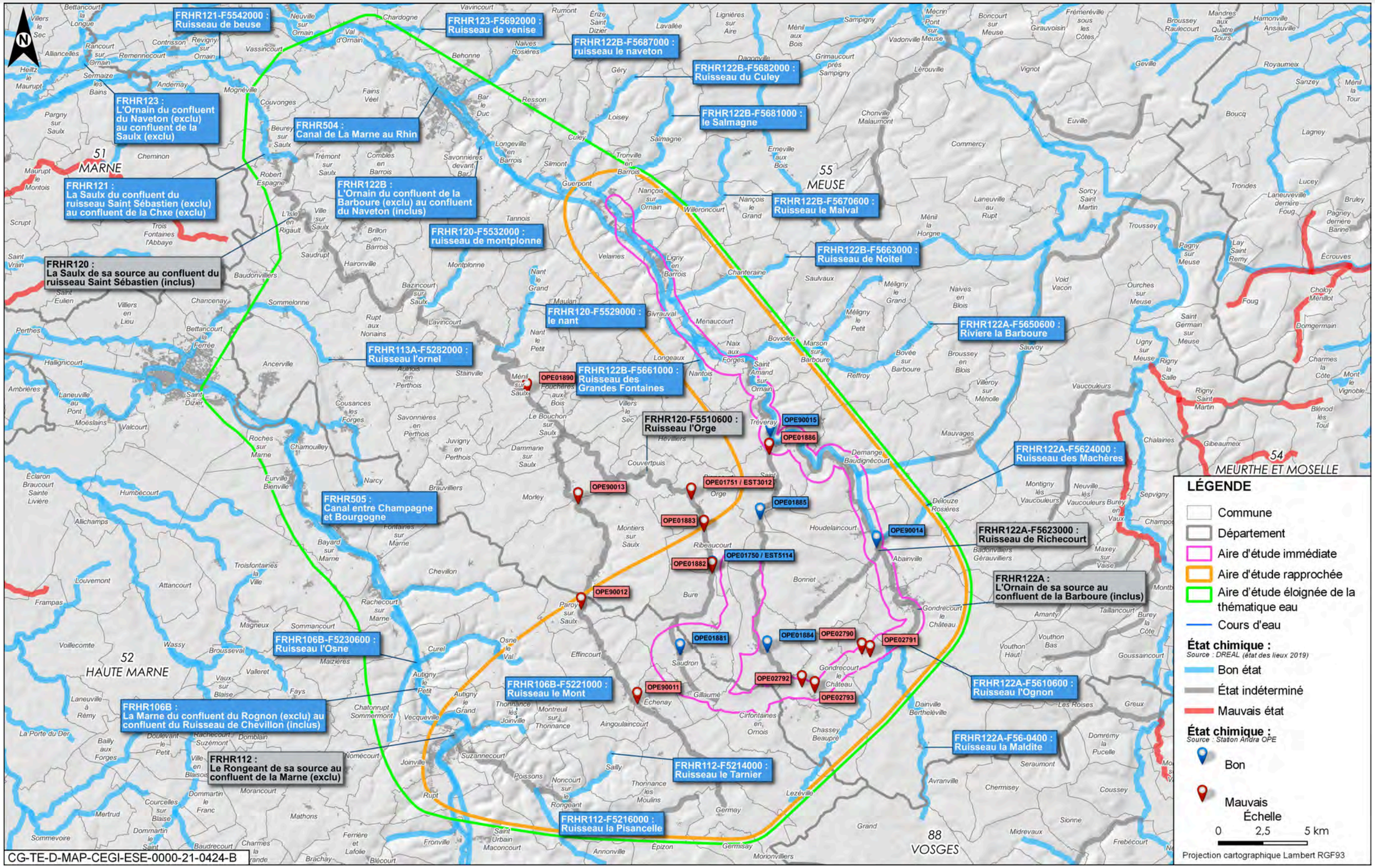


Figure 5-80 État chimique des masses d'eau (source : DREAL, état des lieux 2019˚

					2014	2015	2017		2018	2019				
Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code station AESN/Andra	État chimique EAU/paramètre declassant	État chimique EAU/paramètre declassant	État chimique EAU/paramètre declassant	État chimique sédiment et paramètres déclassants	Etat chimique annuel	État chimique EAU/paramètre declassant	État chimique sédiment et paramètres déclassants	Etat des lieux AESN 2019	Objectif SDAGE 2022-2027 sans ubiquistes	Objectif SDAGE 2022-2027 avec ubiquistes
La Marne	La Marne	FRHR 106 B	Vecqueville/AVAL	OPE03105			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;						Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
			Vecqueville/AMONT	OPE03106			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;							
	Le Rongeant	FRHR112	Joinville	03088360			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU;						Bon état pour 2027	Bon état pour 2033
	Le Mont	FRHR106B-F5221000	/	03088395									Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033

Indéterminé Etat chimique indéterminé — Bon Etat chimique bon — Mauvais Etat chimique mauvais

Version mise à jour en août 2022

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0429-D

Figure 5-81 État chimique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif à la qualité des eaux (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de la Marne. Les données sont issues des suivis Andra et des résultats des états lieux réalisés par les agences de l'eau en 2019

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code station AESN/Andra	2014	2015	2017		2018	2019		Etat des lieux AESN 2019	Objectif SDAGE 2022-2027 sans ubiquistes	Objectif SDAGE 2022-2027 avec ubiquistes
					État chimique EAU/paramètre déclassant	État chimique EAU/paramètre déclassant	État chimique EAU/paramètre déclassant	État chimique sédiment et paramètres déclassants	Etat chimique annuel	État chimique EAU/paramètre déclassant	État chimique sédiment et paramètres déclassants			
La Saulx	Saulx	FRHR120	Échenay	03095190 OPE90011	FLUORANTH	FLUORANTH;	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb Anthracène FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	HAP	BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; FLUORANTH		Bon état pour 2027	Bon état pour 2027
			Paroy-sur-Saulx	03095249 OPE90012			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU; FLUORANTH;	HAP	BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; Diflufénicanil; Glyphosate; Cyperméthrine			
			Montiers-sur-Saulx	03095400 OPE90013		FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU; TRIBUTYTIN	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU;	HAP	BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; Glyphosate			
			Ménil-sur-Saulx	03095825 OPE01890	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU;	HAP	BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL			
	Orge	FRHR120-F5510600	Saudron	03095525 OPE01881			FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU;	HAP		As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; FLUORANTH		Bon état pour 2027	Bon état pour 2027
			Ribeaucourt	03095564 OPE01882		BE(B)FLU	BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL;		HAP					
			Ribeaucourt	03095565 OPE01750					HAP					
			Ribeaucourt	03095585 OPE01883			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL;		HAP	BIFENOX METAZACHLORE				
			Biencourt-sur-Orge	03095620 OPE01751			FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU;	HAP	BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL			
	La Bureau		/	/										

Indéterminé Etat chimique indéterminé — Bon Etat chimique bon — Mauvais Etat chimique mauvais

Version mise à jour en août 2022

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0430-D

Figure 5-82 État chimique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif à la qualité des eaux (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de la Saulx

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code station AESN/Andra	2014 – État chimique EAU/paramètre déclassant	2015 – État chimique EAU/paramètre déclassant	2017 – État chimique EAU/paramètre déclassant	2017 – État chimique sédiment et paramètres déclassants	2018 – Etat chimique annuel	2019 – État chimique EAU/paramètre déclassant	2019 – État chimique sédiment et paramètres déclassants	Etat des lieux AESN 2019	Objectif SDAGE 2022-2027 sans ubiquistes	Objectif SDAGE 2022-2027 avec ubiquistes
Ornain	Ormançon	FRHR122A-F5630600	Mandres-en-Barrois	03099110 OPE01884			BE(B)FLU; BE(K)FLU;						Bon état pour 2033	Bon état pour 2033
			Saint-Joire	03099160 OPE01885		BE(GHI)PERYL	BE(B)FLU;		HAP					
			Saint-Joire	03099185 OPE01886		BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL			HAP	BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL				
	R. de l'Étang		Gondrecourt-le-Château	03098161 OPE02792			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU;	As, Pb; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL;		Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL		Sans objet	Sans objet
			Gondrecourt-le-Château	03098163 OPE02793			ISOPROTURON; FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU; FLUORANTH; Oxadiazon	HAP	BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; INDENOPYR	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; FLUORANTH			
	R. du Naillemont	F5614000	Horville-en-Ornois	03098185 OPE02790			FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;		HAP	Cypermethrine BE(B)FLU BE(K)FLU	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL		Sans objet	Sans objet
			Horville-en-Ornois	03098187 OPE02791			FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;		HAP	BE(B)FLU; BE(K)FLU	As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL; FLUORANTH			
	Ognon	FRHR122A-F5610600	/	03098163									Bon état depuis 2015	Bon état pour 2021
	Ornain	FRHR122A	Houdelaincourt	03098850 OPE90014	BE(GHI)PERYL		BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU; Toluene; Cypermethrine	HAP		As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL		Bon état pour 2027	Bon état pour 2033
			Tréveray	03099205 OPE90015			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL;	As, Pb; Anthracène BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL; BE(K)FLU;			As, Cu, Pb; Anthracène; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL			
		FRHR122B	Givrauval	03099490	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL BE(K)FLU;	FLUORANTH; BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(K)FLU; BE(GHI)PERYL	FLUORANTH; BENZO(A)PY;						Bon état depuis 2015	Bon état pour 2023
	R. des Peux		/										Sans objet	Sans objet
	R. de Rix	FRHR122A-F5623000	Houdelaincourt	03098745 OPE01887			BENZO(A)PY; BE(B)FLU; BE(GHI)PERYL;			BE(B)FLU			Bon état pour 2027	Bon état pour 2033
	R. des Grandes Fontaines	FRHR122B-F5661000	/	03099490									Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
	Canal de la Marne au Rhin	FRHR504	Demange-aux-Eaux	03098871 OPE01888									Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
			Tréveray	03099207 OPE01889										

Indéterminé Etat chimique indéterminé — Bon Etat chimique bon — Mauvais Etat chimique mauvais

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0431-E

Version mise à jour en août 2022

Figure 5-83 État chimique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif à la qualité des eaux (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de l'Ornain

5.4.4.1.4 État écologique des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo

Conformément à la directive cadre sur l'eau (68), l'état écologique est déterminé à partir de quatre indices hydrobiologiques (indice biologique diatomée IBD ; indice invertébrés multimétrique I2M2 ; indice biologique macrophytique en rivière IBMR ; indice poisson rivière IPR, d'éléments physico-chimiques (Bilan O2, température, nutriments, acidification et salinité) et d'éléments de polluants spécifiques ayant une incidence sur la vie aquatique (polluants synthétiques et non-synthétiques).

À noter que lors du dernier état des lieux (EDL 2019), l'indice biologique global normalisé IBGN a été remplacé par l'indice I2M2.

Les résultats issus des différentes campagnes de mesures menées par l'Andra et l'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) sont reportés dans :

- la figure 5-85 pour le Sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) ;
- la figure 5-86 pour le Sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu) ;
- la figure 5-87 pour le Sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu).

a) Sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)

D'après les objectifs du SDAGE 2022-2027, le Marne, le Mont et le Rongeant sont en bon état depuis 2015. Les résultats d'état des lieux AESN 2019 classent ces trois cours d'eau en bon état. Les résultats acquis par l'Andra montrent cependant une variabilité temporelle de cet état. La Marne est classée en bon état en 2017 et 2019, mais était concernée comme le Rongeant par un déclassement lié aux teneurs en azote (nitrites et ammonium) en 2015.

Sur ce sous-secteur hydrographique, les teneurs en azote excessives sont donc susceptibles de dégrader les capacités d'accueil du milieu et doivent donc être maitrisées pour maintenir les eaux en bon état écologique.

b) Sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)

Six cours d'eau (l'Ornain, l'Ognon, le Richecourt, Les Grandes Fontaines, le Canal de la Marne au Rhin et l'Ormançon) sont concernés par des objectifs d'atteinte de bon état écologique dans les préconisations du SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 (74). D'après l'état des lieux réalisé en 2019, l'Ognon est classé en mauvais état, l'Ornain en bon ou moyen état selon la masse d'eau du SDAGE considérée, et le Richecourt et le Canal de la Marne au Rhin en moyen état. L'état écologique peut être très variable temporellement et spatialement. Sur la période 2014-2019, l'Ornain est un cours d'eau en bon état écologique à l'exception d'une dégradation en état moyen lié à la présence de nitrate et d'herbicides en 2017 et de métaux en 2018. L'état écologique des autres masses d'eau varie de mauvais à moyen avec des déclassements liés à l'état des communautés biologiques, au bilan en oxygène, aux teneurs en nutriments et à la présence de certains herbicides comme le chlortoluron, la métazachlore et le diflufénicanil.

c) Sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)

Sur ce secteur, la Saulx, et l'Orge font l'objet d'objectifs d'état dans le SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 (74). Il est attendu d'atteindre un bon état écologique en 2015 pour la Saulx et 2021 pour l'Orge. L'état des lieux réalisé par l'Andra entre 2014 et 2019 montre que les eaux de ces deux cours d'eau sont globalement de qualité écologique moyenne. Pour l'Orge les paramètres physico-chimiques (nitrites, nitrates et bilan en oxygène), et de polluants spécifiques (chlortoluron, métazachlore, diflufénicanil), sont à l'origine de ces déclassements. La qualité écologique de la Saulx est impactée sur ses éléments biologiques (IBD et IBGN), physico-chimiques (nutriments (COD, azote et bilan O2) et sur les éléments de polluants spécifiques (chlortoluron, métazachlore, diflufénicanil). Ces dégradations de la qualité écologique de la Saulx et de l'Orge étaient déjà identifiées dans l'état des lieux 2013 de l'AESN. La Saulx présente un état écologique médiocre en 2019.

L'atteinte des objectifs nécessitera donc la maitrise du bilan en nutriment et oxygène ainsi que les intrants de ces polluants spécifiques sur ce sous-secteur hydrographique.

Les cours d'eau de ce sous-secteur sont des masses d'eau sensibles à la dégradation de leur état écologique et donc de leur capacité d'accueil. Les teneurs en nutriments, pesticides ainsi que le bilan en oxygène sont les clés de l'atteinte du bon état pour ces cours à l'exception de l'Ornain qui semble être plus préservé. La présence récurrente de certains herbicides (Chlortoluron, Métazachlore, Diflufecanil) déclasse régulièrement la qualité écologique des cours d'eau de l'aire d'étude.

Les indices biologiques mesurés dans les cours d'eau pérennes révèlent une structuration des populations biologiques (diatomées et invertébrés) plutôt de bonne qualité.

Synthèse de l'état écologique global des masses d'eau superficielles

En synthèse, l'état écologique global des masses d'eau superficielles de l'aire d'étude éloignée oscille entre « mauvais » et « bon » sur la période 2014-2019 avec cependant la prédominance de l'état écologique « moyen ».

L'état écologique de la Saulx est globalement plus dégradé que celui des autres cours d'eau et notamment de l'Ornain dont la qualité écologique est préservée sur les paramètres mesurés. Aucun cours d'eau étudié n'atteint cependant un « très bon état » écologique.

Du point de vue de la qualité écologique de l'eau, les prélèvements réguliers réalisés sur l'Orge et sur l'Ormançon depuis 2014 montrent une classe de qualité moyenne au sens de la directive cadre européenne.

Les déclassements sont essentiellement liés à la dégradation des paramètres physico-chimiques classiques et notamment des paramètres liés à l'oxygénation (O_2 et saturation) ou aux teneurs en nutriments des cours d'eau (NO_2, NO_3 et NH_4). Ce type d'observation est très fréquent pour des cours d'eau subissant des assecs en milieu agricole.

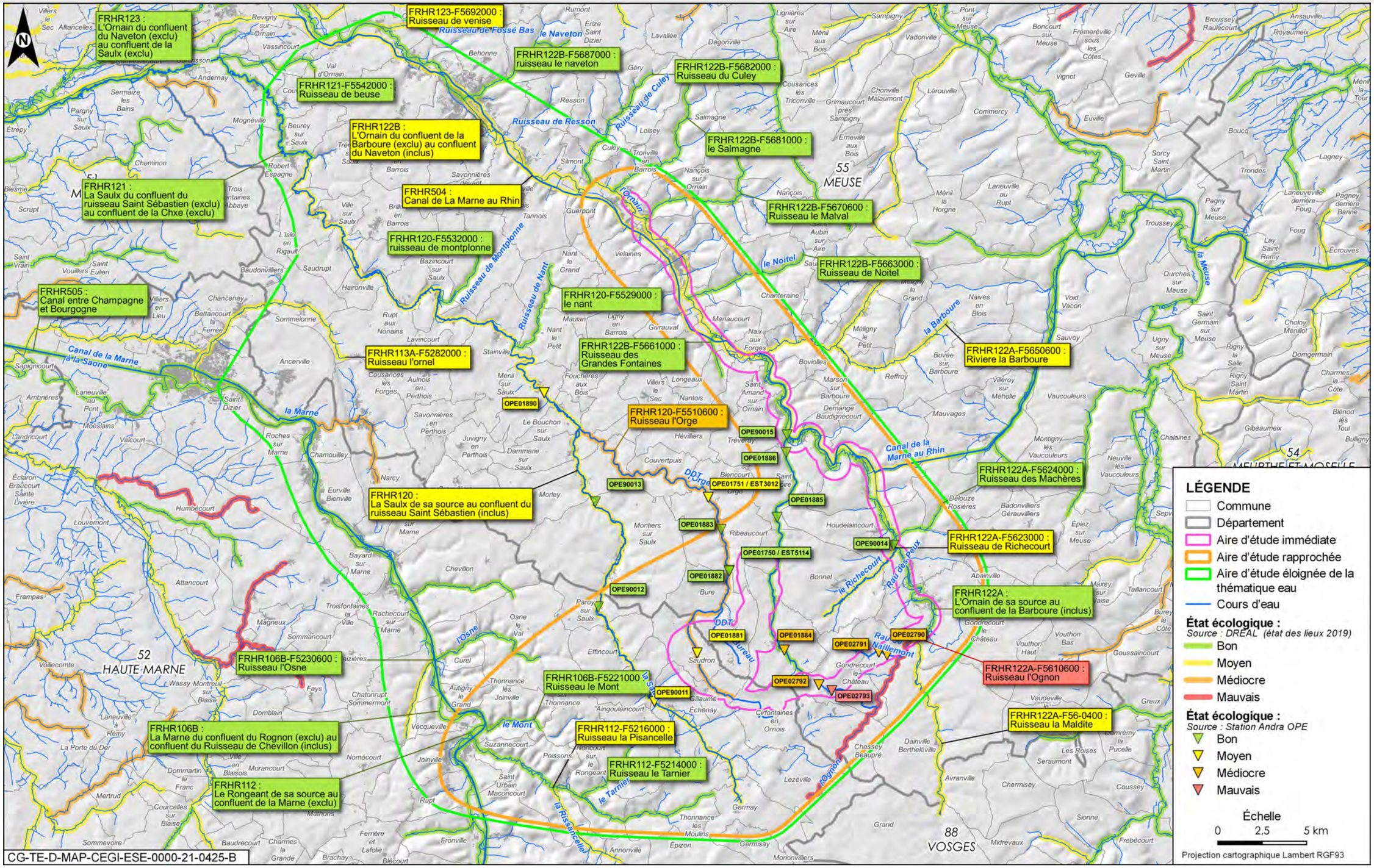


Figure 5-84 État écologique des masses d'eau (source : DREAL – État des lieux 2019)

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station AESN/ANDRA	Etat écologique				Etat des lieux AESN 2019	Objectif SDAGE 2022-2027
					2014	2015	2017	2019		
La Marne	La Marne	FRHR106B	Vecqueville / AVAL	OPE03105		NO_2				Bon état depuis 2015
			Vecqueville / AMONT	OPE03106		NH_4				
	Le Rongeant	FRHR112	Joinville	03088360		NO_2 NH_4				Bon état depuis 2015
	Le Mont	FRHR106B-F5221000	/	03088395						Bon état depuis 2015

Indéterminé Etat écologique indéterminé

Bon Etat écologique bon

Médiocre Etat écologique médiocre

Très bon Etat écologique très bon

Moyen Etat écologique moyen

Mauvais Etat écologique mauvais

Version mise à jour en août 2022

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0420-D

Figure 5-85 État écologique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de La Marne

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station AESN/ANDRA	Etat écologique					Etat des lieux AESN 2019	Objectif SDAGE 2022-2027
					2014	2015	2017	2018	2019		
La Saulx	La Saulx	FRHR120	Échenay	03095190 OPE90011	O_2 Sat	NO_2	Sat NH_4 NO_2 Chlortoluron Metzachlore Diflufenicanil		O_2 Sat		Objectif moins strict 2027
			Paroy-sur-Saulx	03095249 OPE90012	O_2 Sat		Chlortoluron Metazachlore	Biologie			
			Montiers-sur-Saulx	03095400 OPE90013			IBD Chlortoluron Metazachlore				
			Ménil-sur-Saulx	03095825 OPE01890	O_2 Sat	COD PO_4 NH_4	Chlortoluron Metazachlore		Chlortoluron		
	Orge	FRHR120-F5510600	Saudron	03095525 OPE01881	Sat	O_2 Sat	IBG O_2 Sat DBO_5 COD Metazachlore Diflufenicanil	Pesticides	Sat		
			Ribeaucourt	03095564 OPE01882			Chlortoluron Metazachlore Diflufenicanil	Pesticides			
			Ribeaucourt	03095565 OPE01750		Cu	NO_3 Metazachlore	Pesticides			
			Ribeaucourt	03095585 OPE01883			Metazachlore	O2 Pesticides			
			Biencourt-sur-Orge	03095620 OPE01751	NO_2 Sat	O_2 Sat PO4 P NH_4 NO_2	O2 Sat NH_4 NO3 Metazachlore Diflufenicanil		I2M2 Sat NO2		
	La Bureau		/	/							Sans objet

Indéterminé Etat écologique indéterminé — **Bon** Etat écologique bon — **Médiocre** Etat écologique médiocre

Très bon Etat écologique très bon — **Moyen** Etat écologique moyen — **Mauvais** Etat écologique mauvais

Version mise à jour en août 2022

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0427-D

Figure 5-86 État écologique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de La Saulx

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station AESN/ ANDRA	Etat écologique 2014	2015	2017	2018	2019	Etat des lieux AESN 2019	Objectif SDAGE 2022-2027
Ornain	Ormançon	FRHR122A-F5630600	Mandres-en-Barrois	03099110 OPE01884		NO_2 COD	IBG Sat O_2	Biologie Nutriments	I2M2		Bon état pour 2021
			Saint-Joire	03099160 OPE01885							
			Saint-Joire	03099185 OPE01886	Temp	Sat					
	R. de l'Etang	-	Gondecourt-le-Château	03098161 OPE02792		O_2 Sat	IBG O2 Sat Cu Nicosulfuron	Pesticides	I2M2 Sat		Sans objet
			Gondecourt-le-Château	03098163 OPE02793		O_2 Sat NO2 NO3 COD PO_4	IBG O_2 Sat PO_4 P NO_2 Chlortoluron Metazachlore Diflufenicanil	Biologie Oxygène	I2M2		
	R. du Naillemont	F5614000	Horville-en-Ornois	03098185 OPE02790			IBG Metazachlore	Oxygène Biologie Pesticides	I2M2		Sans objet
			Horville-en-Ornois	03098187 OPE02791			IBG Metazachlore	Biologie Pesticides	I2M2		
	Ognon		/	/							Sans objet
	Ornain	FRHR122A	Houdelaincourt	03098850 OPE90014							Bon état depuis 2015
			Tréveray	03099205 OPE90015				Métaux			
		FRHR122B	Givrauval	03099490			NO_3 Herbicide				Bon état pour 2027
			Silmont	03099950							
	R. de Peux		/	/							Sans objet
	Le Richecourt	FRHR122A-F5623000	Houdelaincourt	03098745 OPE01887		Sat NO_2/NO_3	Chlortoluron Metazachlore		Diflufénicanil		Objectif moins strict pour 2027
	R. des Grandes Fontaines		/	/							Bon état depuis 2015
	Canal de la Marne au Rhin		/	/							Bon potentiel 2017

Indéterminé Etat écologique indéterminé
Bon Etat écologique bon
Médiocre Etat écologique médiocre
Très bon Etat écologique très bon
Moyen Etat écologique moyen
Mauvais Etat écologique mauvais

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-19-0428-C

Version mise à jour en avril 2022

Figure 5-87 État écologique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de l'Ornain

5.4.4.1.5 État chimique et écologique des masses d'eau concernées par la ligne 400 kV

L'analyse de l'état chimique et écologique des masses d'eau superficielles concernées par la ligne 400 kV porte principalement, d'ouest en est, sur les cours d'eau suivants et leurs affluents : l'Aube, la Voire, la Blaise, la Marne, la Saulx, l'Ornain, la Meuse, l'Aroffe et le Brénon.

L'état de La Marne, de la Saulx et de l'Ornain étant détaillés dans l'analyse des états chimique et écologique du projet de centre de stockage Cigéo, ils ne font pas l'objet d'une nouvelle description dans cette partie.

Les données présentées ci-après proviennent des bases de données Eau France des bassins Seine-Normandie et Rhin-Meuse avec :

- l'état chimique représenté dans la figure 5-88 ;
- l'état écologique représenté dans la figure 5-89.

Les états chimiques et écologiques des cours d'eau traversés par la ligne 400 kV, présentent un état allant de bon à mauvais.

Sur la partie ouest de la ligne, dans le bassin Seine-Normandie, les cours d'eau présentent un état chimique mauvais pour la Voire et la Blaise (données 2011 et 2019) et bon pour l'Aube (données 2011) et le Meldançon (données 2019).

En 2019, à l'exception du Medançon, tous les cours d'eau concernés par le projet de ligne 400kV ont un état chimique mauvais liés à la présence de HAPs.

L'état écologique des cours d'eau traversés par la ligne 400 kV est qualifié de médiocre à bon. Sur la partie est de la ligne, dans le bassin Rhin-Meuse, les données datant de l'état des lieux 2019 du SDAGE Rhin-Meuse (85), présentent un état écologique global qualifié de médiocre pour le Brénon à bon pour la Meuse. Pour les trois cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, l'objectif de bon état écologique du SDAGE est fixé à 2027.

Sur le bassin versant Seine-Normandie, l'Aube, le Meldançon et la Blaise sont en bon état écologique. La Voire est en état écologique moyen du fait d'une dégradation des communautés d'invertébrés (calcul IBGN). Pour ce cours d'eau, l'objectif de bon état écologique est fixé à 2027. À l'état des lieux 2013, la Meuse était classée en bon état, l'Aroffe en état moyen (indice biologique) et le Brénon en état médiocre (indice biologique et paramètres généraux).

Bassin versant Seine Normandie	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station national	2019		Objectif SDAGE 2022-2027 sans ubiquiste	Objectif SDAGE 2022-2027 avec ubiquiste
					État chimique EAU/paramètre déclassant	Etat chimique sans ubiquistes		
L'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus)	L'Aube	FRHR27	Balignicourt				Sans objet	Sans objet
Le Meldançon de sa source au confluent de l'Aube (exclu)	Le Meldançon	FRHR27	Balignicourt	HR24			Sans objet	Sans objet
La Voire de sa source au confluent de la Héronne	La Voire	FRHR19	Droyes Planrupt	HG19	Benzo(g,h,i)pérylène, Fluoranthène et Be(ghi)perylène		Sans objet	Bon état pour 2033
La Voire du confluent de la Héronne au confluent de l'Aube	La Voire	FRHR21			Benzo(g,h,i)pérylène			
La Blaise de sa source au confluent du Blaiseron (exclu)	La Blaise	FRHR114			Benzo(g,h,i)pérylène, Fluoranthène et Be(ghi)perylène, Be(b)flu		Bon état 2021	Bon état pour 2033
La Blaise du confluent du Blaiseron (exclu) au confluent du ruisseau de Prêle (inclu)	La Blaise	FRHR116			Benzo(g,h,i)pérylène, Fluoranthène et Be(ghi)perylène, Be(b)flu		Bon état depuis 2015	Bon état pour 2033
La Blaise du confluent du ruisseau de Prêle(exclu) au confluent de la Marne (exclu)	La Blaise	FRHR117	Wassy	HR117	Benzo(g,h,i)pérylène, et Be(ghi)perylène			

Bassin versant Rhin-Meuse	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station national	2019		Objectif SDAGE 2022-2027 sans ubiquiste	Objectif SDAGE 2022-2027 avec ubiquiste
					Etat chimique EAU/paramètre declassant	Etat chimique sans ubiquistes		
La Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe	La Meuse	FRB1R472	Brixey-aux-Chanoines	B1R472			Bon état 2021	Bon état 2039
L'Aroffe	L'Aroffe	FRB1R505	Harmonville	B1R505			Bon état 2021	Bon état 2021
Le Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle	Le Brénon	FRCR267	Goviller	CR267			Bon état 2033	Bon état 2033

Indéterminé Etat chimique indéterminé Bon Etat chimique bon Mauvais Etat chimique mauvais

Version mise à jour en août 2022

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0189-D

Figure 5-88 État chimique des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV – Source SDAGE Seine-Normandie – SDAGE Rhin-Meuse, État des lieux 2019 (74-78)

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station national	État Écologique	Objectifs SDAGE 2022-2027
					Etat des lieux 2019	
L'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus)	Le Meldançon	FRHR24	Balignicourt	HR24		Bon état pour 2027
Le Meldançon de sa source au confluent de l'Aube (exclu)	Le Meldançon	FRHR27	Balignicourt		Etat global	Sans objet
La Voire de sa source au confluent de la Héronne	La Voire	FRHR19	Droyes	HG19	Etat global	Bon état pour 2027
			Planrupt			
La Voire du confluent de la Héronne au confluent de l'Aube	La Voire	FRHR21			Etat global	Objectif moins strict pour 2027
La Blaise de sa source au confluent du Blaiseron (exclu)	La Blaise	FRHR114			Etat global	Bon état depuis 2015
La Blaise du confluent du Blaiseron (exclu) au confluent du ruisseau de Prêle (inclu)	La Blaise	FRHR116			Etat global	Bon état pour 2027
La Blaise du confluent du ruisseau de Prêle (exclu) au confluent de la Marne (exclu)	La Blaise	FRHR117	Wassy	HR117	Etat global	Bon état pour 2027

Bassin versant	Cours d'eau	Code Sandre de la masse d'eau	Commune	Code Station national	Etat écologique	Objectifs SDAGE 2022-2027
					Etat des lieux 2019	
La Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe	La Meuse	FRB1R472	Brixey-aux-Chanoines	B1R472	Biologie Param. Généraux Etat global	Bon état 2015
L'Aroffe	L'Aroffe	FRB1R505	Harmonville	B1R505	Biologie Param. Généraux Etat global	Bon état 2021
Le Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle	Le Brénon	FRCR267	Goviller	CR267	Biologie Param. Généraux Etat global	Objectif moins strict pour 2027

Indéterminé	Etat écologique indéterminé	Bon	Etat écologique bon	Médiocre	Etat écologique médiocre
Très bon	Etat écologique très bon	Moyen	Etat écologique moyen	Mauvais	Etat écologique mauvais

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0190-D

Version mise à jour en aout 2022

Figure 5-89 État écologique des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV – Source SDAGE Seine-Normandie – SDAGE Rhin-Meuse, État des lieux 2019 (74-78)

5.4.4.2 Caractéristiques radiologiques

5.4.4.2.1 Contexte réglementaire

Il n'existe pas de texte réglementaire fixant des limites de radioactivité dans l'environnement ou dans les ressources en eaux destinées à la consommation humaine (eaux de surface ou eaux brutes).

Des niveaux de référence, issus de l'arrêté du 11 janvier 2007 (91) relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, référencé à l'article R. 1321-3 du code de la santé publique, sont utilisés à titre indicatif pour les paramètres suivants : activité alpha et bêta globale, dose totale indicative (DTI) et tritium. Ces niveaux sont présentés à titre indicatif pour disposer d'un repère (cf. Tableau 5-44).

Tableau 5-44 Valeur indicative des niveaux de radioactivité de référence dans les eaux destinées à la consommation humaine

Paramètres	Références de qualité déclenchant la réalisation d'analyses complémentaires	Unités
Activité alpha globale.	0,1	$Bq.L^{-1}$
Activité bêta globale résiduelle.	1	$Bq.L^{-1}$
Dose totale indicative (DTI).	0,10	$mSv.an^{-1}$
Tritium	100	$Bq.L^{-1}$

5.4.4.2.2 État radiologique des eaux superficielles

Plusieurs campagnes de prélèvements et mesures ont permis d'établir l'état initial radiologique des eaux superficielles. En 2007-2008 puis en 2016-2017, des campagnes de mesures ont été réalisées par le laboratoire SUBATECH sur les eaux de surface.

Les résultats de ces campagnes sont inférieurs aux limites de détection des appareils utilisés lors des analyses pour les paramètres suivants :

- ^{137}Cs : valeurs inférieures à 0,032 Bq/L ;
- ^{3}H : valeurs inférieures à 5,4 Bq/L ;
- ^{14}C : valeurs inférieures à 3,7 Bq/L.

Les résultats des mesures des niveaux de radioactivité bêta et alpha global sont présentés dans le tableau 5-45 ci-après.

Tableau 5-45 Niveaux de radioactivité dans les eaux superficielles

Ruisseau	Localisation de la station	Alpha global $Bq.L^{-1}$	Bêta global $Bq.L^{-1}$
Saulx	Ménil-sur-Saulx (2007)	0,025 ± 0,022	0,069 ± 0,038
	Montiers-sur-Saulx (2016)	<0,019*	0,042 ± 0,035
Orge	Couvertpuis (2007)	<0,03*	0,07 ± 0,038
	Biencourt-sur-Orge (2016)	0,041 ± 0,026	< 0,040
Ormançon	Saint-Joire (2007)	0,041 ± 0,025	0,049 ± 0,04
	Saint-Joire (2016)	0,061 ± 0,025	0,066 ± 0,04
Ornain	Houdelaincourt (2016)	0,022 ± 0.020	0,055 ± 0,035

** Seuil de détection*

Ainsi, la radioactivité des eaux superficielles de l'aire d'étude rapprochée est très faible et à des niveaux cohérents avec le bruit de fond attendu.

La stabilité des niveaux de radioactivité observés sur les différentes campagnes reflète l'absence de variabilité imputable aux conditions de débit dans les cours d'eau, aux conditions météorologiques ou à des apports issus de rejets radioactifs (liquides ou atmosphériques).

5.4.4.2.3 État radiologique du milieu aquatique

En 2012-2013, dans le cadre d'un partenariat, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a réalisé un état initial du milieu aquatique.

Pour plusieurs paramètres radiologiques, des mesures sur des sédiments et des bio-indicateurs (végétaux aquatiques, mousses, etc.) ont également été effectuées (cf. Tableau 5-46) afin d'identifier l'éventuelle présence de tritium et de ^{14}C, non détectable dans les eaux superficielles.

Tableau 5-46 Niveaux de radioactivité mesurés en tritium (3H) et carbone 14 (14C) dans les bio-indicateurs aquatiques

Masse d'eau	Bio-indicateur	Localisation	^{3}H Bq/kg sec	^{14}C Bq/kg de carbone
Ornain	Sédiment	Houdelaincourt	0,118 ± 0,0006	203,2 ± 1,7
	Plantes aquatiques	Tréveray	0,6 ± 0,4	202 ± 14
	Poissons	Houdelaincourt	<0,6	212 ± 14
Saulx	Plantes aquatiques	Ménil-sur-Saulx	0,7 ± 0,4	209 ± 14
	Poissons	Montiers-sur-Saulx	1,1 ± 0,7	214 ± 14

Pour rappel le tritium, dans l'environnement, peut avoir deux origines, à la fois naturelle (lié à l'interaction des rayonnements cosmiques avec certains éléments stables de l'atmosphère) et artificielle. Les valeurs mesurées sur

le milieu aquatique sont représentatives d'une origine naturelle du tritium en dehors de tout apport industriel ou expérimental.

Les niveaux de ^{14}C et de tritium sont dans les gammes de valeurs représentatives d'un environnement non soumis aux rejets d'installations nucléaires.

Les résultats des mesures d'isotopie des éléments radioactifs naturels sur les bio-indicateurs montrent un rapport isotopique $^{235}U/^{238}U$ constant sur les sédiments, plantes aquatiques et mousses d'environ 0,72 représentatif de l'uranium naturel.

Le ^{232}Th, élément présent naturellement dans les roches continentales, est observé dans la majorité des échantillons de sédiments. La radioactivité mesurée est cohérente avec les niveaux naturels français attendus.

La radioactivité des eaux superficielles et du milieu aquatique associé dans l'aire d'étude rapprochée est très faible, à des niveaux cohérents avec le bruit de fond attendu dans des zones à l'écart des activités nucléaires actuelles.

5.4.4.3 Niveau d'enjeu qualitatif des eaux superficielles

L'enjeu qualitatif des eaux superficielles est donc :

- faible pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu), du fait de la localisation des cours d'eau en dehors de l'aire d'étude immédiate malgré un bon état chimique et écologique ;
- fort pour le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) du fait des cours d'eau de ce sous-secteur actuellement concernés par une dégradation de la qualité chimique et écologique et de la non entrave aux objectifs de bon état du SDAGE fixés à 2021, 2027 ou 2033. L'état écologique de la Saulx est globalement plus dégradé que celui des autres cours d'eau ;
- fort pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu) du fait des cours d'eau de ce sous-secteur globalement de bonne qualité et de la nécessité de préserver les capacités d'accueil actuelles du milieu ;
- fort pour les sous-secteurs de la ligne 400 kV du fait, selon les cours d'eau, de la nécessité de préserver les capacités d'accueil actuelles du milieu ou de la non entrave aux objectifs de bon état du SDAGE.

5.4.5 Utilisation des eaux superficielles

Le recensement des usages des eaux superficielles dans l'aire d'étude éloignée consiste à rechercher :

- les points d'alimentation à usage alimentaire collectif ou individuel ;
- les points d'alimentation à usage agricole, pour des activités d'élevage ou d'abreuvement d'éventuels troupeaux (pâturage) ;
- les points d'alimentation à usage industriel ;
- les cours d'eau et plans d'eau utilisés dans le cadre des loisirs (pêche, baignade).

Pour préciser certains usages, une enquête a été menée au sein de l'aire d'étude immédiate.

Ces usages illustrent une partie des services écosystémiques rendus par les écosystèmes aquatiques, qu'ils concernent la production de biens (alimentation en eau, acticité aquacole...) ou de services socio-culturels (baignade, pêche...).

5.4.5.1 Prélèvement d'eaux superficielles pour des usages alimentaires

Il n'existe pas sur l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo, ni dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV de prélèvement déclaré d'eau superficielle pour des usages alimentaires (alimentation en eau potable des collectivités). Les débits et qualité des eaux superficielles ne sont d'ailleurs pas favorables à un tel usage.

5.4.5.2 Prélèvements d'eaux superficielles pour des usages agricoles

Il n'existe pas sur l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo de prélèvement déclaré d'eau superficielle pour des usages agricoles (cultures irriguées, hormis éventuellement prairies et jardins familiaux, abreuvement des troupeaux...). En revanche, les rives des cours d'eau sont majoritairement accessibles au bétail pour abreuvage notamment l'Orge, La Bureau et l'Ormançon.

Du côté de la Marne, des prélèvements agricoles sont possibles en période de sécheresse mais en dessous des seuils administratifs de déclaration.

5.4.5.3 Prélèvements d'eaux superficielles pour des usages industriels

5.4.5.3.1 Bassin versant de La Marne

Des captages d'eau superficielle sont répertoriés dans la base nationale des prélèvements d'eau (données 2019, BNPE). Ils sont listés dans le tableau 5-47.

Tableau 5-47 Liste des établissements industriels prélevant de l'eau dans l'aire d'étude éloignée (Source BNPE, 2019)

Commune	Aire d'études	Position hydrologique de l'activité/au projet global Cigéo	Bénéficiaire
Ancerville	Éloignée	Aval par rapport au projet global	La Meusienne Aniq.
Bayard-sur-Marne	Éloignée	Aval par rapport au projet global	Saint-Gobain PAM
Saint-Dizier	Éloignée	Aval par rapport au projet global	Arcelormittal Wire France

Au niveau de Rupt-aux-Nonains :

- il existait jusqu'en 2015 une pisciculture dédiée à l'élevage de truites et localisée en aval hydraulique du projet global Cigéo. L'activité n'est pas réputée avoir été reprise à la date de rédaction de la présente étude d'impact ;
- se trouve une exploitation de salmoniculture localisée en aval hydraulique du projet global Cigéo.

Au niveau de Thonnance-lès-Joinville, se trouve l'exploitation d'une astaciculture dédiée à l'élevage d'écrevisses et pour laquelle l'exploitant utilise une partie du débit des sources dans les alluvions du ruisseau du Mont (prélèvement et rejet). L'ensemble des établissements de pisciculture, salmoniculture ou astaciculture dans l'aire d'étude éloignée figure dans le tableau 5-48.

Tableau 5-48 Liste des établissements de pisciculture ou astaciculture dans l'aire d'étude éloignée

Commune	Aire d'études	Position hydrologique de l'activité/au projet global Cigéo	Désignation
Rupt-aux-Nonains	Éloignée	Aval par rapport au projet global	Salmoniculture de la Saulx : activité en cours
Thonnance-Lès-Joinville	Éloignée	Non concerné par le projet global Cigéo	Astaciculture du Moulin : activité en cours

Le canal dit entre Champagne et Bourgogne relie les vallées de la Marne et de la Saône. Il est navigable, et plusieurs prélèvements sont répertoriés pour la bonne marche du canal. Ce canal est géré par VNF (Voies navigables de France).

Tableau 5-49 Prélèvements d'eau lié au canal entre Champagne et Bourgogne (source BNPE, données 2019)

Nom de l'ouvrage	Code de l'ouvrage	Commune	Usage	Aire d'étude concernée
VNF	OPR0000199538	Chamouilley	Alimentation du canal	Éloignée
VNF	OPR0000199537	Fontaines-sur-Marne	Alimentation du canal	Éloignée
VNF	OPR0000199536	Vecqueville	Alimentation du canal	Éloignée

5.4.5.3.2 Bassin versant de La Saulx

Les ruisseaux de l'Orge et de La Bureau ne sont pas pérennes et présentent des assecs réguliers qui ne sont pas compatibles avec des usages industriels.

5.4.5.3.3 Bassin versant de l'Ornain

L'Ormançon n'est pas pérenne et présente des assecs réguliers qui ne sont pas compatibles avec des usages industriels.

À Gondrecourt-le-Château, la pisciculture du Vaucheron (élevage de truites) utilise l'eau d'une source de 250 l/s présente sur le site. Les eaux sortent de l'exploitation pour rejoindre l'Ornain. Cette pisciculture se situe dans l'aire d'étude immédiate, en aval par rapport à la ligne 027000.

L'Ornain alimente le Canal de la Marne au Rhin grâce à plusieurs prises d'eau gérées par VNF (Voies navigables de France). L'ensemble des prélèvements déclarés sur le site de la banque nationale des prélèvements en eau (BNPE) est listé dans le tableau 5-48.

Tableau 5-50 Liste des usages des prélèvements en eau réalisés sur l'Ornain

Nom de l'ouvrage	Code de l'ouvrage	Commune	Usage	Aire d'étude concernée
Les électricités du Granit des Forges	OPR0000199541	Abainville	Barrages hydro-électriques - force motrice	Immédiate
VNF	OPR0000199523	Houdelaincourt	Alimentation du canal	Immédiate
VNF	OPR0000199521	Naix-au-Forges	Alimentation du canal	Immédiate
VNF	OPR0000199522	Saint-Joire	Alimentation du canal	Immédiate
VNF	OPR0000199519	Bar-Le-Duc	Alimentation du canal	Éloignée
VNF	OPR0000199520	Tannois	Alimentation du canal	Éloignée

Les utilisations industrielles des eaux superficielles dans l'aire d'étude éloignée sont présentées sur la figure 5-90.

5.4.5.3.4 Bassins versants concernés par la ligne 400 kV

Les cours d'eau concernés par l'aire d'étude de la ligne 400 kV ne sont pas concernés par des prélèvements d'après la base de données du BNPE Eau France.

Deux prélèvements à usage industriel sur la commune de Rachecourt (en Haute-Marne), pour l'entreprise Arcelormittal et pour l'entreprise Lemesre Rachecourt (Barrage hydroélectrique) sont à noter.

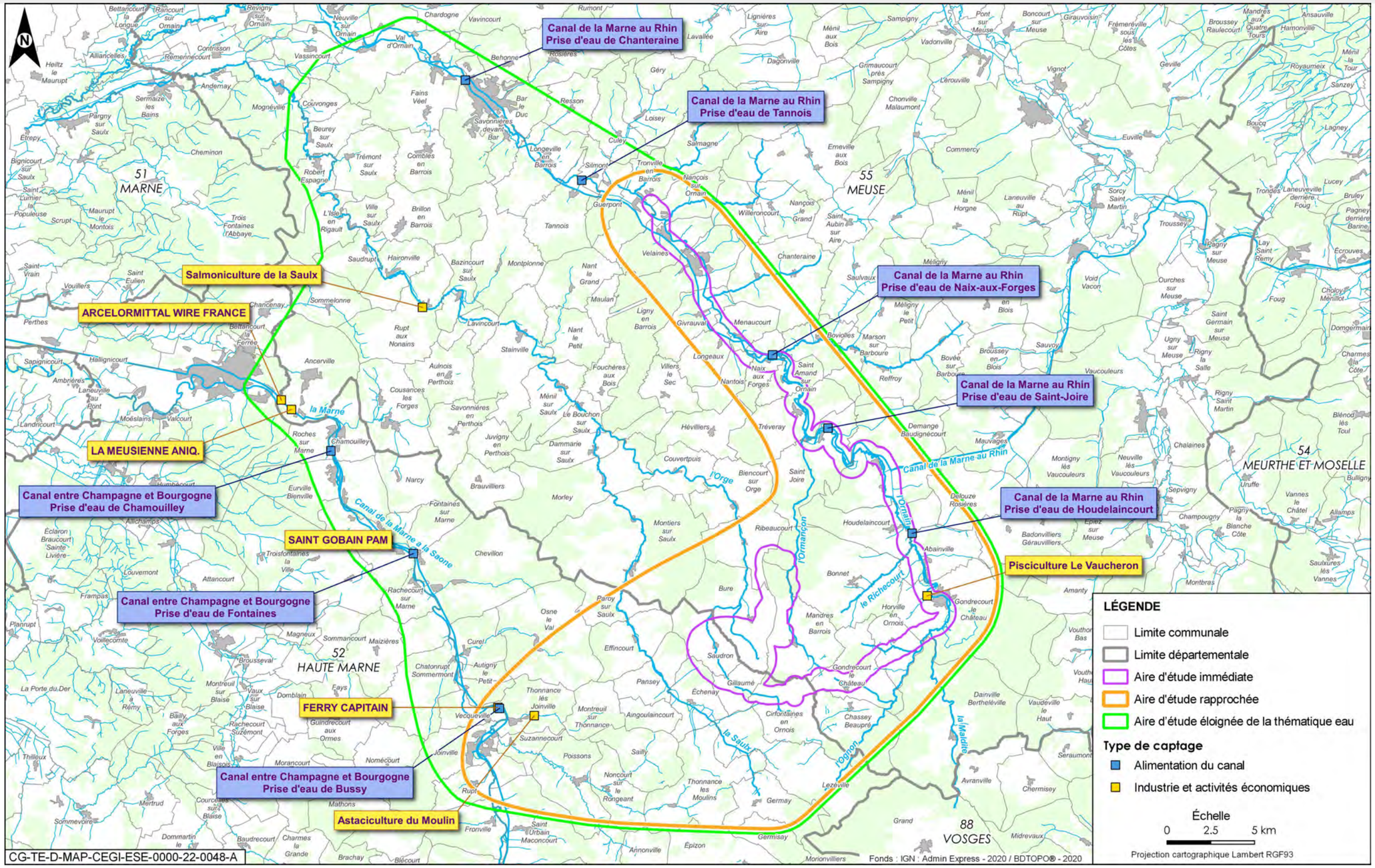


Figure 5-90 Prélèvements d'eaux superficielles pour des usages industriels dans l'aire d'étude éloignée

5.4.5.4 Usages à vocation de loisirs

5.4.5.4.1 Pêche

Certains cours d'eau ou portions de cours d'eau peuvent être utilisés pour la pêche.

Le classement piscicole des cours d'eaux, conformément au décret n° 58-873 du 16 septembre 1958, modifié le 26 décembre 1985 (122) déterminant le classement des cours d'eau en deux catégories (articles n° 53 pour la Haute-Marne et n° 56 pour La Meuse), est présenté dans le tableau 5-51 pour le bassin versant de La Marne, dans le tableau 5-52 pour le bassin versant de La Saulx et dans le tableau 5-53 pour le bassin versant de l'Ornain. Les autres cours d'eau concernés par la ligne 400 kV sont présentés dans le tableau 5-54 pour le bassin versant de l'Aube et dans le tableau 5-55 pour le bassin versant de la Meuse.

» CATÉGORIE PISCICOLE

La catégorie piscicole correspond à un classement juridique des cours d'eau selon les groupes de poissons dominants. Un cours d'eau est déclaré de première catégorie lorsque le groupe dominant est constitué de salmonidés (rivières à truites) et de deuxième catégorie, lorsque le groupe dominant est constitué de cyprinidés (poissons blancs).

Tous les cours d'eau de l'aire d'étude éloignée sont concernés par des activités de pêche et sont essentiellement classés en première catégorie piscicole, exceptés la Marne à l'aval de Rachecourt-sur-Marne et la Meuse, classés en seconde catégorie piscicole.

L'Orge, l'Ormançon et La Bureau, bien que classés en première catégorie piscicole, sont des cours d'eau soumis à des assecs naturels, fréquents et durables sur toute ou partie de leurs cours et ne sont de fait pas propices au développement des caractéristiques écologiques répondant au classement par catégories piscicoles.

Les usages de l'eau pour les loisirs sur l'Orge et sur l'Ormançon sont uniquement liés à la pêche : la partie amont de l'Orge (à proximité de la source), est classée en seconde catégorie piscicole, puis en première catégorie. L'Ormançon est classé en première catégorie au titre de l'article L. 436-5 du code de l'environnement.

La Bureau ne présente aucun enjeu associé à la pratique de la pêche.

Tableau 5-51 Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par l'aire d'étude éloignée pour le bassin versant de La Marne

Cours d'eau	Catégorie piscicole
La Marne à l'amont de Rachecourt-sur-Marne	1
La Marne à l'aval de Rachecourt-sur-Marne	2
Le Rongeant	1
Le Mont	1
Le ru de Sommermont	1
L'Osne	1
Le Chevillon	1
La Cousance	1

Tableau 5-52 Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par l'aire d'étude éloignée pour le bassin versant de La Saulx

Cours d'eau	Catégorie piscicole
La Saulx	1
L'Orge	1(*)
La Bureau	1(*)

(*) Cette catégorie est attribuée par défaut aux affluents de la Saulx et de l'Ornain par le décret n° 58-873 du 16 septembre 1958 déterminant le classement des cours d'eau en deux catégories modifiées le 26 décembre 1985 (122). Dans la réalité, les cours d'eau soumis à des assecs naturels, fréquents et durables sur toute ou partie de leurs cours ne sont de fait pas propices au développement des caractéristiques écologiques répondant au classement par catégories piscicoles.

Tableau 5-53 Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par l'aire d'étude éloignée pour le bassin versant de l'Ornain

Cours d'eau	Catégorie piscicole
L'Ormançon	1(*)
Le ruisseau de l'Étang	1
Le ruisseau de Naillemont	1
L'Ognon	1
La Maldite	1
L'Ornain	1
Le Richecourt	1
Les Machères	1
Les Grandes Fontaines	1
La Barboure	1
Le Noitel	1
Le ru de Nant	1
Le Malval	1
Le Salmagne	1
Le Noitel	1

(*) Cette catégorie est attribuée par défaut aux affluents de la Saulx et de l'Ornain par le décret n° 58-873 du 16 septembre 1958 déterminant le classement des cours d'eau en deux catégories modifié le 26 décembre 1985 (122). Dans la réalité, les cours d'eau soumis à des assecs naturels, fréquents et durables sur toute ou partie de leurs cours ne sont de fait pas propices au développement des caractéristiques écologiques répondant au classement par catégories piscicoles.

Tableau 5-54 Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV pour le bassin versant de l'Aube

Cours d'eau	Catégorie piscicole
L'Aube	1
Le Meldançon	1
La Voire	1
La Blaise	1

Tableau 5-55 Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV pour le bassin versant de la Meuse

Cours d'eau	Catégorie piscicole
Le Ruisseau de la Fragne	1
La Noue de Burey	1
La Meuse	2
Le Ruisseau de la Rupe	1
L'Aroffe	1

L'aire d'étude rapprochée couvre le territoire de six AAPPMA (Association agréée de pêche et de protection du milieu aquatique) dont deux sur la Saulx et quatre sur l'Ornain, soit environ 700 pratiquants, l'association la plus importante étant celle de Ligny-en-Barrois qui comptabilisait 384 pratiquants en 2018. Le projet de sécurisation de la ligne 400 kV intègre deux AAPPMA supplémentaires dans le département de Haute-Marne pouvant potentiellement pêcher dans les cours d'eau concernés par l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

5.4.5.4.2 Baignade

Aucune zone de baignade réglementairement autorisée n'est recensée dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et le long de la ligne 400 kV.

Les zones de baignade les plus proches se trouvent à Favières, à environ 850 mètres au sud de la ligne 400 kV et à 33 km à l'est du projet global Cigéo, et à Wassy, à environ 3 km au sud de la ligne 400 kV et à 27 km à l'ouest du projet global Cigéo.

5.4.5.5 Classement des cours d'eau pour la continuité écologique

L'arrêté préfectoral du 4 décembre 2012, modifié le 7 mai 2017 (123), du Préfet coordinateur de bassin Seine-Normandie définit la liste des cours d'eau mentionnée au 1° et au 2° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement. Ainsi, deux listes de classements de cours d'eau ont été établies sur lesquels tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé selon les règles définies par l'autorité administrative, pour assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs :

- **liste 1 :** cours d'eau ou parties de cours d'eau ou canaux sur lesquels aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique ;
- **liste 2 :** cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux sur lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant au plus tard dans les cinq ans après publication de la liste.

Les cours d'eau dont les tronçons sont classés en liste 1 sur l'aire d'étude éloignée de la thématique eau sont (cf. Tableau 5-56) :

- pour le bassin versant de La Marne :
  - ✓ la Marne n'a aucun tronçon classé en liste 1 recensé dans l'aire d'étude éloignée ;
- pour le bassin versant de La Saulx :
  - ✓ le ruisseau de Montplonne de la limite amont du réservoir biologique : [RB_120-F5532000] ruisseau de Montplonne à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5--0200] La Saulx ;
  - ✓ le ruisseau de Beuse de la limite amont du réservoir biologique : [RB_121-F5542000] ruisseau de Beuse à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5--0200] La Saulx ;
- pour le bassin versant de l'Ornain :
  - ✓ l'Ormançon de sa source (dép. 55) à la limite du département : (dép. 55) ;
  - ✓ le ru de l'Ognon de la limite amont du réservoir biologique : [RB_122AF5610600_2] ruisseau l'Ognon à la limite du département : (dép. 55) ;
  - ✓ l'Ornain de la limite amont du réservoir biologique : [RB_122AF56-0400] rivière la Maldite à la limite du département : (dép. 55).

Les cours d'eau dont les tronçons sont classés en liste 2 sur l'aire d'étude éloignée du milieu physique sont (cf. Tableau 5-57) :

- pour le bassin versant de La Marne :
  - ✓ le Rongeant de sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F---0100] La Marne ;
  - ✓ le Tarnier de sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5210600] Le Rongeant ;
  - ✓ le Ru de sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F---0100] La Marne ;
- pour le bassin versant de la Saulx :
  - ✓ le ruisseau de Montplonne de sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5--0200] La Saulx ;
  - ✓ la Saulx de la confluence avec le cours d'eau : le ruisseau Saint Sébastien à la confluence avec le cours d'eau principal : [F---01100] La Marne ;
- pour le bassin versant de l'Ornain :
  - ✓ l'Ornain de la confluence avec le cours d'eau :le Naveton à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5—0200] La Saulx.

Les cours d'eau classés concernés par l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV sont :

- pour le bassin versant de la Seine-Normandie :
  - ✓ la Voire, classée en liste 1, au niveau de la commune de Droyes [F12-0400] ;
  - ✓ la Héronne, affluent de la Voire, classée en listes 1 et 2, au niveau des communes de Droyes et de Planrupt [F1230600] ;
  - ✓ la Blaise, classée en liste 2, au niveau des communes de Wassy et d'Attancourt [F53-0400] ;
  - ✓ la Marne, classée en liste 2, au niveau des communes de Rachecourt-sur-Marne et Chevillon [F-0100] ;
- pour le bassin versant Rhin – Meuse :
  - ✓ la Meuse, classée en liste 2, au niveau de la commune de Brixey-aux-Chanoines [B-1300000].

Les continuités écologiques de la sous-trame des milieux aquatiques issues du SRADDET sont présentées au chapitre 6.6.2 du présent volume de l'étude d'impact.

Tableau 5-56 Cours d'eau classés en liste 1

Cours d'eau	Ident Unique	Code Hydro	Commission territoriale	Portion classée	Bassin hydrographique	Enjeux de très bon état écologique (TBE)	Enjeu réservoir biologique	Liste réservoir biologique
La Cousance	398	F5270600	Vallées de Marne	De la limite amont du réservoir biologique : [RB-113AF5270600] ruisseau la Cousance à la limite du département : (dép. 55)	Marne-Blaise	Non	Oui	RB_113A-F5270600
L'Osne	459	F5230600	Vallées de Marne	De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F-0100] La Marne	Marne-Blaise	Non	Oui	RB_106B-F5230600
Ruisseau de Montplonne	231	F5532000	Vallées de Marne	De la limite amont du réservoir biologique : [RB-120-F5532000] ruisseau de Montplonne à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5-0200] La Saulx	Saulx & Ornain	Non	Oui	RB_120-F5532000
L'Ormançon	293	F 56 306 00	Vallées de Marne	De sa source (dép. 55) à la limite du département : (dép. 55)	Saulx & Ornain	Non	Oui	RB-122A-1
Ru de l'Ognon	339	F5610600	Vallées de Marne	De la limite amont du réservoir biologique : [RB-122AF5610600-2] ruisseau l'Ognon à la limite du département : (dép. 55)	Saulx & Ornain	Non	Oui	RB_120-F5532000
L'Ornain	399	F 56-0400	Vallées de Marne	De la limite amont du réservoir biologique : [RB-122AF56-0400] rivière la Maldite à la limite du département : (dép. 55)	Saulx & Ornain	Non	Oui	RB-122A-F56-0400
Ruisseau de Beuse	444	F5542000	Vallées de la Marne	De la limite amont du réservoir biologique : [RB_121-F5542000] ruisseau de beuse à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5--0200] La Saulx	Saulx & Ornain	Non	Oui	RB_121-F5542000
La Voire	18	F12-0400	Seine Amont	Du point géographique : Lentilles au point géographique : Rances	Aube	Non	Oui	RB_21_1
La Héronne	172	F1230600	Seine Amont	Du point géographique : Luvancourt à la confluence avec le cours d'eau principal : [F12-0400] La Voire (Luvancourt)	Aube	Non	Oui	RB_20

*Nota : **enjeu TBE** : enjeu de très bon état écologique ; **enjeu res. Biol** : enjeu de réservoir biologique*

Tableau 5-57 Cours d'eau classés en liste 2

Cours d'eau	Ident Unique	Code Hydro	Commission territoriale	Portion classée	Bassin hydrographique	Espèces cibles	Enjeu Migr amph.	Enjeu sédimentaire
Le Tarnier	112	F52140000	Vallées de la Marne	De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5210600] Le Rongeant	Marne Blaise	/	/	/
Le Ru	/	F52260000	Vallées de la Marne	De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F---0100] La Marne	Marne Blaise	/	/	/
Le Rongeant	230	F5210600	Vallées de Marne	De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F-0100] La Marne	Marne Blaise	Lamproie de Planer, Ombre, Truite fario	/	2 - faible
Ruisseau de Montplonne	231	F5532000	Vallées de Marne	De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5-0200] La Saulx	Saulx & Ornain	Truite fario	/	2 - faible
La Saulx	35	F5--0200	Vallées de la Marne	De la confluence avec le cours d'eau : le ruisseau Saint Sébastien à la confluence avec le cours d'eau principal : [F---01100] La Marne	Saulx & Ornain	Anguille, Chabot, Ombre, Spirlin, Truite fario, Vandoise	Oui	2 - faible
L'Ornain	125	F56-0400	Vallées de la Marne	De la confluence avec le cours d'eau : le Naveton à la confluence avec le cours d'eau principal : [F5—0200] La Saulx	Saulx & Ornain	Anguille, Chabot, Hotu, Lote, Ombre, Spirlin, Truite fario, Vandoise	Oui	2 - faible
La Héronne	172	F1230600	Seine Amont	De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal : [F12-0400] La Voire	Aube	Anguille, Brochet, Lote	Oui	1 – sans objet immédiat
La Blaise	657	H41-0410	Seine Aval	De la limite amont du réservoir biologique RB_251A_2 à la confluence avec le cours d'eau principal : [H4--0200] L'Eure	Blaise	/	/	1 – sans objet immédiat
La Marne	161	F-0100	Vallées de Marne	De la confluence avec le cours d'eau : le Rognon à la limite du département : (dép. 51)	Marne Vignoble	Anguille, Brochet, Hotu, Ombre, Truite fario, Vandoise	Oui	2 - faible
La Meuse	/	B-1300000	/	De la frontière départementale entre les départements de la Meuse et des Vosges jusqu'à la confluence avec la Scance	Rhin Meuse	Anguille, Bouvière, Brochet, Hotu, Vandoise, Truite fario, Loche de rivière, Loche franche, Lote, Lamproie de Planer	/	/

*Nota : **enjeu TBE** : enjeu de très bon état écologique ; **enjeu res. Biol** : enjeu de réservoir biologique*

5.4.5.6 Niveau d'enjeu sur les usages des eaux superficielles

L'enjeu sur les usages des eaux superficielles est donc :

- fort pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) du fait de plusieurs prélèvements d'eaux superficielles pour des usages industriels ;
- modéré pour le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu) du fait de l'importante activité de pêche et de l'absence d'utilisation des cours d'eau pour des usages alimentaires, agricoles et industriels ;
- fort pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu) du fait de plusieurs prélèvements d'eaux superficielles pour des usages industriels ;
- faible pour les sous-secteurs de la ligne 400 kV du fait de l'importante activité de pêche et de l'absence d'utilisation des cours d'eau concernés par l'aire d'étude de la ligne 400 kV pour des usages alimentaires, agricoles et industriels.

5.4.6 Risques d'inondation

Ce chapitre décrit les risques naturels liés aux inondations à partir du recensement dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV, de différentes procédures administratives traitant de ce sujet et définissant des contraintes réglementaires, notamment sur l'aménagement et l'urbanisme d'une zone et sur la constructibilité d'un terrain sujet à des inondations.

En complément, des simulations hydrologiques et hydrauliques ont également été menées pour les cours d'eau de l'Orge, la Bureau et l'Ormançon.

INONDATION

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'un territoire, pour ce qui concerne l'aire d'étude au-delà du lit habituel d'un cours d'eau, et avec des hauteurs d'eau variables. Elle se caractérise par une augmentation du débit du cours d'eau et par une élévation de la hauteur d'eau. Elle est généralement provoquée par des pluies importantes et durables ou des pluies exceptionnelles à caractères orageux plus brèves et plus intenses sur tout ou partie du bassin versant du cours d'eau considéré. Les écosystèmes présents dans le bassin versant influencent l'importance d'une inondation au travers le service de régulation des débits d'eau (service écosystémique de régulation des crues et des étiages).

5.4.6.1 Politique française en matière de risques naturels d'inondation

Particulièrement exposée aux risques naturels d'inondation, la France s'est dotée en 2014 d'une stratégie nationale de gestion des risques d'inondation qui vise à assurer la cohérence des actions menées sur le territoire, et de plans, de cartographies, en déclinaison de la directive européenne, dite « Directive Inondation » du 23 octobre 2007 (124). Celle-ci vise à réduire les conséquences négatives sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique liées aux inondations en établissant un cadre pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation. Elle a été transposée en droit français en 2010 et 2011.

La méthodologie pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation issue de la directive inondation comporte en trois étapes successives, renouvelables par cycle de six ans au niveau de chaque district hydrographique (14 en France dont l'outre-mer) :

- évaluation préliminaire des risques (EPRI), conduisant au recensement d'évènements historiques marquants et à la production d'indicateurs caractérisant les enjeux à l'échelle du bassin, notamment sur la population et les emplois exposés. L'EPRI conduit au choix des territoires à risques importants d'inondation (TRI) ;
- cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation sur les TRI ;
- plans de gestion des risques d'inondation (PGRI), en déclinaison de la stratégie nationale, sur la base de l'EPRI et des cartographies effectuées sur les TRI. Ces PGRI sont déclinés au niveau local sur chaque TRI par une stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI). Les PGRI du premier cycle (2011-2016) ont été arrêtés par les préfets coordonnateurs de bassin en décembre 2015. La grande majorité des stratégies locales a été élaborée.

En outre, chaque SLGRI définit les objectifs pour réduire les incidences négatives des inondations sur le TRI, en cohérence avec le PGRI. Les stratégies sont élaborées et mises en œuvre sous l'impulsion d'une ou plusieurs collectivités, en lien avec l'État et en concertation avec les acteurs locaux. Elles ont vocation à être mises en œuvre de façon privilégiée par un ou des programmes d'action et de prévention des inondations (PAPI). Les PAPI sont des outils opérationnels de contractualisation entre l'État et les collectivités, portés par les collectivités territoriales ou leurs groupements.

Concernant les TRI, une cartographie des risques est ainsi réalisée sur chaque TRI et arrêtée par le préfet coordonnateur de bassin. Une fois le TRI identifié et analysé au regard des risques d'inondation, l'étape suivante consiste à mettre en place une gestion ciblée des risques auxquels il est soumis pour anticiper et réduire l'impact des crises.

Par ailleurs, le PGRI est élaboré en lien étroit avec la révision du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Ce plan est opposable aux documents d'urbanisme, aux autorisations dans le domaine de l'eau et aux plans de prévention des risques inondation (PPRI) qui devront être compatibles ou rendus compatibles.

Les plans de préventions des risques inondation (PPRI) constituent l'un des principaux outils de la prévention du risque inondation. Ils ont pour objet principal de réglementer le développement de l'urbanisation dans les zones à risque. Le PPRI délimite des zones d'exposition au risque dans lesquelles il réglemente les possibilités de construction ou d'aménagements. Il participe également à la réduction de la vulnérabilité en délimitant des mesures de prévention, de protection ou de sauvegarde des biens existants.

Les documents d'urbanisme approuvés ou révisés après l'approbation du PGRI doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du PGRI (SCoT, PLU, PLUi). Les SRADDET doivent également être compatibles avec le PGRI.

Les inondations peuvent se traduire par :

- le débordement direct d'un cours d'eau ;
- le débordement indirect à la suite de la remontée des nappes souterraines ou aux refoulements d'eau dans les réseaux d'assainissement (cf. Chapitre 5.3.5 du présent volume).

5.4.6.2 Atlas des zones inondables (AZI)

ATLAS DES ZONES INONDABLES (AZI)

Les atlas des zones inondables sont des documents cartographiques de connaissance et d'information sur les zones inondables par débordement de cours d'eau.

Élaborés par les services de l'État au niveau de chaque bassin hydrographique, les atlas des zones inondables ont pour objet de rappeler l'existence et les conséquences des événements historiques et de montrer les caractéristiques des aléas pour la crue de référence choisie, qui est la plus forte crue connue, ou la crue centennale si celle-ci est supérieure.

L'atlas des zones inondables n'a pas de caractère réglementaire. Il constitue néanmoins un élément de référence pour l'élaboration des plans de prévention des risques naturels prévisibles et l'information préventive des citoyens sur les risques majeurs.

Dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et dans l'aire d'étude de la ligne 400 kV, les cours d'eau étudiés référencés dans l'Atlas des zones inondables sont :

- la Marne :

  L'atlas des zones inondables de Champagne-Ardenne (DIREN, 2008) indique que la Marne dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et au droit du passage de la ligne électrique 400 kV, est concernée par une cartographie des PHEC (Plus Hautes Eaux Connues) (125) ;
- la Blaise :

La Blaise, au droit du passage de la ligne électrique 400 kV, est concernée par l'atlas des zones inondables de Champagne Ardenne (125) mais est dépourvue de plan de prévention des risques inondation au droit du franchissement de la zone par la ligne 400 kV ; cependant deux pylônes se situent en zone d'aléa faible (cf. Figure 5-91) ;

- la Saulx et son affluent l'Orge :

  Dans l'aire d'étude éloignée, l'atlas des zones inondables de Lorraine/Bassin Rhin-Meuse issu de Géorisques couvre l'Orge depuis l'extrême nord de la commune de Saudron jusqu'à sa confluence avec la Saulx. La zone inondable représentée correspond à la zone maximale inondable définie par l'étude des hydrosystèmes fluviatiles. La zone délimitée regroupe le lit mineur, le lit majeur et le lit majeur exceptionnel du cours d'eau. Elle correspond au champ d'inondation des crues exceptionnelles ;

- l'Ornain :

  La cartographie de l'atlas des zones inondables de Lorraine et de la circonscription administrative Bassin Rhin-Meuse issue de Géorisques indique que l'aire d'étude immédiate inclut une zone à risque de crue avec la crue centennale modélisée le long de l'Ornain sur les communes de Demange-Baudignécourt, Saint-Joire et Tréveray, communes à l'aval des différentes opérations du projet global Cigéo. Celle-ci représente la zone exposée à la crue théorique calculée à partir de l'analyse des crues passées et qui a une chance sur cent de se produire chaque année ;

- la Meuse :

  La ligne 400 kV traverse le cours d'eau Meuse doté d'un atlas des zones inondables au droit de la commune de Goussaincourt. Le zonage concerné par la ligne 400 kV correspond aux inondations par les crues centennales et historiques.

Les différents zonages issus des atlas des zones inondables sont présentés sur la figure 5-92.

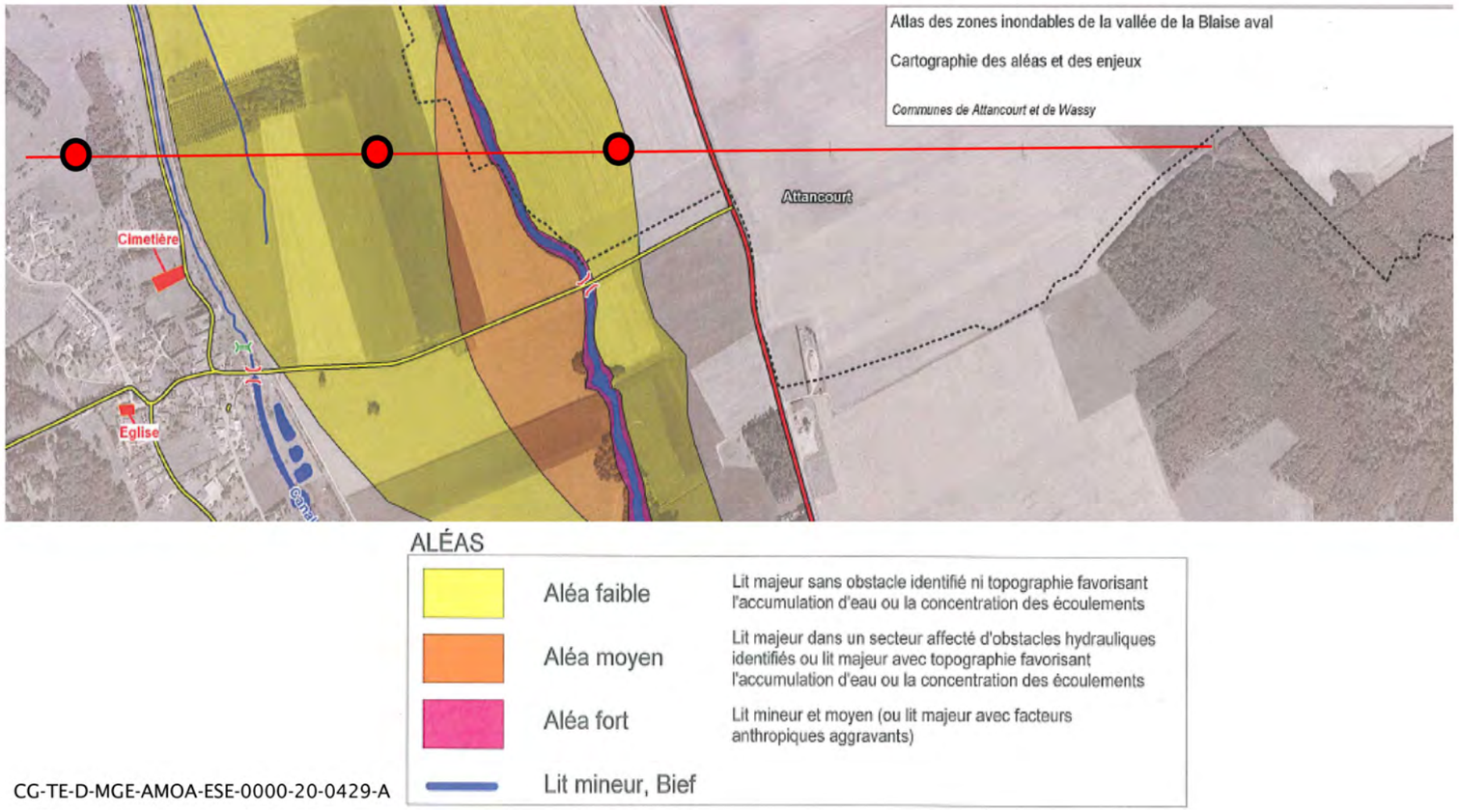


Figure 5-91 Localisation de la ligne 400 kV dans la vallée de la Blaise (Source : RTE, juin 2020)

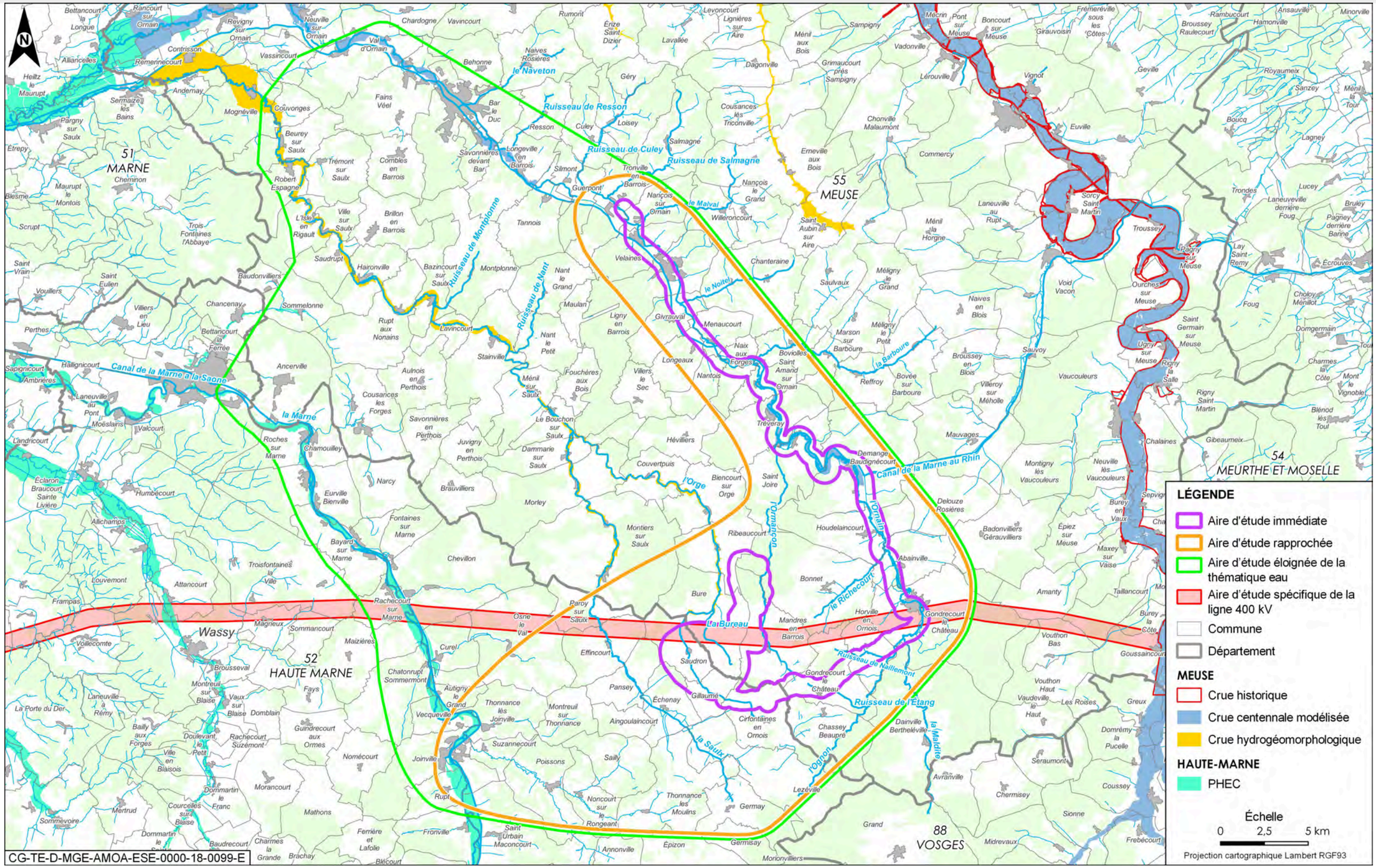


Figure 5-92 Atlas des zones inondables (source : DIREN, 2008 (125))

5.4.6.3 Plan de prévention des risques d'inondation (PPRI)

PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES INONDATION (PPRI)

Le Plan de prévention du risque inondation (PPRI) est un outil de gestion des risques qui vise à maîtriser l'urbanisation en zone inondable afin de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes.

Le plan de prévention du risque inondation a pour objectifs :

- l'identification des zones à risque et du niveau d'aléa. Le zonage réglementaire traduit graphiquement cette notion de risque ;
- l'interdiction de toute nouvelle construction dans les zones d'aléas les plus forts ;
- la réduction de la vulnérabilité de l'existant et des constructions futures ;
- la préservation des zones d'expansion de crue afin de ne pas aggraver le risque.

L'aire d'étude éloignée du milieu physique est concernée par trois plans de prévention du risque inondation présentés sur la figure 5-93 :

- le plan de prévention du risque inondation de la Marne moyenne ;
- le plan de prévention du risque inondation des vallées de la Saulx et de l'Orge ;
- le plan de prévention du risque inondation de l'Ornain.

5.4.6.3.1 Plan de prévention du risque inondation de la Marne moyenne de Donjeux à Saint-Dizier

Le Plan de prévention du risque inondation de la Marne moyenne a été approuvé le 14 janvier 2014 (126).

Établies le long de la Marne, les zones règlementées indiquées dans ce Plan de prévention du risque inondation sont incluses dans l'aire d'étude éloignée mais pas à proximité des installations du projet global Cigéo, sauf en ce qui concerne la ligne 400 kV sur les communes de Rachecourt-sur-Marne, Chevillon et Curel.

5.4.6.3.2 Plan de prévention du risque inondation sur les vallées de la Saulx et de l'Orge

Approuvé le 29 juin 2018, ce Plan de prévention du risque inondation concerne le territoire des communes de Biencourt-sur-Orge, Bazincourt-sur-Saulx, Couvertpuis, Dammarie-sur-Saulx, Lavincourt, Le Bouchon-sur-Saulx, Ménil-sur-Saulx, Montiers-sur-Saulx, Morley, Ribeaucourt, Rupt-aux-Nonains et Stainville (127).

Ce Plan de prévention du risque inondation se situe le long de l'Orge, à l'aval de la zone descenderie et au droit de la zone puits, à l'ouest. Il inclut le risque de remontée de nappe d'eau souterraine.

Ce Plan de prévention du risque inondation ne concerne pas l'aire d'étude immédiate. Il est compris en grande partie dans l'aire d'étude éloignée et partiellement dans l'aire d'étude rapprochée.

Aucune installation du projet global Cigéo n'est concernée par les zonages règlementaires. Toutefois, les installations du centre de stockage Cigéo étant situées à l'amont du plan de prévention du risque inondation, l'enjeu consistera à contribuer à la maitrise des risques inondations à l'aval du projet.

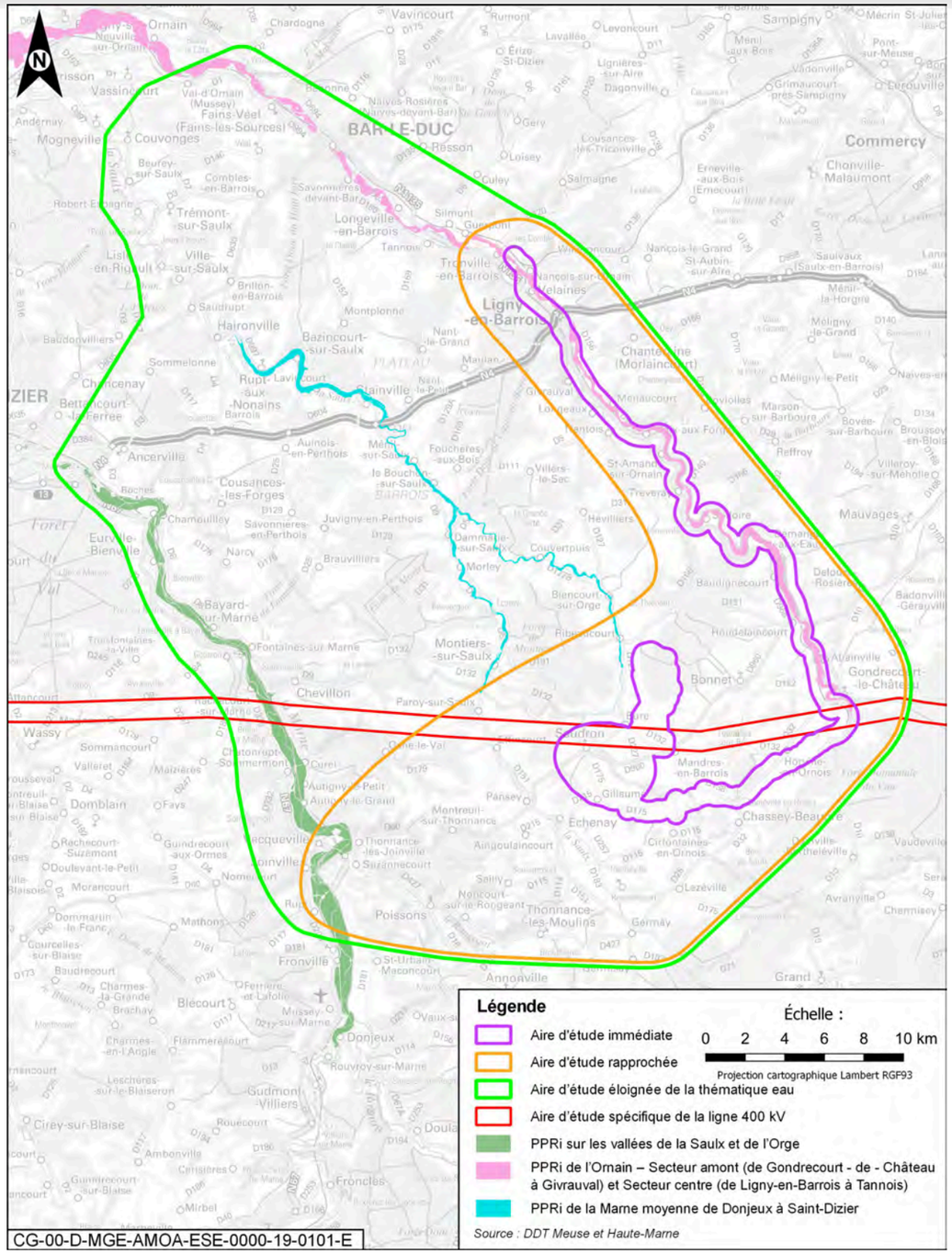


Figure 5-93 *Plan de prévention des risques inondation recensés dans l'aire d'étude éloignée (sources : DDT Meuse* et Haute-Marne)

5.4.6.3.3 Plan de prévention du risque inondation de l'Ornain – Secteur amont (de Gondrecourt-le-Château à Givrauval), secteur centre (de Ligny-en-Barrois à Tannois) et secteur aval (de Longeville-en-Ornois à Val d'Ornain)

Ce plan de prévention du risque inondation (128), approuvé le 16 avril 2010, est présent dans l'aire d'étude immédiate sur les communes d'Abainville, d'Houdelaincourt, de Demange-Baudignecourt, de Gondrecourt-le-Château, de Saint-Joire, de Longeaux, de Givrauval, de Ligny-en-Barrois, de Velaines, de Tronville-en-Barrois et de Nançois-sur-Ornain. Il concerne l'opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000.

La figure 5-96 et la figure 5-96 présentent les trois zonages en vigueur dans le plan de prévention du risque inondation de l'Ornain (secteur amont et secteur centre dans l'aire d'étude immédiate). Le secteur aval du plan de prévention du risque inondation de l'Ornain est présent dans l'aire d'étude éloignée de la thématique eau, entre les communes de Longeville-en-Ornois et Val d'Ornain.

Les trois zonages correspondent aux :

- **zone urbanisée soumise aux aléas les plus forts :**

  Concerne les secteurs bâtis et les terrains constructibles où les hauteurs d'eau et les vitesses atteintes par la crue de référence centennale sont supérieures aux valeurs seuils de l'aléa fort définies plus haut. Les nouvelles constructions sont interdites. Seules les « dents creuses » situées dans les centres urbains denses ou historiques peuvent être construites tout en respectant des prescriptions constructives pour assurer la sécurité des personnes et des biens ;

- **zone urbanisée soumise à des aléas faibles à modérés :**

  Concerne les secteurs bâtis et les terrains constructibles où les hauteurs d'eau et les vitesses atteintes par la crue de référence centennale sont plus faibles et ne remettent pas en cause la sécurité des personnes. Les constructions nouvelles sont autorisées et devront tenir compte d'un certain nombre de prescriptions constructives ;

- **zone non urbanisée – zone d'expansion de crue :**

  Concerne les zones naturelles et les terrains à vocation agricole situés dans le champ d'inondation de la crue de référence centennale susceptibles de stocker des volumes d'eau importants. Toutes les nouvelles constructions y sont interdites indépendamment des niveaux d'aléa observés à l'exception de certaines constructions à usage agricole respectant les prescriptions constructives permettant d'assurer la protection des biens exposés.

Le fond de vallée de l'Ornain à partir de Gondrecourt-le-Château et en aval est intégré dans ce plan de prévention du risque inondation.

La ligne ferroviaire 027000, antérieure à la réalisation du plan de prévention du risque inondation, est installée sur une plateforme au-dessus du terrain naturel. Elle traverse des zones d'expansion des crues mais est exclue des zones à risque. Les plus hautes eaux connues (PHEC) indiquent que l'installation terminale embranchée se situe en dehors des zones inondables.

La zone d'intervention potentielle associée à la plateforme logistique de l'installation terminale embranchée, localisée à Gondrecourt-le-Château, est en dehors des zones inondables et donc en dehors du plan de prévention du risque d'inondation de l'Ornain.

5.4.6.3.4 Cas particulier de la ligne 400 kV

Au niveau de l'aire d'étude de la ligne 400 kV, les plans de prévention des risques d'inondation recensés sont d'ouest en est :

- au droit de la traversée de la ligne de la vallée de la Marne dans le département de la Haute-Marne par le Plan de prévention des risques d'inondation de la Marne moyenne de Donjeux à Saint-Dizier (arrêté interpréfectoral n° 664 du 14 janvier 2014 (129)) sur les communes de Rachecourt-sur-Marne, Chevillon et Curel mais aucun pylône existant n'est situé en zone inondable ;

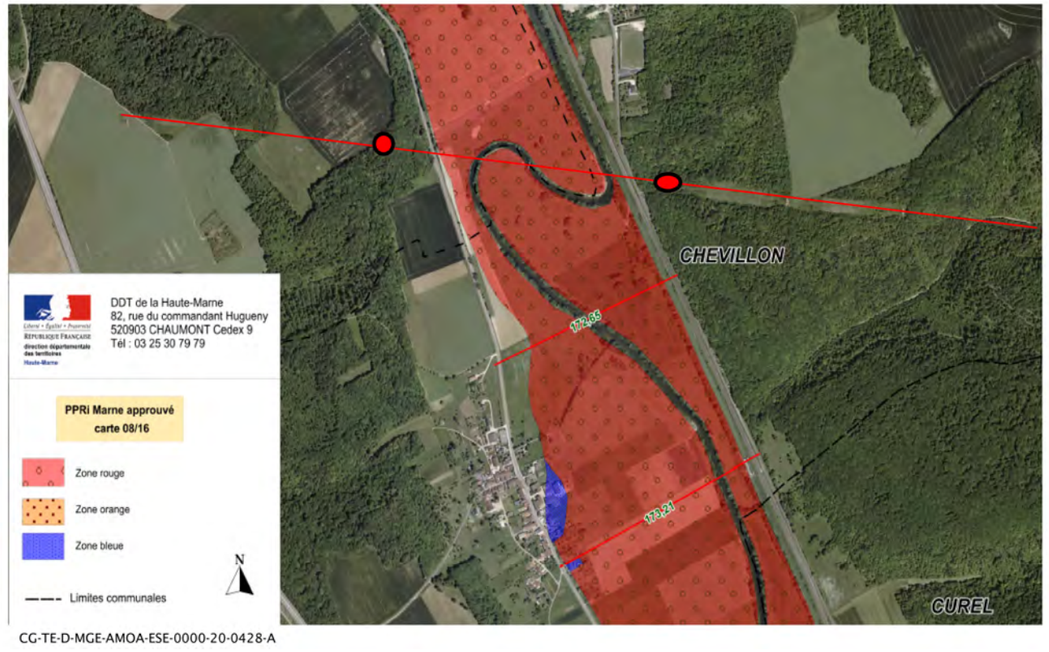


Figure 5-94 Localisation de la ligne 400 kV au droit de la vallée de la Marne (Source : RTE, juin 2020)

- au droit de la traversée de la vallée de l'Ornain dans le département de la Meuse (document présenté au chapitre précédent) ;
- au droit de la traversée de la vallée de la Meuse dans le département de La Meuse par :
  - ✓ le Plan de prévention des risques d'inondation de la Meuse, secteur de Vaucouleurs et Void (approuvé le 28 janvier 2005) (130) avec :
    - sur la commune de Goussaincourt, le pylône 257 qui se situe en zone rouge ;
    - sur la commune de Brixey-aux-Chanoines, le pylône 258 qui se situe en zone rouge ;
  - ✓ le plan de prévention des risques d'inondation de la Meuse (approuvé le 28 janvier 2005) (130) avec trois pylônes en zone d'expansion de crues (pylônes 257 à 259).

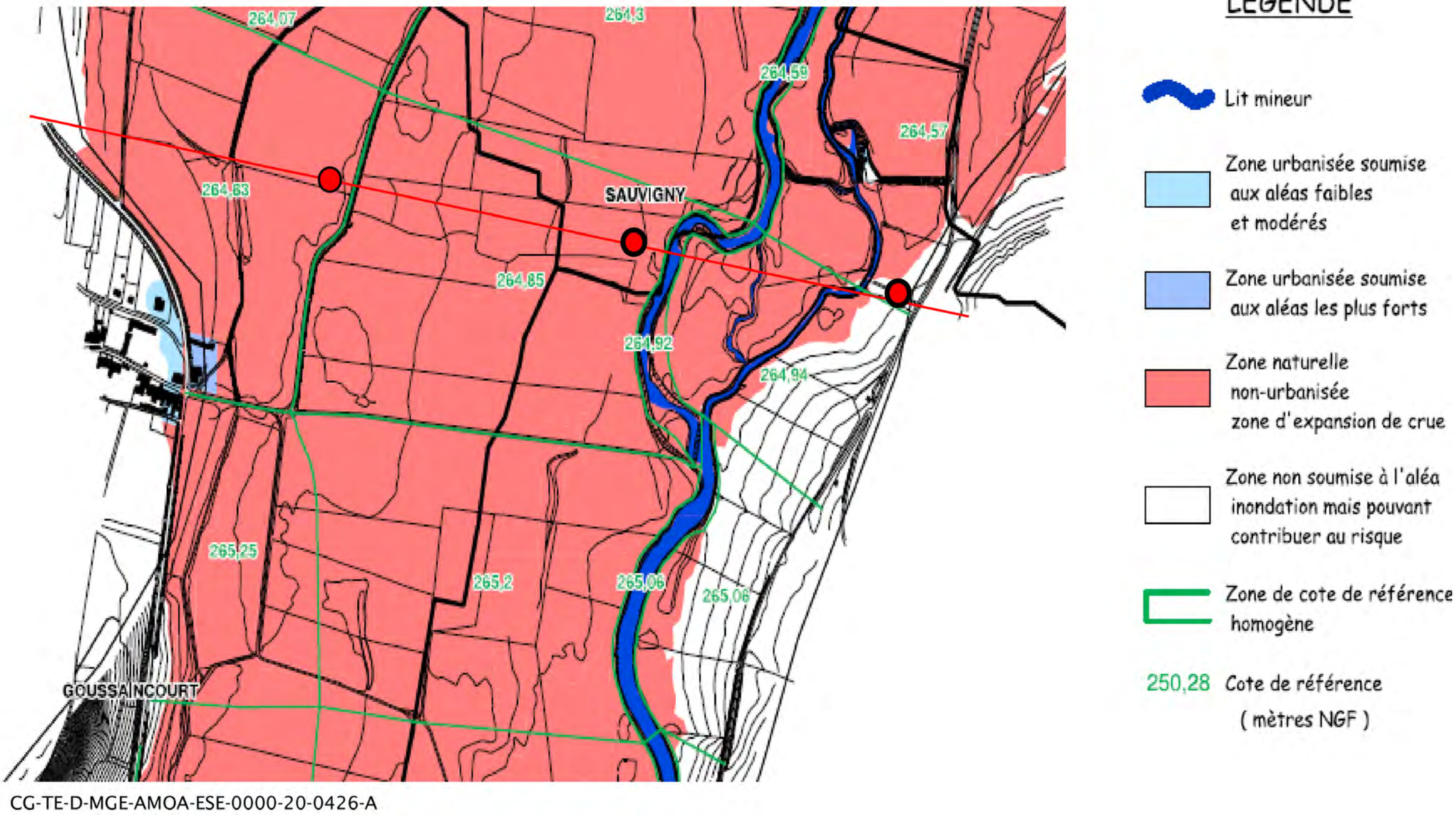


Figure 5-95 Localisation de la ligne 400 kV au niveau du plan de prévention des risques de la Meuse (source : RTE, juin 2020 (101))

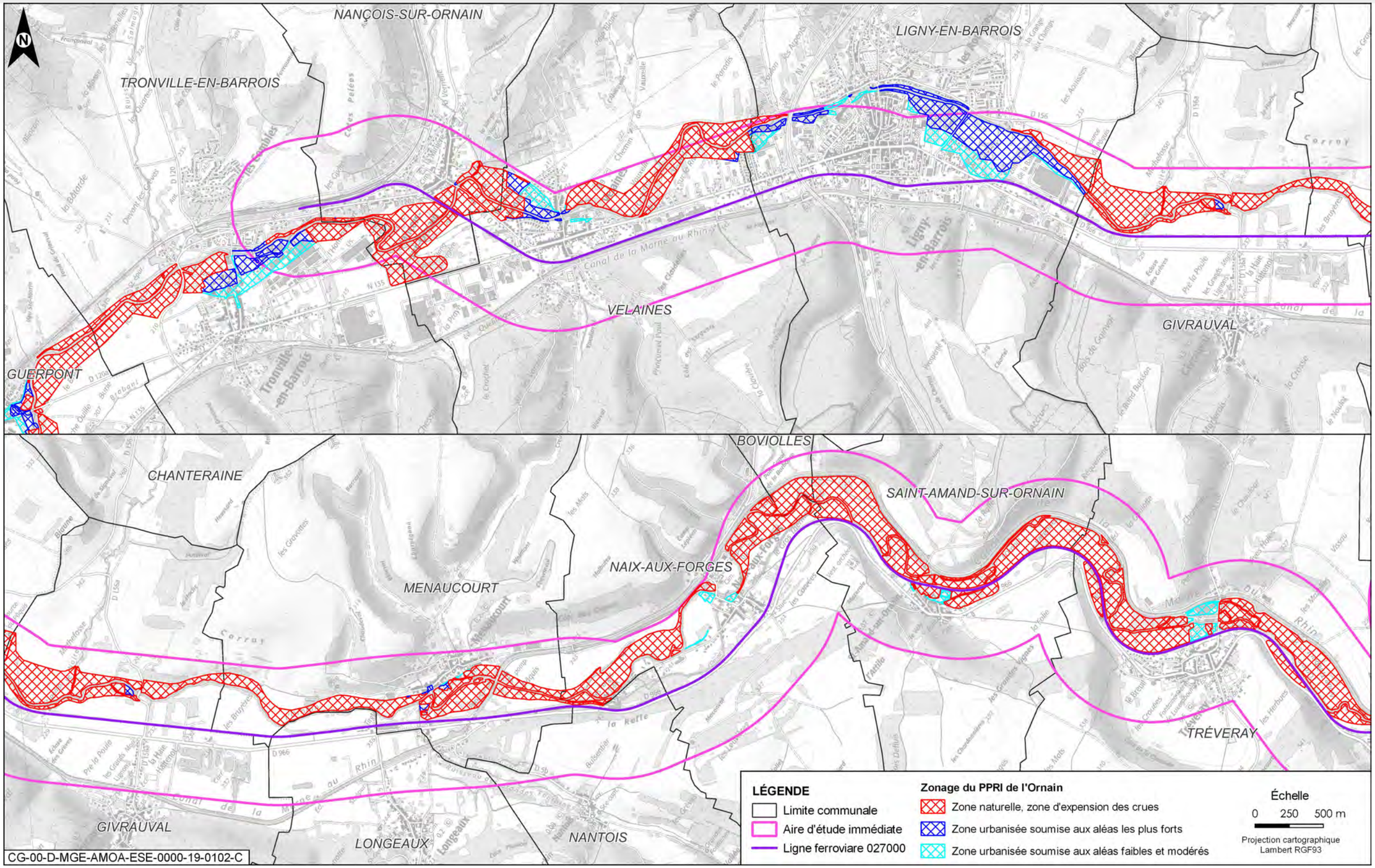


Figure 5-96 Détail des zonages du plan de prévention du risque inondation de l'Ornain et interface avec la ligne ferroviaire 027000 (de Tronville-en-Barrois à Tréveray)

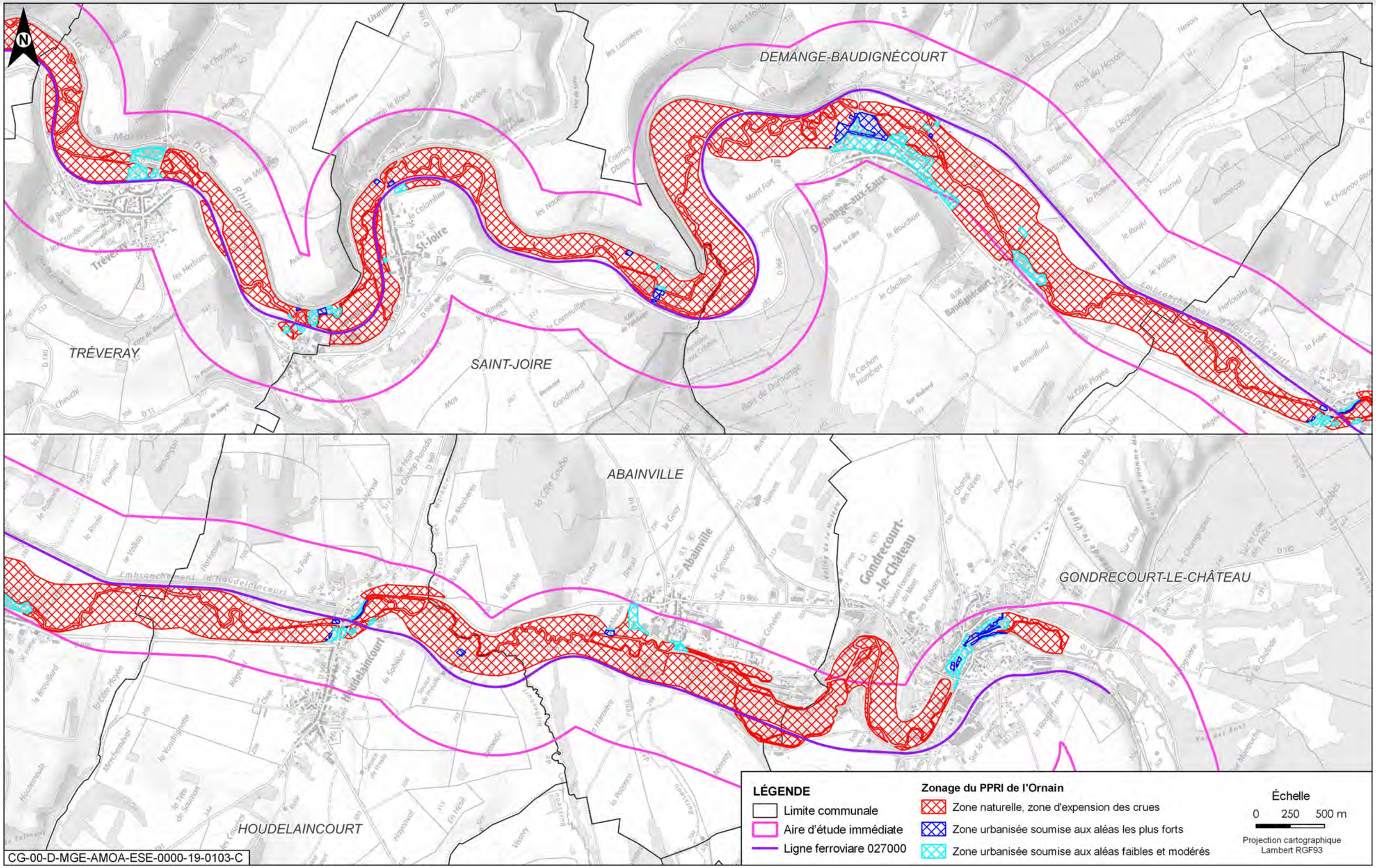


Figure 5-97 Détail des zonages du PPRI de l'Ornain et interface avec la ligne ferroviaire 027000 (de Tréveray à Gondrecourt-le-Château)

5.4.6.4 Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI)

PLAN DE GESTION DES RISQUES INONDATION (PGRI)

Le plan de gestion du risque inondation est un outil de gestion des risques qui vise à maîtriser l'urbanisation en zone inondable afin de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes.

Il fixe pour six ans quatre grands objectifs pour réduire les conséquences des inondations sur la santé humaine, l'activité économique, le patrimoine et l'environnement. Le PGRI définit pour chacun de ses objectifs les dispositions ou actions jugées prioritaires à mettre en œuvre et proportionnées aux enjeux pour atteindre les objectifs.

5.4.6.4.1 Au niveau du bassin versant Seine-Normandie

L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et les deux tiers de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV sont incluses dans le Plan de gestion du risque inondation du bassin Seine-Normandie qui a été approuvé par le préfet coordonnateur du bassin par arrêté le 3 mars 2022 (84, 131) pour la période de 2022-2027.

Le PGRI du bassin Seine-Normandie a pour objectif d'apporter une plus-value par rapport aux dispositifs existants sur la base des acquis de l'expérience et constitue un socle d'actions qui seront amendées au fil des cycles de gestion successifs (2016-2021, 2022-2027…).

Les quatre grands objectifs du PGRI 2022-2027, afin de réduire les conséquences des inondations sur la santé humaine, l'activité économique, le patrimoine et l'environnement, sont :

- aménager les territoires de manière résiliente pour réduire leur vulnérabilité ;
- agir sur l'aléa pour augmenter la sécurité des personnes et réduire le coût des dommages ;
- améliorer la prévision des phénomènes hydro-météorologiques et se préparer à gérer la crise ;
- mobiliser tous les acteurs au service de la connaissance et de la culture du risque.

Le plan de gestion du risque inondation comprend également parmi les objectifs généraux du bassin Seine-Normandie, des dispositions qui s'appliquent uniquement aux territoires à risque important d'inondation (TRI). Les territoires à risque important d'inondation correspondent à des zones dans lesquelles les enjeux potentiellement exposés aux inondations sont les plus importants (notamment les enjeux humains et économiques situés en zone potentiellement inondable), ce qui justifie une action volontariste et à court terme de tous les acteurs de la gestion du risque.

L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et les deux-tiers de l'aire d'étude immédiate au droit de la ligne 400 kV se trouvent en limite des territoires à risque important d'inondation de Saint-Dizier. Toutefois le risque inondation de l'agglomération de Saint-Dizier est lié aux crues de la Marne et de l'Ornel, affluent de la Marne qui ne sont pas impactés par le projet global Cigéo. Les territoires à risques d'inondation de Saint-Dizier se situent en limite de l'aire d'étude éloignée (Saint-Dizier et Ancerville) et à 26 km du centre de stockage Cigéo.

5.4.6.4.2 Au niveau du bassin versant Rhin-Meuse

L'extrémité est de l'aire d'étude de la ligne 400 kV est incluse dans le Plan de gestion du risque inondation du bassin Rhin-Meuse approuvé par arrêté du préfet coordonnateur de bassin le 21 mars 2022 (83, 132). Il fixe des objectifs de gestion des risques inondation à l'échelle du district et des objectifs spécifiques pour les territoires à risque important d'inondation (TRI).

Les objectifs de gestion des inondations du district de la Meuse visent à intégrer et à mettre en cohérence les différentes thématiques de la gestion des risques inondations.

Les cinq objectifs généraux du PGRI du district de la Meuse 2022-2027 sont :

- favoriser la coopération entre les acteurs ;
- améliorer la connaissance et développer la culture du risque ;
- aménager durablement les territoires ;
- prévenir le risque par une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ;
- se préparer à la crise et favoriser le retour à une situation normale.

5.4.6.5 Territoire à risque important d'inondation (TRI)

TERRITOIRE À RISQUE IMPORTANT D'INONDATION

Un territoire à risque important d'inondation (TRI) est une zone où les enjeux potentiellement exposés aux inondations sont les plus importants, ce qui justifie une action volontariste et à court terme de la part de l'État et des parties prenantes concernées devant aboutir à la mise en place obligatoire de stratégies locales de gestion des risques d'inondation.

Le TRI de Saint-Dizier, concerné par l'inondation de la Marne et dont la stratégie locale a été approuvée le 20 décembre 2016 par arrêté conjoint des trois préfets de département (133) est situé en limite de l'aire d'étude éloignée sur les communes de Saint-Dizier et Ancerville et à 26 km du centre de stockage Cigéo. En dehors de l'aire d'étude éloignée de la thématique eau, le TRI de Neufchâteau, concerné par l'inondation de la Meuse et approuvé par l'arrêté SGAR n° 2014-235 en date du 23 juillet 2014 (134), est situé à 28 km du centre de stockage Cigéo.

Aucun territoire à risque important d'inondation n'est recensé dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

5.4.6.6 Programme d'actions de prévention contre les inondations (PAPI)

Dans l'aire d'étude éloignée, il existe en Haute-Marne et en Meuse un PAPI d'Intention, de la Marne, Vallage et Perthois dont fait partie le sous-secteur hydrographique du bassin de la Marne au confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu). Cela concerne notamment les communes de Aingoulaincourt, Autigny-le-Petit, Chamouilley, Chatonrupt-Sommermont, Chevillon, Cousances-les-Forges, Curel, Effincourt, Joinville, Laneuville-au-Pont, Montiers-sur-Saulx, Montreuil-sur-Thonnance, Morley, Narcy, Noncourt-sur-le-Rongeant, Osne-Le-Val, Pansey, Paroy-sur-Saulx, Poissons, Rachecourt-sur-Marne, Rupt, Rupt-aux-Nonains, Sailly, Suzannecourt, Thonnance-lès-Joinville, Thonnance-les-Moulins, Vecqueville, etc. À ce stade, le PAPI d'intention est une trame préalable à la définition d'un programme d'actions. Il n'a donc *a priori* pas encore été établi de diagnostic, ni défini la gouvernance à mettre en place. Son besoin consiste essentiellement à réaliser des études pour parvenir au diagnostic et déterminer les actions à mettre en œuvre. Le PAPI d'intention a vocation à déboucher sur un PAPI complet.

PROGRAMME D'ACTIONS DE PRÉVENTION CONTRE LES INONDATIONS (PAPI)

Les programmes d'actions de prévention contre les inondations (PAPI), portés par les acteurs locaux, ont pour objet de promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation sur un bassin de risque cohérent, en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement.

Il s'agit d'un outil de contractualisation entre les collectivités territoriales ou leurs groupements et l'État. Ils mobilisent l'ensemble des axes de la gestion des risques d'inondation. Les engagements pris de façon concertée sont déclinés sous forme de fiches-actions selon les sept axes du PAPI, accompagnés d'une animation, qui sont :

- axe 1 : amélioration de la connaissance et de la conscience du risque ;
- axe 2 : surveillance, prévision des crues et des inondations ;
- axe 3 : alerte et gestion de crise ;
- axe 4 : prise en compte du risque d'inondation dans l'urbanisme ;
- axe 5 : réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens ;
- axe 6 : ralentissement des écoulements ;
- axe 7 : gestion des ouvrages de protection hydrauliques.

5.4.6.7 Risque inondation par remontée des nappes d'eau souterraine

Le risque d'inondation par remontée de nappe traité dans le chapitre 5.3.5 du présent volume peut accentuer les risques d'inondation des eaux superficielles si les deux phénomènes sont concomitants.

5.4.6.8 Simulations hydrologiques et hydrauliques

Des simulations hydrologiques ont été menées juste en amont des ouvrages aux ouvrages d'art au droit de l'Orge, la Bureau et l'Ormançon.

L'analyse s'appuie notamment sur les résultats au droit de différents points de calcul localisés sur des zones « stratégiques » recensant des ouvrages hydrauliques. Dans la suite du chapitre, les points de calcul du modèle sont identifiés par une lettre. Un point de calcul regroupe un ou plusieurs ouvrages sur les cours d'eau (ponts et ponceaux existants). Ces ouvrages sont identifiés par un chiffre sur les figures suivantes.

Dans les conditions actuelles d'utilisation du sol, les débits de pointe, simulés avec les pluies de temps de retour 10 ans et 100 ans, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5-58 Débits de pointe en conditions actuelles d'utilisation du sol

	Conditions actuelles	
	10a (m^3/s)	100a (m^3/s)
Orge A	1,24	2,11
Orge B	1,67	2,71
Bureau A	0,64	1,14
Bureau B	0,74	1,32
Bureau C	1,91	3,28
Ormançon 4	3,41	5,66
Ormançon 3	6,08	10,08
Ormançon 2	6,83	11,3
Ormançon 1	7,48	12,36

Les cartographies des simulations hydrauliques en conditions actuelles pour l'Orge, la Bureau et l'Ormançon sont présentées de la figure 5-98 à la figure 5-103.

Les zones inondées par débordement de l'Orge, de la Bureau et de l'Ormançon se limitent aux lits majeurs existants de ces cours d'eau.

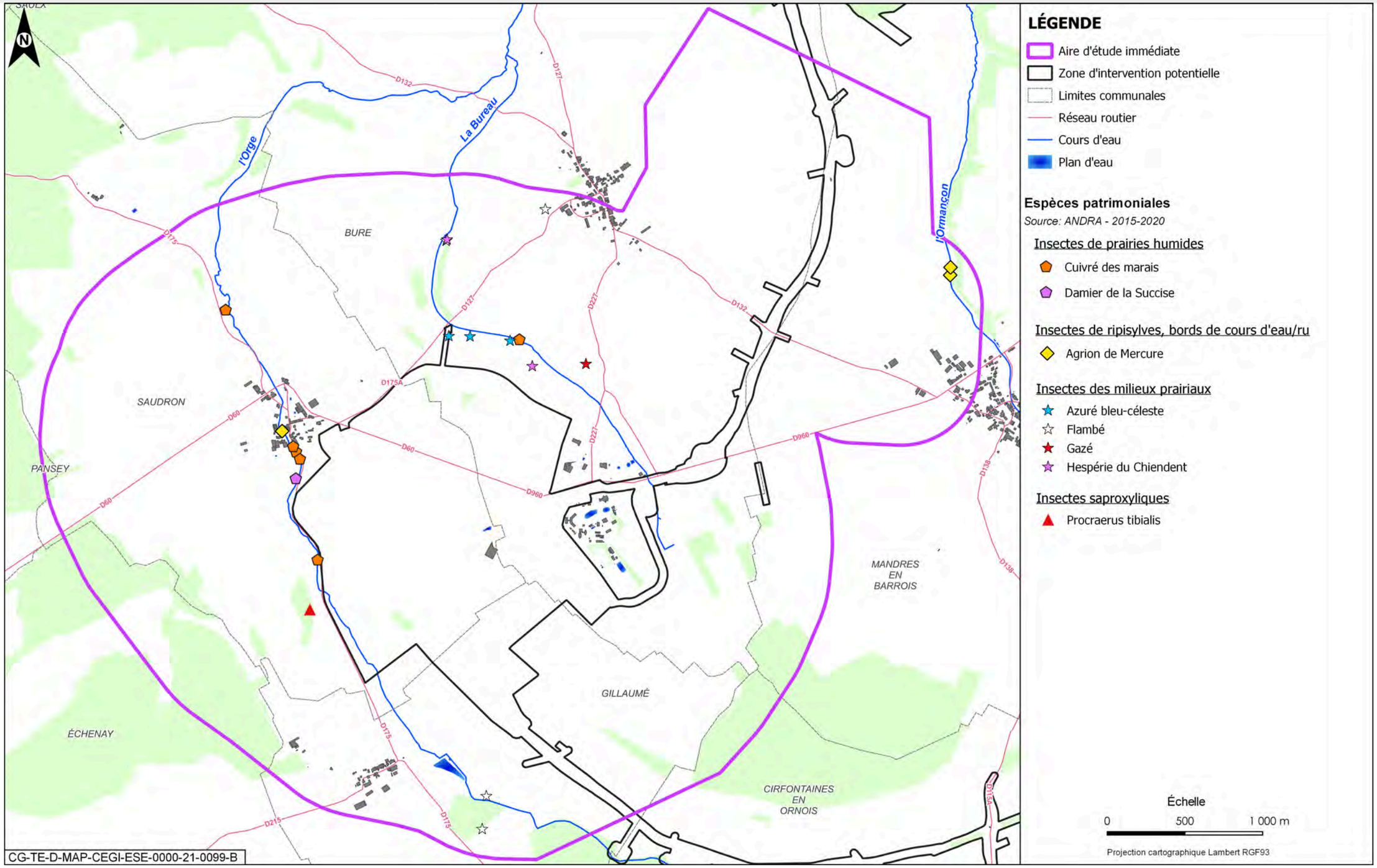
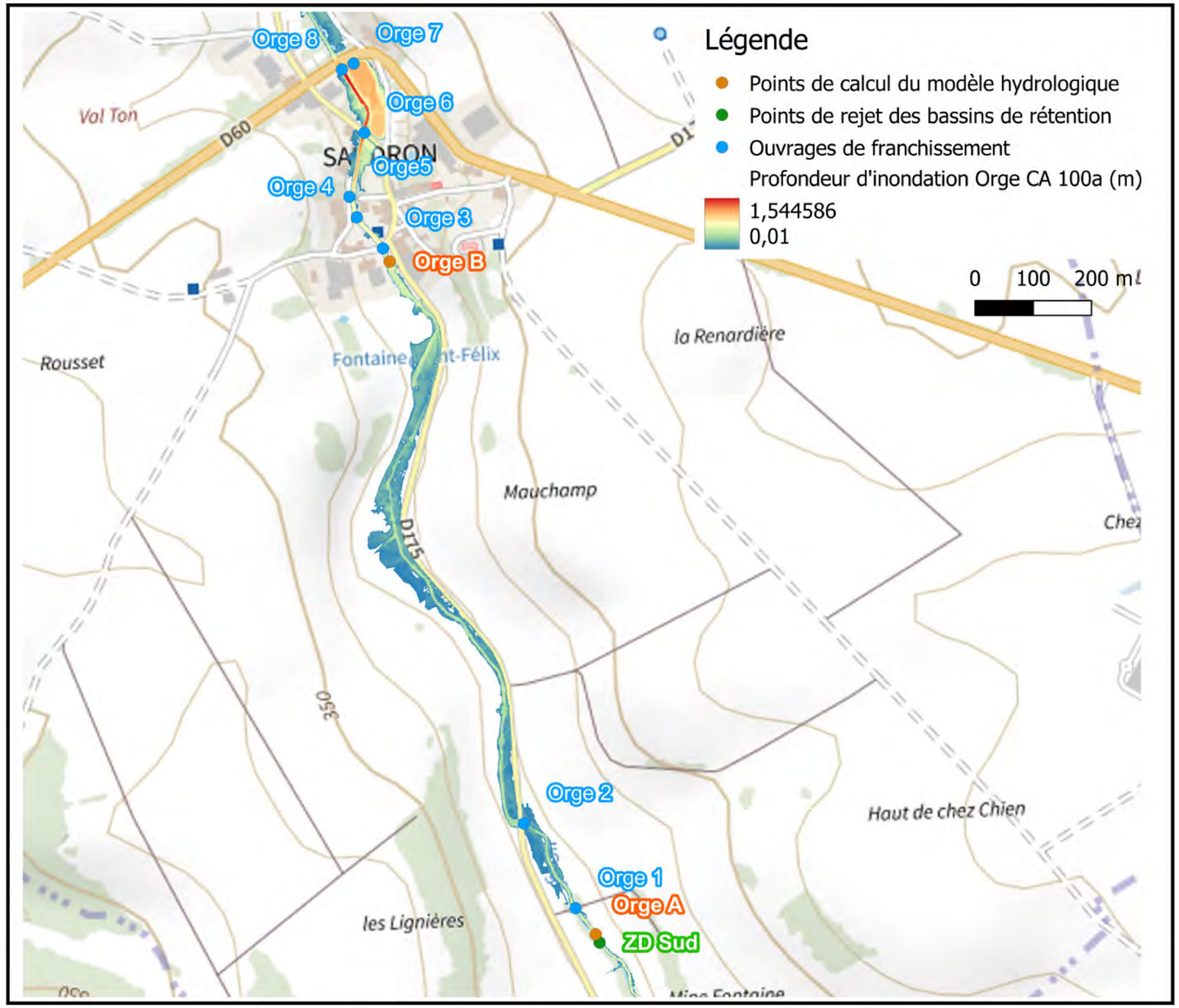


Figure 5-98 *L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour de 10 ans*



CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0100-A

Figure 5-99 *L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 100 ans*

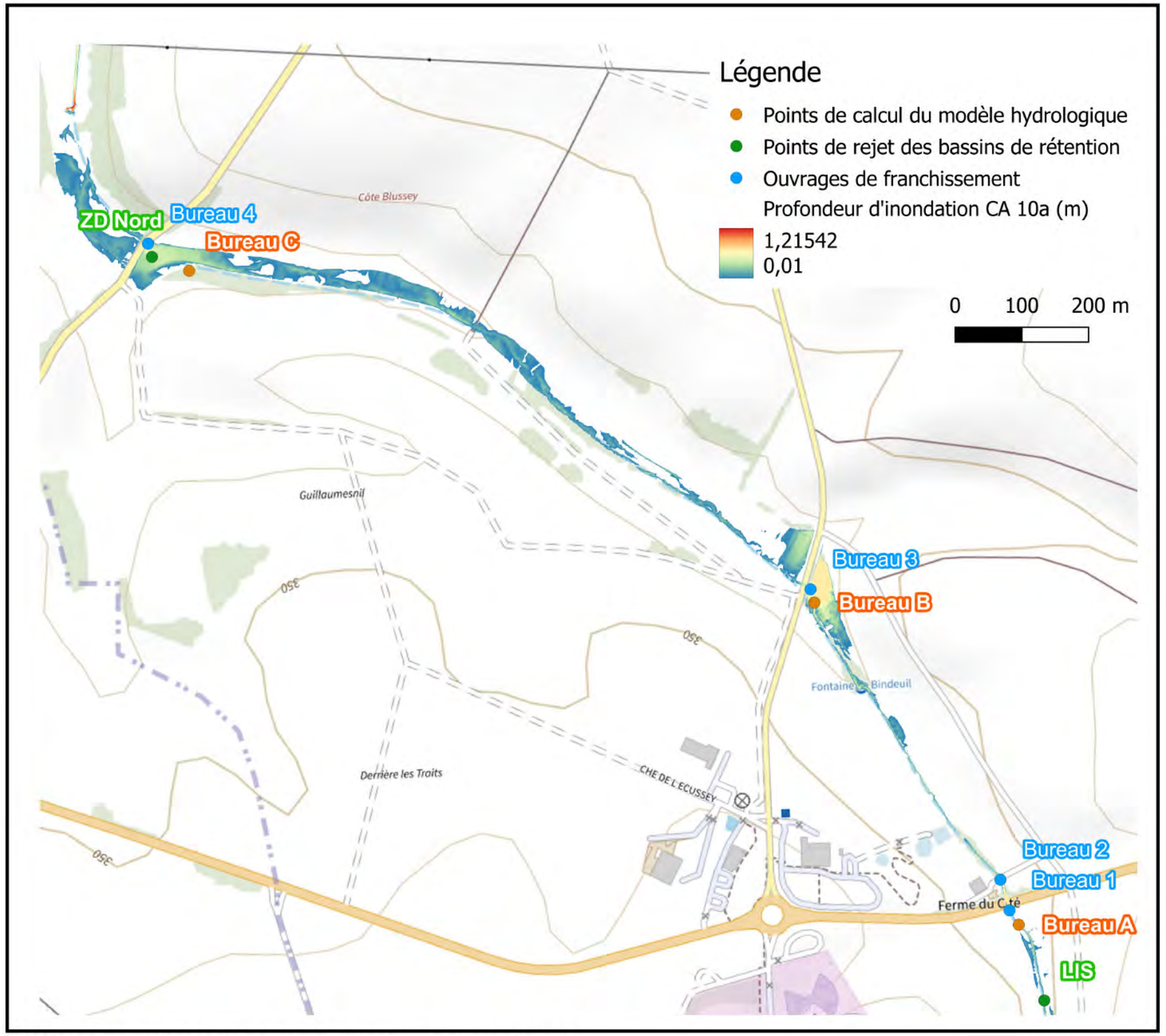


Figure 5-100 *La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 10 ans*

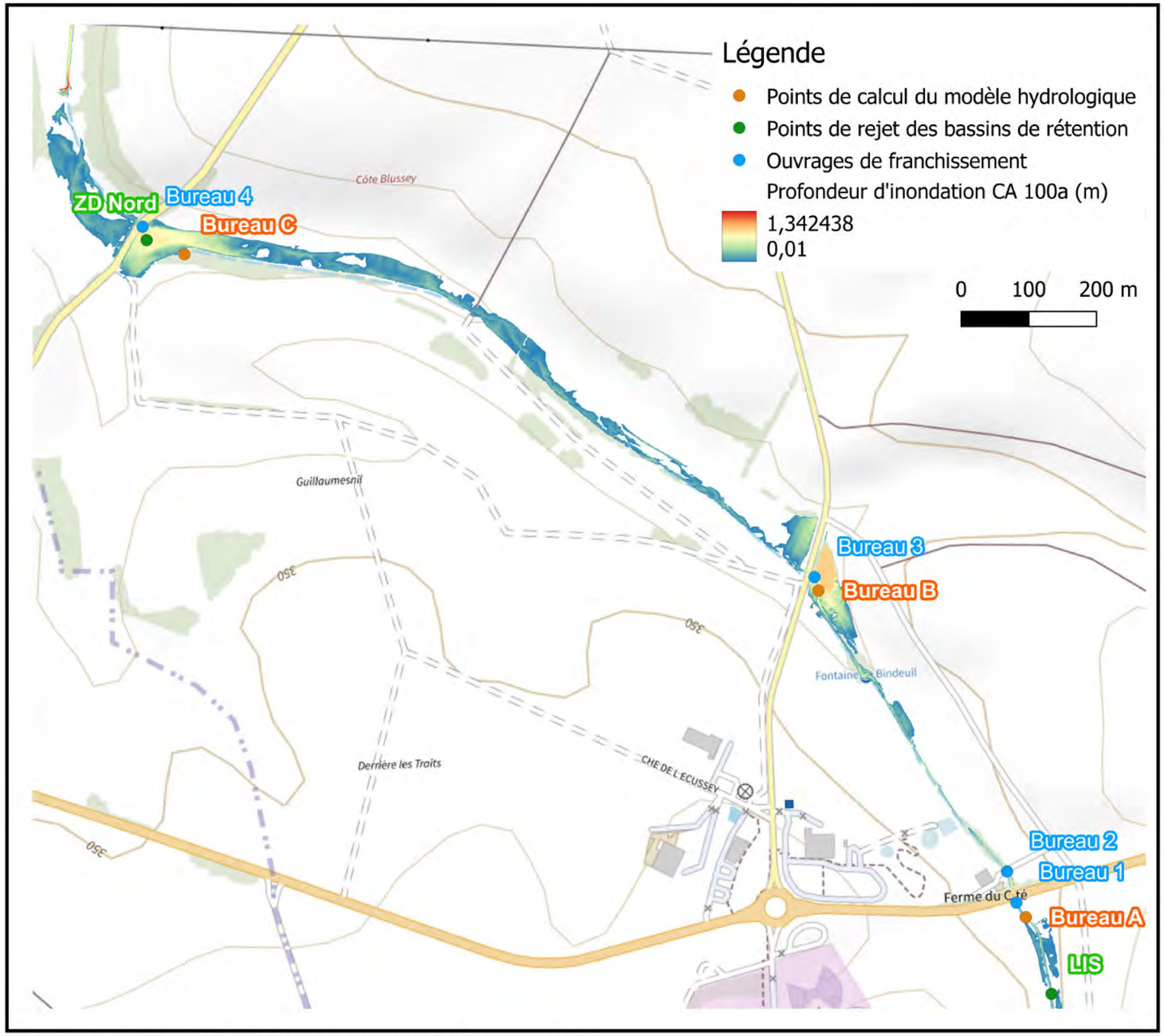
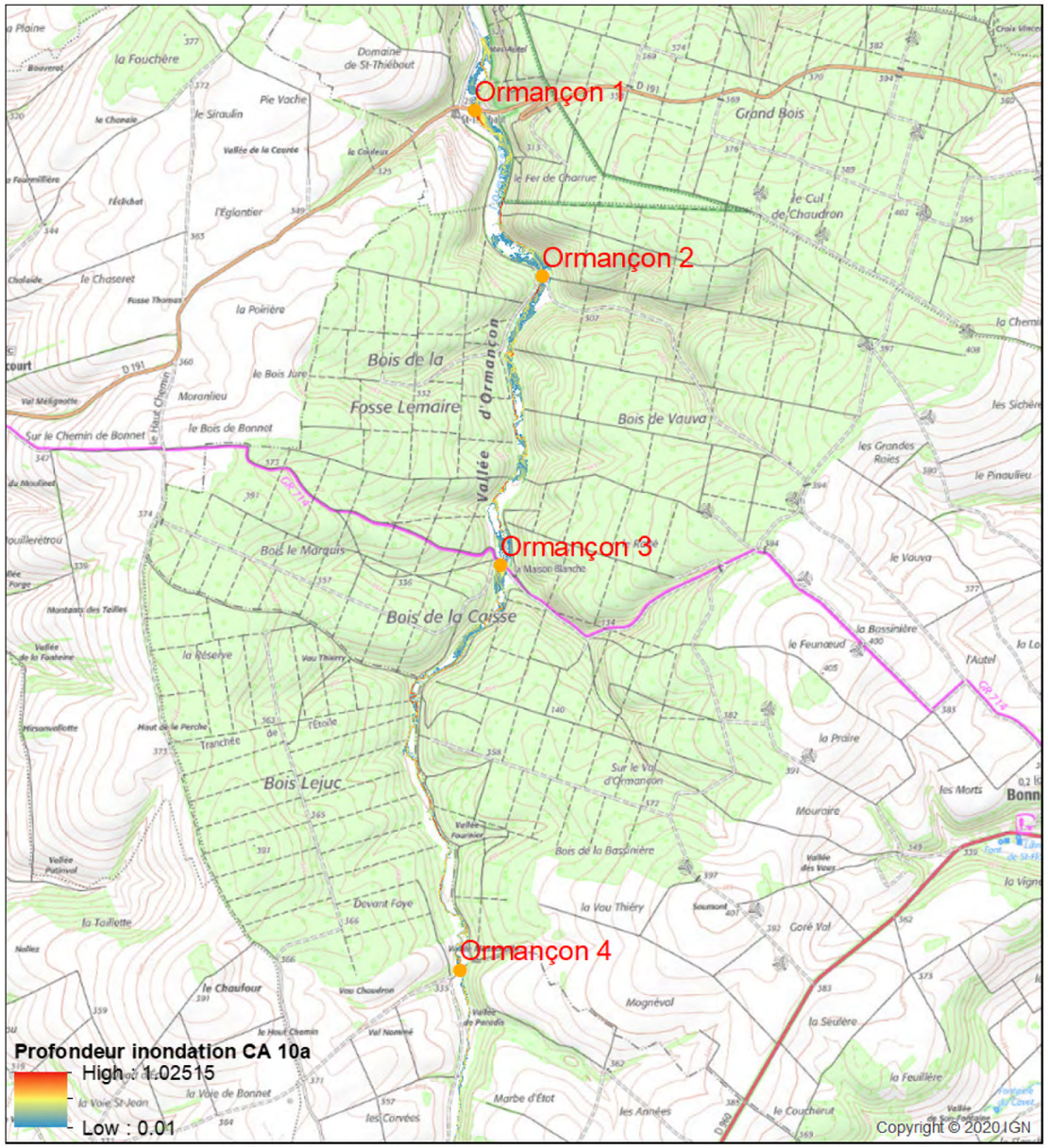


Figure 5-101 *La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 100 ans*



CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0431-A

Figure 5-102 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 10 ans

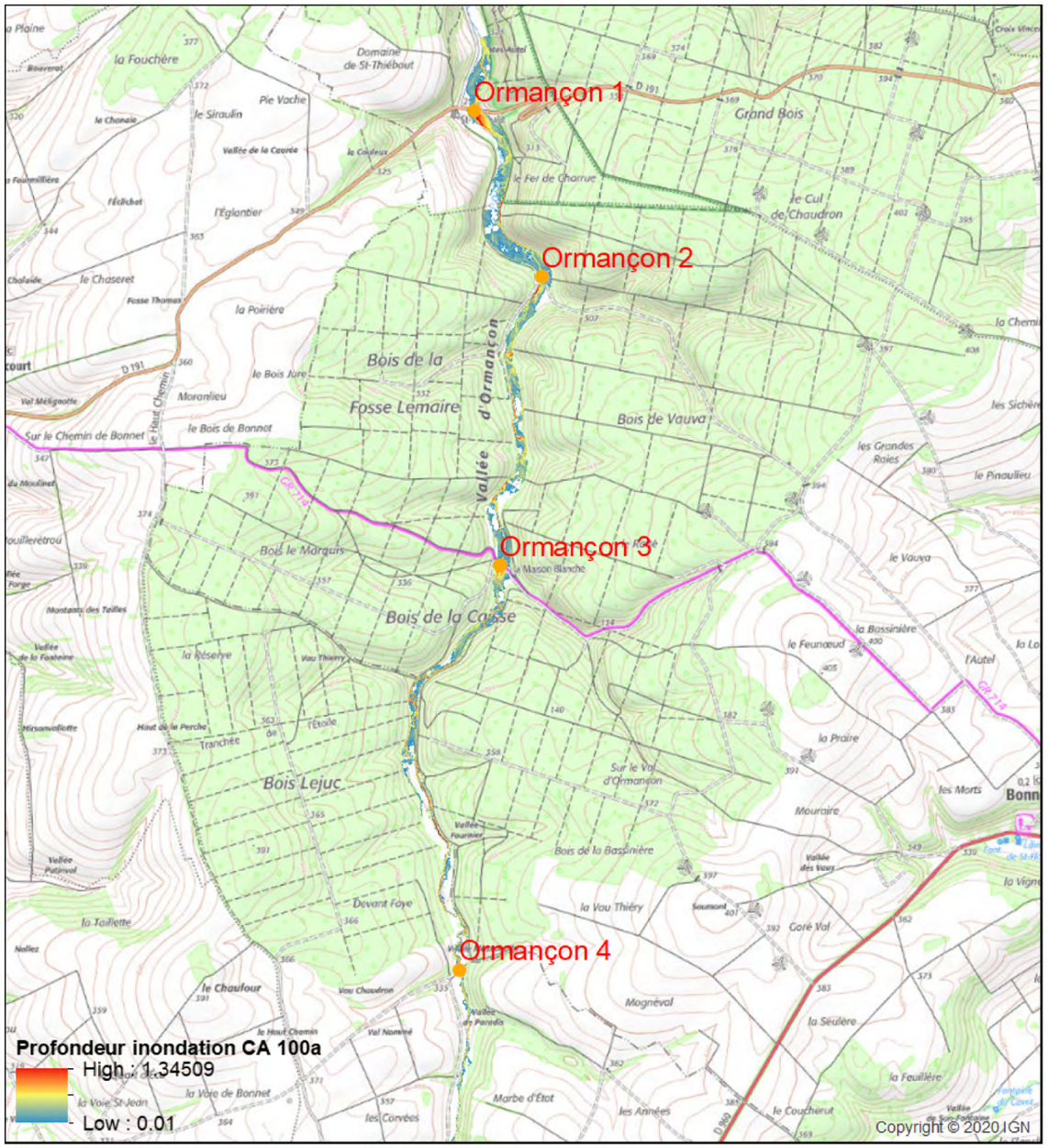


Figure 5-103 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 100 ans

5.4.6.9 Niveau d'enjeu lié au risque d'inondation

L'enjeu lié au risque d'inondation est :

- faible pour le sous-secteur hydrographique de la Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu) du fait de la localisation des cours d'eau en dehors de l'aire d'étude immédiate malgré le recensement de la Marne dans l'atlas des zones inondables et le PPRI de la Marne moyenne ;
- fort pour le sous-secteur hydrographique de la Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu), du fait de l'Orge et de la Saulx concernés par l'atlas des zones inondables (au droit de villages entre Ribeaucourt et Couvertpuis pour l'Orge et entre Montiers-sur-Saulx et Beurey-sur-Saulx pour la Saulx) et un PPRI. Les simulations hydrologiques montrent également des zones inondées par débordement de la Bureau, se limitant au lit majeur existant ;
- fort pour le sous-secteur hydrographique de l'Ornain de sa source au confluent de La Saulx (exclu) du fait de l'Orge et de la Saulx concernés par l'atlas des zones inondables (au droit de villages entre Ribeaucourt et Couvertpuis pour l'Orge et entre Montiers-sur-Saulx et Beurey-sur-Saulx pour la Saulx) et un PPRI. Les simulations hydrologiques montrent également des zones inondées par débordement de la Bureau, se limitant au lit majeur existant ;
- faible pour les sous-secteurs de la ligne 400 kV du fait de certains cours d'eau concernés par les atlas des zones inondables et des PPRI, mais situés en dehors des zones urbanisées au sein de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

5.4.7 Synthèse concernant les eaux superficielles

État actuel

- **réseau hydrographique**

Le projet global Cigéo s'inscrit dans le grand bassin versant Seine-Normandie, et plus particulièrement dans le secteur hydrographique Marne amont.

Le projet global Cigéo est concerné par le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 (74).

L'aire d'étude éloignée s'insère dans trois bassins versants principaux : le bassin versant de la Marne, le bassin versant de la Saulx (et ses affluents l'Orge et la Bureau) et le bassin versant de l'Ornain, incluant plusieurs affluents dont l'Ormançon.

La ligne 400 kV s'inscrit, depuis Balignicourt jusqu'à Gondrecourt-le-Château (soit environ 2/3 de son tracé), dans le grand bassin versant Seine-Normandie. Sur l'extrémité est de la ligne 400 kV, entre Gondrecourt-le-Château et Houdreville, cette dernière recoupe le grand bassin versant Rhin-Meuse.

Dans le grand bassin versant Seine-Normandie, 22 cours d'eau et ruisseaux et une voie navigable sont concernés par le projet global Cigéo et par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV. Dans le grand bassin versant Rhin-Meuse, huit cours d'eau et ruisseaux sont concernés par les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV.

- **caractéristiques hydrologiques et hydromorphologiques des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo**

Les cours d'eau temporaires de l'Orge, de la Bureau et de l'Ormançon sont les plus proches du centre de stockage Cigéo. L'installation terminale embranchée est traversée ou longe des petits affluents de l'Ornain comme le ruisseau de l'Étang et le ru de l'Ognon.

Du fait du contexte géologique local, le fonctionnement hydraulique des cours d'eau dépend, sur certaines sections, plus des fluctuations de niveau des eaux souterraines que du ruissellement dans leur propre bassin versant. Les cours d'eau présentent des périodes d'assec importantes.

L'opération d'alimentation électrique au niveau du poste de transformation et le faisceau d'implantation des liaisons électriques enterrées se situe dans les bassins versants de l'Orge, de La Bureau et de l'Ormançon. La ligne 400 kV recoupe d'ouest en est plusieurs autres bassins versants.

Les travaux associés à l'opération d'adduction d'eau concernent les trois bassins versants principaux (Marne, Saulx et Ornain).

La ligne ferroviaire 027000 se localise dans la vallée de l'Ornain, cours d'eau pérenne, qu'elle longe sur la majeure partie de son tracé. Plusieurs franchissements de l'Ornain, mais aussi de ses affluents, existent. À partir de la prise d'eau d'Houdelaincourt, la ligne ferroviaire 027000 est aussi concernée par le canal de la Marne au Rhin.

Les options de la déviation de la route départementale D60/960 recoupent potentiellement l'Orge et/ou La Bureau.

- **plans d'eau concernés par le projet global Cigéo**

L'installation terminale embranchée, qui fait partie du centre de stockage Cigéo, est localisée à proximité du plan d'eau de Gillaumé et du plan d'eau de la Ballastière sur la commune de Gondrecourt-le-Château.

Plusieurs plans d'eau existent à proximité de la ligne ferroviaire 027000.

Aucun plan d'eau ne se trouve sous les zones d'intervention potentielle du projet global Cigéo (en dehors des plans d'eau qui sont déjà traversés par la ligne 400 kV).

- **qualité des eaux superficielles**

La qualité chimique des cours d'eau est très variable selon les stations de prélèvement et l'année d'étude. Globalement, les masses d'eau des trois sous-secteurs concernés présentent une qualité chimique des eaux très régulièrement dégradée du fait de la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (à des concentrations supérieures à la norme de qualité environnementale exprimée en concentration maximale admissible (NQE-CMA) de 0,27 µg.L^{-1} de benzo(a)pyrène) et ponctuellement quelques métaux et pesticides dépassant les seuils.

En synthèse, l'état écologique global des eaux superficielles de l'aire d'étude éloignée oscille entre « mauvais » et « bon » sur la période 2014-2019 avec cependant la prédominance de l'état écologique « moyen ».

L'état écologique de la Saulx est globalement plus dégradé que celui des autres cours d'eau et notamment de l'Ornain dont la qualité écologique est préservée sur les paramètres mesurés. Aucun cours d'eau étudié n'atteint cependant un « très bon état » écologique.

Les déclassements sont essentiellement liés à la dégradation des paramètres physico-chimiques classiques et notamment des paramètres liés à l'oxygénation (O_2 et saturation) ou aux teneurs en nutriments des cours d'eau (NO_2, NO_3 et NH_4) et également à la présence récurrente de certains pesticides. Ce type d'observation est très fréquent pour des cours d'eau subissant des assecs en milieu agricole.

La présence récurrente de certains herbicides (Chlortoluron, Métazachlore, Diflufecanil) déclasse régulièrement la qualité écologique des cours d'eau de l'aire d'étude.

Les indices biologiques mesurés dans les cours d'eau pérennes révèlent une structuration des populations biologiques (diatomées et invertébrés) plutôt de bonne qualité.

Les états chimiques et écologiques des cours d'eau traversés par la ligne 400 kV présentent un faciès allant de « bon » à « mauvais ».

La radioactivité des eaux superficielles et du milieu aquatique associé dans l'aire d'étude rapprochée est très faible, à des niveaux cohérents avec le bruit de fond attendu dans des zones à l'écart d'activités nucléaires.

- **utilisation des eaux superficielles**

Il n'existe pas dans l'aire d'étude éloignée de prélèvement déclaré d'eau superficielle pour des usages d'eau potable collectifs ni pour des usages agricoles.

Du fait de l'utilisation d'eau superficielle au sein de l'aire d'étude immédiate dans le bassin versant de l'Ornain (une pisciculture, trois prises d'eau pour l'alimentation du canal de la Marne au Rhin et un barrage hydro-électrique), l'enjeu est fort pour les usages industriels des eaux superficielles.

En plus des activités de pêche au niveau des cours d'eau pérennes de l'aire d'étude éloignée, il est à noter que certains plans d'eau (Gillaumé, Ligny-en Barrois) ont aussi un usage récréatif pour la pêche.

Aucune zone de baignade réglementairement autorisée n'est recensée dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

Certains cours d'eau font l'objet d'un classement pour la continuité écologique. Il n'existe pas de cours d'eau réservoir de biodiversité et corridor dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo mais deux cours d'eau (la Voire, la Héronne) sont classés dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

Il n'existe pas de zones de répartition des eaux superficielles dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo, ni dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV.

- **risques d'inondation**

Du recensement des risques naturels liés aux inondations résultent différentes procédures administratives traitant de ce sujet et définissant des contraintes réglementaires, notamment sur l'aménagement et l'urbanisme d'une zone et sur la constructibilité d'un terrain sujet à des inondations.

Ainsi :

- ✓ la Marne, la Saulx et son affluent l'Orge et l'Ornain sont recensés dans des atlas des zones inondables ainsi que la Blaise et la Meuse pour la ligne 400 kV ;
- ✓ l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo comprend trois plans de prévention des risques inondation avec celui de la Marne moyenne, des vallées de la Saulx et de l'Orge et des secteurs amont et centre de l'Ornain. Aucune des installations du centre de stockage Cigéo ne sont comprises dans les périmètres des trois plans de prévention des risques inondation :
  - Gondrecourt-le-Château et les communes à l'aval le long de l'Ornain sont concernées par le plan de prévention des risques d'inondation de l'Ornain. La ligne ferroviaire 027000 traverse aussi les zones inondables définies dans ce document. Cependant, installée sur une plateforme au-dessus du terrain naturel, la ligne ferroviaire est intégralement hors d'eau pour la crue de référence du plan de prévention des risques inondation de l'Ornain ;
  - les communes présentes le long de l'Orge à partir de Ribeaucourt et en aval et le long de la Saulx à partir de Montiers-sur-Saulx et en aval sont concernées par le plan de prévention des risques d'inondation des vallées de Saulx et de l'Orge approuvé en juin 2018 ;
  - la ligne 400 kV est concernée par les plans de prévention des risques d'inondation de Vaucouleurs et Void et de la Marne Moyenne ;
- ✓ l'aire d'étude éloignée est incluse dans le plan de gestion du risque inondation du bassin Seine-Normandie ;
- ✓ l'aire d'étude éloignée est concernée par les territoires à risques d'inondation de Saint-Dizier sur les communes de Saint-Dizier et Ancerville, situés à 26 km du centre de stockage Cigéo. Aucun territoire à risque important d'inondation n'est recensé dans l'aire d'étude éloignée spécifique de la ligne 400 kV ;
- ✓ l'extrémité est de la ligne 400 kV est incluse dans le plan de gestion des risques inondation du bassin Rhin-Meuse ;
- ✓ dans l'aire d'étude éloignée, il existe en Haute-Marne et en Meuse un programme d'action de prévention contre les inondations d'intention de la Marne, Vallage et Perthois.

Enjeux

L'aire d'étude éloignée présente des cours d'eau avec une hydrologie très contrastée :

- des cours d'eau à très faibles débits en interface étroite avec les eaux souterraines notamment au droit de l'affleurement des calcaires du Barrois (Ormançon, Orge…) ;
- des cours d'eau pérenne comme la Marne, de la Saulx et de l'Ornain sont pérennes ainsi que les grands cours d'eau franchis par la ligne 400 kV comme la Héronne, la Blaise et la Meuse.

Du fait des très faibles débits, voire des périodes d'assecs récurrentes, les petits cours d'eau présentent une sensibilité forte aux dégradations de leur qualité écologique et/ou chimique. De plus, une augmentation des débits ou une dégradation de leur qualité pourraient se répercuter en aval sur des cours d'eau qui font notamment l'objet d'un plan de prévention des risques inondation. Les enjeux des eaux superficielles varient d'un cours d'eau à un autre et même au sein d'un même cours d'eau.

Plusieurs usages industriels sont identifiés dans l'aire d'étude immédiate. Aucun usage pour l'alimentation en eau potable n'est identifié.

L'enjeu quantitatif est globalement fort du fait de cours d'eau de faible débit ayant des pertes actives même en période de hautes eaux (Orge et Ormançon).

Enjeu fort de l'état quantitatif des eaux superficielles

L'enjeu qualitatif est globalement fort du fait, selon les cours d'eau, de la nécessité de préservation des capacités d'accueil actuelles ou de la non-entrave aux objectifs de bon état du SDAGE.

Enjeu fort de l'état qualitatif des eaux superficielles

L'enjeu sur les usages est globalement fort du fait de la présence d'usages industriels.

Enjeu fort des usages des eaux superficielles

L'enjeu lié au risque d'inondation est globalement fort du fait de zones inondables au droit de villages.

Enjeu fort lié au risque d'inondation

En synthèse et à l'échelle du projet global Cigéo**, l'enjeu est fort sur la thématique « eaux superficielles ».**

Enjeu fort

TABLEAU DE TRAÇABILITE DES PRINCIPALES EVOLUTIONS DE FOND DE L'ETUDE D'IMPACT

Chapitre EI-DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume III de l'EI-DAC
	Général			x		Actualisation réglementaire avec le décret n° 2021-837 du 29 juin 2021 portant diverses réformes en matière d'évaluation environnementale et de participation du public dans le domaine de l'environnement (135) (remplacement du terme « état actuel » par "état initial")
	Préambule	x				Actualisation du tableau des volumes de l'étude d'impact Précisions apportées dans la rédaction du bloc « Étude d'impact et projet global Cigéo »
1.	**Méthodologie d'analyse de l'état initial**					Pas d'évolutions importantes de fond
2.2.1	**Rappel du contexte**			x		Actualisation du contexte réglementaire (ajout de précisions sur la loi Climat et Résilience)
2.2.2.5	**Plan national santé environnement (PNSE)**		x			Actualisation des éléments concernant le PNSE
2.2.3.1	**Plan climat air énergie territorial (PCAET)**		x			Actualisation des éléments concernant le PCAET
2.2.3.5	**Schéma régional de biomasse Grand Est**		x			Précision apportée sur l'état d'avancement du SRB Grand Est
2.3.1	**Précipitations**		x			Actualisation avec les données de 2018 et 2019
2.3.2	**Températures**		x			Actualisation avec les données 2018 et 2019 et ajout des données des stations de Cirfontaines et Houdelaincourt
2.3.3	**Vitesse et direction du vent**		x			Actualisation avec les données de la station de Houdelaincourt
2.3.4	**Hygrométrie**		x			Actualisation avec les données 1980-2019
2.3.5	**Durée d'ensoleillement**		x			Actualisation avec les données de 2018 et 2019
2.3.6	**Évapotranspiration**		x			Actualisation avec les données 1980-2019
2.3.7	**Risques météorologiques**		x			Actualisation avec les données 1980-2019
2.3.9	**Synthèse des conditions météorologiques locales**		x			Mise en cohérence de la synthèse avec les actualisations faites dans le chapitre
2.4.1	**Profil énergétique**		x			Actualisation avec les données de 2019 relatives à la production et consommation d'énergie
2.4.2	**Potentiel en énergies renouvelables**		x			Mise à jour avec les données de 2019 relatives à la production d'énergies renouvelables
2.4.3	**Émissions de gaz à effet de serre**		x			Mise à jour avec les données de 2018 relatives aux émissions de gaz à effet de serre
2.4.4.2	**La séquestration carbone sur les aires d'étude éloignée et immédiate**		x			Précisions apportées sur la capacité de séquestration carbone de l'aire d'étude éloignée
2.4.5	**Synthèse sur l'énergie et les gaz à effet de serre**		x			Mise en cohérence de la synthèse avec les actualisations faites dans le chapitre
2.5.1.2	**Polluants étudiés**		x			Précisions apportées sur le contenu des chapitres 2.5.1.3 à 2.5.1.11

Chapitre EI-DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume III de l'EI-DAC
2.5.1.3 2.5.1.4 2.5.1.5 2.5.1.6 2.5.1.7 2.5.1.8 2.5.1.9 2.5.1.10 2.5.1.11	Dioxyde d'azote (NO2) Dioxyde de soufre (SO2) Ozone (O3) Monoxyde de carbone (CO) Particules PM10 Particules PM2.5 Benzène Hydrocarbures Les éléments traces métalliques		x			Précisions apportées sur les évolutions à l'échelle régionale Actualisation avec les données de concentrations et des graphiques de la station de référence et celle de Houdelaincourt
2.5.2.3.1 2.5.2.3.2 2.5.2.4.2 2.5.2.4.3 2.5.2.4.4 2.5.2.4.6 2.5.2.4.7	3H (Tritium) 14C (carbone 14) Be (beryllium 7) et 22Na (sodium 22) 210Pb (plomb 210) 137Cs (césium 137) 90Sr (strontium 90) Actinides		x			Actualisation avec les données de 2018 - 2020 de la station de Houdelaincourt
2.5.2.5	Eau de pluie		x			Actualisation avec les données de 2018 - 2020 de la station de Houdelaincourt
2.5.2.6	Synthèse		x			Mise en cohérence de la synthèse avec les actualisations faites dans le chapitre 2.5.2
2.5.3	Synthèse de l'état initial sur la qualité de l'air		x			Mise en cohérence de la synthèse avec les actualisations faites dans le chapitre 2.5
3.2.1.2	Un relief structuré par les lignes de côte et les cours d'eau		x			Précisions apportées à la description du relief de la vallée de la Marne
3.4.2.2	Distribution des types de sols dans l'aire d'étude immédiate		x			Précisions apportées à la description des types de sol dans l'aire d'étude immédiate
3.4.6	Caractéristiques radiologiques des sols		x			Ajout d'un chapitre relatif aux sites de prélèvements
3.5.1	Sites BASOL		x			Actualisation des informations relatives au site BASOL de Joinville
4.2.3	Contexte tectonique de l'aire d'étude rapprochée, en particulier de la zone d'Intérêt pour la recherche approfondie et de la zone d'Implantation des ouvrages souterrains		x			Précisions apportées sur les failles
4.3	Stratigraphie		x			Précisions apportées sur le contexte du Bassin parisien
4.3.2.3	Calcaires du Barrois		x			Précisions apportées sur les Calcaires du Barrois
4.3.2.6.3	La structure porale des argilites du Callovo-Oxfordien		x			Création d'un nouveau chapitre présentant la géochimie des eaux interstitielles du Callovo-Oxfordien, la perméabilité et le processus de diffusion
4.4.2	Isotopes du thorium (Th) et de l'uranium (U)		x			Actualisation des données relatives aux niveaux de radioactivité
4.4.4	État initial radiologique des eaux du Callovo-Oxfordien		x			Création d'un nouveau chapitre présentant l'état radiologique des eaux du Callovo-Oxfordien
4.5.3	Les minerais dans l'aire d'étude éloignée		x			Précisions apportées sur les mines
4.5.6.2	Caractérisation du potentiel géothermique de l'aire d'étude rapprochée		x			Précisions apportées sur les études du potentiel géothermique du sous-sol (sans remise en cause des conclusions de l'Andra)
4.6.1.3	Autres risques de mouvements de terrain		x			Précisions apportées sur le risque de coulée de boue
4.7	Synthèse concernant le sous-sol		x			Mise en cohérence avec les actualisations faites dans le chapitre

Chapitre EI-DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume III de l'EI-DAC
Général 5.2 5.3 5.4	Outils de planification et de réglementation de la gestion des eaux Eaux souterraines Eaux superficielles		x			Actualisation suite à l'adoption du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 (74) et du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 (75-78) (présentation des SDAGE, codification des masses d'eau, vérification des objectifs...)
Général 5.1 5.2 5.3 5.4	Aires d'étude Outils de planification et de réglementation de la gestion des eaux Eaux souterraines Eaux superficielles		x			Actualisation suite à la modification de l'aire d'étude éloignée spécifique pour la thématique eau (description de l'aire d'étude, données présentées et cartes)
Général 5.3 5.4	Eaux souterraines Eaux superficielles		x			Précisions apportées sur les niveaux d'enjeu (quantitatif, qualitatif, usages, risque inondation) pour les eaux souterraines et superficielles pour mieux refléter l'organisation du volume IV
5.2	Outils de planification et de réglementation de la gestion des eaux		x			Regroupement des outils de planification et de réglementation pour les eaux souterraines et les eaux superficielles
5.3.1	Les "masses d'eaux" souterraines		x			Actualisation des masses d'eau avec les SDAGE 2022-2027
5.3.2.1.1	Description des aquifères		x		x	Précisions apportées à la description des aquifères Intégration de la réponse à la recommandation R6 de l'avis de l'Ae sur l'EI-DUP (136)
5.3.2.3	Aquifères du Dogger (masse d'eau FRHG312)		x			Actualisation du titre du chapitre avec le nouveau découpage de la masse d'eau FRHG310
5.3.2.5.2	Calcaires du Dogger versant Meuse sud (masse d'eau n° FRB1G111) et Calcaires du Dogger des côtes de Moselle versant Rhin (masse d'eau n° FRCG110)		x			Ajout de la description des masses d'eau FRB1G111 et FRCG110
5.3.3	Caractérisation de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines		x			Actualisation de l'état quantitatif des masses d'eau avec l'état des lieux 2019
5.3.3.1	Détermination de l'état quantitatif et de l'état chimique des eaux souterraines		x			Déplacement des informations sur les laboratoires dans la partie relative aux textes règlementaires en vigueur Actualisation de la qualité des eaux souterraines avec les données 2019 Actualisation avec les objectifs de qualité du SDAGE 2022-2027 Seine Normandie et Rhin-Meuse (74-78)
5.3.3.1.3	Masse d'eau FRHG312 : Calcaires Dogger entre la Seine et limite de district (ancienne masse d'eau FRHG310)		x			Actualisation avec le découpage de la masse d'eau FRHG310 en FRHG312
5.3.3.2	Synthèse de l'état global des masses d'eau		x			Création d'un chapitre permettant de synthétiser l'état global des masses d'eau
5.3.3.3	Caractéristiques radiologiques		x			Actualisation des données relatives à l'état radiologique des eaux souterraines du Barrois
5.3.4.1	Captages d'alimentation en eau potable (AEP)		x			Actualisation avec les données issues de la campagne de recensement réalisée en 2020 par l'Andra Actualisation avec le découpage de la masse d'eau FRHG310 en FRHG312
5.3.4.1.2	Présentation synthétique des principaux captages d'alimentation en eau potable		x			Actualisation des descriptions de captages et ajout des présentations du forage de Bonnet et des captages de Thonnance-lès-Joinville
5.3.4.1.5	Cas spécifique des points de prélèvements sensibles		x			Ajout d'un chapitre sur les points de prélèvements sensibles
5.3.4.2	Captages d'eau à usage agricole (AEA)		x			Actualisation avec les données issues de la campagne de recensement réalisée en 2020 par l'Andra
5.3.4.3	Captages d'eau à usage industriel (AEI)					
5.3.4.4	Autres captages					

Chapitre EI-DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume III de l'EI-DAC
5.3.6	**Interfaces eaux souterraines et eaux superficielles**		x			Précisions apportées sur les relations nappe-rivière et les rendements hydrologiques
5.4.2	**Caractéristiques hydrologiques et hydromorphologiques et débits des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo**		x			Actualisation des données relatives aux débits avec les données 2018 - 2021 et les données relatives à l'hydromorphologie
5.4.4	**Qualité des eaux superficielles**		x			Actualisation de la qualité des eaux superficielles avec les données 2018 - 2019 Ajout d'un chapitre sur les objectifs des masses d'eau issus des SDAGE 2022-2027 Seine Normandie et Rhin Meuse
5.4.5.3	**Prélèvements d'eaux superficielles pour des usages industriels**		x			Actualisation du recensement des prélèvements
5.4.6.8	**Simulations hydrologiques et hydrauliques**		x			Ajout d'un chapitre relatif aux simulations hydrologiques réalisées au droit de l'Orge, la Bureau et l'Ormançon

Prec-Car : les précisions que les maîtres d'ouvrage apportent aux caractéristiques détaillées des opérations composant le projet global liées à des précisions ou aux évolutions de la conception

Ev-Initial : l'évolution de l'état initial de l'environnement en lien avec la date de dépôt de l'étude d'impact

Ev-Reg : les évolutions réglementaires

Prec-RepSI : précisions que les maîtres d'ouvrage apportent aux caractéristiques détaillées des opérations composant le projet global liées aux réponses apportées aux remarques émises par les services instructeurs lors de l'instruction de la précédente étude d'impact

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1-1 Aire d'étude immédiate et aire d'étude spécifique à l'opération de sécurisation de la ligne aérienne 400 kV 9
Figure 2-1 Localisation des stations météorologiques de référence 12
Figure 2-2 SRADDET, le schéma des schémas 15
Figure 2-3 Axes, règles et mesures d'accompagnement présentés dans le SRADDET Grand Est 16
Figure 2-4 Évolution du cumul annuel moyen de précipitations à Houdelaincourt et à Saint-Dizier (1980-2019) 19
Figure 2-5 Moyennes des précipitations mensuelles (mm) à Houdelaincourt et Saint-Dizier pour la période 2012-2019 20
Figure 2-6 Évolution des températures moyennes annuelles (en degrés °C) mesurées à Saint-Dizier (1981-2019), à Cirfontaines (1981-2019) et à Houdelaincourt (2012-2019) 21
Figure 2-7 Variation moyenne mensuelle de la température sur la période du 01/01/2015 au 31/12/2019, à la station d'Houdelaincourt 22
Figure 2-8 Rose des vents de Saint-Dizier, période 1999-2019 (haut à gauche), période 2012-2019 (haut à droite), et de Houdelaincourt période 2012-2019 (bas) 22
Figure 2-9 Durées d'ensoleillement moyen (en heures) à Saint-Dizier (1981-2019) 24
Figure 2-10 Durées d'ensoleillement moyen (en heures) à Houdelaincourt (2012-2020) 24
Figure 2-11 Schématisation de l'évapotranspiration 24
Figure 2-12 Vents maximums enregistrés en France le 26/12/1999 25
Figure 2-13 Production d'énergie renouvelable en région Grand Est par filière en 2019 (25) 29
Figure 2-14 Schématisation de l'effet de serre 30
Figure 2-15 Émissions directes de gaz à effet de serre de la région Grand Est en 2018 (tCO_2e) 30
Figure 2-16 Émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre du Pays Barrois en 2018 (tCO_2e) 31
Figure 2-17 Carte de la capacité de séquestration carbone dans les aires d'étude éloignée et immédiate du milieu physique 33
Figure 2-18 Qu'est-ce que la pollution de l'air ? 34
Figure 2-19 Localisation des points de mesures de la qualité de l'air 35
Figure 2-20 Évolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³) 37
Figure 2-21 Sectorisation des émissions de NOx sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 37
Figure 2-22 Évolution des teneurs annuelles en NO_2 et des maximas horaires à Houdelaincourt (2011-2020) 37
Figure 2-23 Évolution des concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³) 38
Figure 2-24 Sectorisation des émissions de SO_2 sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 38
Figure 2-25 Évolution des teneurs moyennes annuelles en SO_2 et des maximas horaires à Houdelaincourt (2011-2020) 39
Figure 2-26 Évolution des concentrations moyennes annuelles en ozone selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³) 39
Figure 2-27 Évolution de l'AOT40 et du maximum journalier sur huit heures en O_3 à Houdelaincourt (2011-2020) 40
Figure 2-28 Sectorisation des émissions de CO sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 40
Figure 2-29 Évolution des concentrations annuelles et des moyennes glissantes maximales sur huit heures en CO à Houdelaincourt (2011-2020) 41
Figure 2-30 Évolution des concentrations moyennes annuelles en particules PM_{10} selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³) 41
Figure 2-31 Sectorisation des émissions de PM_{10} sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 42
Figure 2-32 Évolution des concentrations annuelles et des maxima journaliers en PM_{10} à Houdelaincourt (2011-2020) 42
Figure 2-33 Évolution des concentrations moyennes annuelles en particules fines $PM_{2,5}$ selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³) 43
Figure 2-34 Sectorisation des émissions de $PM_{2,5}$ sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 43
Figure 2-35 Évolution des concentrations en $PM_{2,5}$ sur Houdelaincourt (2012-2018) 43
Figure 2-36 Évolution des concentrations moyennes annuelles en benzène selon l'influence de 2016 à 2020 (en µg/m³) 44
Figure 2-37 Sectorisation des émissions de benzène sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 44
Figure 2-38 Concentrations moyennes obtenues en benzène par campagne de mesures à Houdelaincourt en 2020 44
Figure 2-39 Évolution des concentrations moyennes annuelles en benzo(a)pyrène selon l'influence de 2016 à 2020 (en ng/m³) 45
Figure 2-40 Émissions des HAP par secteur d'activité en 2017 45
Figure 2-41 Valeurs minimales et maximales obtenues en HAP (ng/m³) dans les PM_{10} à Houdelaincourt en 2020 45
Figure 2-42 Évolution des concentrations moyennes annuelles en métaux lourds selon l'influence de 2016 à 2020 (en ng/m³ pour l'arsenic, le cadmium et le nickel, et en µg/m³ pour le plomb) 46
Figure 2-43 Sectorisation des émissions des éléments traces métalliques sur l'aire d'étude rapprochée en 2019 47
Figure 2-44 Teneurs moyennes obtenues en éléments traces métalliques dans les PM_{10} à Houdelaincourt en 2020 47
Figure 2-45 Évolution des concentrations en nickel dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020) 47
Figure 2-46 Évolution des concentrations en arsenic dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020) 47
Figure 2-47 Évolution des concentrations en cadmium dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020) 48
Figure 2-48 Évolution des concentrations en plomb dans les PM10 à Houdelaincourt (2012-2020) 48
Figure 2-49 Niveaux de radioactivité moyens mesurés dans l'air en France (2007-2017) et à la station d'Houdelaincourt 52
Figure 3-1 Carte géologique simplifiée du Bassin parisien (Mégnien et al., 1980 (35-37)) 54
Figure 3-2 Coupe géologique simplifiée (AB) orientée ONO/ESE du Bassin parisien (Perrodon., 1990 (38)) 54
Figure 3-3 Relief de côte ou de cuesta 55
Figure 3-4 Succession des lignes de côtes de la bordure est du Bassin parisien 55
Figure 3-5 Reliefs traversés par la ligne électrique 400 kV 56
Figure 3-6 Carte topographique - Partie sud 58
Figure 3-7 Carte topographique - Partie nord 59
Figure 3-8 Occupation du sol (Corine land cover, 2018 (39)) 61
Figure 3-9 Schématisation des étapes de la formation d'un sol 62
Figure 3-10 Carte pédo logique du Référentiel régional pédologique (RRP), au 1/250 000, au niveau de l'aire d'étude éloignée 65
Figure 3-11 Carte pédo logique au 1/50 000 au niveau de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo 66
Figure 3-12 Légende de la carte pédo logique au 1/50 000 67

Figure 3-13 Chaînes de désintégration de l'Uranium-238, du Thiorium-232 et de l'Uranium-235 69
Figure 3-14 Schéma de synthèse de l'équilibre séculaire 70
Figure 3-15 Comparaison des activités massiques entre les sols OPE et les sols français d'après IRSN (43) 70
Figure 3-16 Sites industriels et activités de services recensés dans l'aire d'étude rapprochée (source : BASIAS) 71
Figure 3-17 Ancien site de l'usine de fabrication de meubles (Meuble Universal Style) et futur site d'implantation de la plateforme logistique 73
Figure 3-18 Décharge de Gondrecourt-le-Château avant les travaux de dépollution menés par l'Andra en 2019 73
Figure 4-1 Les différentes aires d'étude du facteur sous-sol 79
Figure 4-2 Constitution du globe terrestre 80
Figure 4-3 Contexte géodynamique de la plateforme ouest-européenne (et de la France) au droit de la collision Europe/Afrique 80
Figure 4-4 Interprétation du profil pétrolier 88BIE02 montrant l'amortissement du fossé de Gondrecourt en profondeur au toit du Permien (cf. Figure 4-5 pour la localisation) 81
Figure 4-5 Contexte tectonique local 83
Figure 4-6 Échelle des temps géologiques 84
Figure 4-7 Bloc diagramme géologique du Bassin parisien 85
Figure 4-8 Carte géologique simplifiée le long de la ligne électrique 400 kV 86
Figure 4-9 Succession schématique des formations géologiques de l'aire d'étude éloignée 87
Figure 4-10 Carte géologique simplifiée de l'aire d'étude éloignée 87
Figure 4-11 Argilites du Callovo-Oxfordien 89
Figure 4-12 Unités géologiques représentatives du Callovo-Oxfordien : unité argileuse (UA), unité de transition (UT) et unité silto-carbonatée (USC). Les limites géologiques du Callovo-Oxfordien sont données par les surfaces stratigraphiques LS0 et SNC 90
Figure 4-13 Les différents types de géothermie (BRGM) 96
Figure 4-14 Risques géologiques 98
Figure 4-15 Risque lié au retrait/gonflement des argiles le long de la ligne électrique 400 kV 99
Figure 4-16 Zonage sismique en France et instrumentale (base SiHex – Cara et al., 2015 à droite) (62, 63) 100
Figure 4-17 Sismicité historique (base SisFrance à gauche) et instrumentale (base SiHex – Cara et al., 2015 à droite) (62, 63) et localisation de la région de Meuse/Haute-Marne 100
Figure 4-18 Carte de la sismicité naturelle de la « zone Andra » sur la période 1962- 2020 sur fond géologique (trimestre courant : octobre-novembre-décembre 2020) 101
Figure 4-19 Carte de la sismicité totale (naturelle, induite et tirs de carrière) de 1962 à 2020 102
Figure 5-1 Aires d'étude pour la thématique eau 106
Figure 5-2 Les 11 SDAGEs en France métropolitaine et d'outre-mer (source Gest'eau (73)) 109
Figure 5-3 Correspondances « masses d'eaux » (DCE) et « aquifères » au droit du centre de stockage Cigéo 113
Figure 5-4 Masses d'eau souterraine rencontrées à l'affleurement sur l'aire d'étude éloignée 117
Figure 5-5 Modèle hydrogéologique des Calcaires du Barrois 119
Figure 5-6 Piézométrie de hautes eaux des Calcaires du Barrois au niveau de la zone de transposition et de la ZIRA 120
Figure 5-7 Piézométrie de l'aquifère de l'Oxfordien calcaire 121
Figure 5-8 Carte et coupe géologique au droit de vallée de l'Orge en amont de Saudron 122
Figure 5-9 Localisation des stations de suivi de la qualité des eaux souterraines de l'Andra 126
Figure 5-10 Concentration moyenne annuelle des paramètres déclassants de la qualité des eaux souterraines 2014-2019 – Masse d'eau des Calcaires du Barrois 128
Figure 5-11 Concentration moyenne annuelle des paramètres déclassant de la qualité des eaux souterraines 2014-2019 – Masse d'eau des Calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien 129
Figure 5-12 Localisation des points de prélèvement des échantillons pour les mesures de la radioactivité dans les eaux souterraines (Calcaires du Barrois) 133
Figure 5-13 Ensemble des captages d'alimentation en eau potable des collectivités et périmètres de protection associés recensés dans l'aire d'étude éloignée (source ARS, dernière actualisation avril 2022) 140
Figure 5-14 Captages dans les Calcaires du Barrois et périmètres de protection associés recensés dans l'aire d'étude éloignée (source ARS, actualisation avril 2022) 141
Figure 5-15 Captages dans les Calcaires du Kimméridgien et périmètres de protection associés recensés dans l'aire d'étude éloignée (source ARS, actualisation avril 2022) 142
Figure 5-16 Identification de la zone de recharge de la nappe qui alimente le captage de la source de Massonfosse et le forage 1977 d'Échenay (Source : avis hydrogéologue agréé) 146
Figure 5-17 Localisation des captages d'eau hors usage AEP (sources BRGM – novembre 2019 et actualisation mai 2022 – et Andra – campagne de recensement 2020) 149
Figure 5-18 Risques d'inondation par remontée de nappe au droit de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et de l'aire d'étude de la ligne 400 kV (source : BRGM) 151
Figure 5-19 Schéma de fonctionnement des vallons secs 152
Figure 5-20 Localisation des vallons secs dans la lithostratigraphie 152
Figure 5-21 Carte des rendements hydrologiques à l'étiage 154
Figure 5-22 Carte des rendements hydrologiques en moyennes eaux 154
Figure 5-23 Carte des rendements hydrologiques en hautes eaux 155
Figure 5-24 Synthèse des informations hydrogéologiques des relations de l'Orge, de La Bureau et de l'Ormançon avec l'aquifère des Calcaires du Barrois 156
Figure 5-25 Définition des entités hydrographiques de la classification du Sandre, novembre 2019 158
Figure 5-26 Contexte général du réseau hydrographique au niveau régional 159
Figure 5-27 Carte des sous-secteurs hydrographiques et des zones hydrographiques présents dans l'aire d'étude éloignée du milieu physique (source : Sandre, novembre 2019) 160
Figure 5-28 Cartographie des masses d'eau dans l'aire d'étude éloignée 165
Figure 5-29 Localisation des secteurs hydrographiques recoupés par la ligne 400 kV (source: RTE, juin 2020 (101)) 168
Figure 5-30 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de l'Aube du confluent de la Voire (exclu) au confluent du Meldançon (inclus) (source : RTE, juin 2020 (101)) 169
Figure 5-31 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique la Voire de sa source au confluent de l'Aube (source : RTE, juin 2020 (101)) 170
Figure 5-32 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de la Blaise de sa source au confluent de la Marne (source : RTE, juin 2020 (101)) 171
Figure 5-33 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de la Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe (source : RTE, juin 2020 (101)) 172
Figure 5-34 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique de l'Aroffe (source : RTE, juin 2020 (101)) 173
Figure 5-35 Carte des zones hydrographiques du sous-secteur hydrographique du Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle (source : RTE, juin 2020 (101)) 174
Figure 5-36 Densité du réseau hydrographique dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo 178
Figure 5-37 Densité du réseau hydrographique dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV (source : RTE, juin 2020 (101)) 179
Figure 5-38 Carte des stations de suivi hydraulique des eaux superficielles (Andra, banque Hydro, OFB, ONDE) 181
Figure 5-39 Débits moyens mensuels (m^3/s) mesurés sur la Marne de 1999 à 2021 (banque HYDRO au 09/04/2021) 182
Figure 5-40 Débits moyens mensuels (m^3/s) calculés sur la Saulx de 2011 à 2019 ou extraits du site Banque Hydro sur la période 1997 à 2021 (au 09/04/2021) 185
Figure 5-41 Vue de la partie amont de l'Orge au niveau du franchissement avec la route départementale 175 (Andra – septembre 2019) 186
Figure 5-42 Vue de l'Orge au niveau de la traversée de Saudron (Andra – septembre 2019) 186
Figure 5-43 Vue de l'Orge après le franchissement de la route départementale D132 et avant la confluence avec La Bureau (Andra – septembre 2019) 187
Figure 5-44 Contexte géologique de la vallée de l'Orge 187
Figure 5-45 Débits instantanés - Orge (14/11/2017 et 05/04/2018) 188
Figure 5-46 Débits instantanés - Orge (21/06/2017) 188

Figure 5-47 Localisation des points de jaugeage sur l'Orge 188
Figure 5-48 Coupe géologique – hydrologique schématique de l'Orge en amont de Saudron 190
Figure 5-49 Description du régime hydraulique de l'Orge 190
Figure 5-50 Vue comparative de l'Orge au droit de Saudron en période de hautes eaux (janv. 2018) et de basses eaux (oct. 2017) 191
Figure 5-51 Vue depuis la rive gauche de l'Orge au droit du futur point de rejet de la zone descenderie sud (Andra, avril 2019) 192
Figure 5-52 Vue de l'érosion de berge en rive gauche de l'Orge au droit de la route départementale D175 (Andra, avril 2019) 192
Figure 5-53 Vue de la Bureau au niveau du franchissement avec la route départementale D127 (Andra – septembre 2019) 193
Figure 5-54 Localisation des points de jaugeage sur la Bureau 194
Figure 5-55 Vue comparative vers la partie amont de La Bureau au niveau du franchissement de la route départementale D127 en oct. 2017 et en janv. 2018 195
Figure 5-56 Description du régime hydraulique de la Bureau 196
Figure 5-57 Vue du radier à sec au passage de la Bureau sous la route départementale D 127 (Andra, avril 2019) 196
Figure 5-58 Vue de l'accumulation de blocs calcaires charriés sur le radier à sec au passage de la Bureau sous la route départementale D 132 (Andra, avril 2019) 197
Figure 5-59 Vue de l'Ormançon au niveau du lavoir de Mandres-en-Barrois (Andra- septembre 2019) 197
Figure 5-60 Vue de l'Ormançon au niveau de la vallée entre le bois Lejuc (gauche) et le bois de la Bassinière (droite) (avril 2019) 198
Figure 5-61 Débits instantanés - Ormançon (14/11/2017 et 05/04/2018) 198
Figure 5-62 Débits instantanés - Ormançon (21/06/2017) 198
Figure 5-63 Localisation des points de jaugeage sur l'Ormançon 199
Figure 5-64 Description du régime hydraulique de l'Ormançon 200
Figure 5-65 Vue comparative de la section aval de l'Ormançon au niveau de la route départementale D191 en octobre 2017 et en janvier 2018 201
Figure 5-66 Vue depuis la rive droite de l'Ormançon au droit du futur point de rejet de la zone puits nord (avril 2019) 202
Figure 5-67 Vue de la confluence de l'Ormançon avec l'Ornain au niveau de Laneuville (Andra – septembre 2019) 202
Figure 5-68 Vue du ruisseau de l'Étang au droit du franchissement de la route départementale D32 (Andra – septembre 2019) 203
Figure 5-69 Vue du ruisseau de Naillemont (Andra – septembre 2019) 204
Figure 5-70 Vue de l'Ornain après la confluence du ru de l'Ognon et du ruisseau Maldite (Andra - septembre 2019) 204
Figure 5-71 Vue de l'Ornain avant la prise VNF d'Houdelaincourt (Andra – septembre 2019) 205
Figure 5-72 Vue de l'Ornain au niveau de la prise VNF d'Houdelaincourt avec le cours de l'Ornain (en face) et le début du canal de la Marne au Rhin (à droite) (Andra – septembre 2019) 205
Figure 5-73 Vue du ruisseau des Peux au droit de la route communale entre Abainville et Bonnet (Andra – septembre 2019) 207
Figure 5-74 Vue du ruisseau des Grandes Fontaines avant le canal de La Marne au Rhin (Andra – septembre 2019) 208
Figure 5-75 Vue du canal de la Marne au Rhin après la traversé d'Houdelaincourt (Andra – septembre 2019) 208
Figure 5-76 Le plan d'eau de Gillaumé sur l'Orge (Andra – novembre 2019) 211
Figure 5-77 Vue du plan d'eau de la Balastière (Andra – septembre 2019) 212
Figure 5-78 Localisation des plans d'eau concernés par le projet global Cigéo 212
Figure 5-79 Carte des stations de suivi de la qualité des eaux superficielles (Andra ou recensées dans la Banque Hydro) 213
Figure 5-80 État chimique des masses d'eau (source : DREAL, état des lieux 2019° 218
Figure 5-81 État chimique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif à la qualité des eaux (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de la Marne. Les données sont issues des suivis Andra et des résultats des états lieux réalisés par les agences de l'eau en 2019 219
Figure 5-82 État chimique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif à la qualité des eaux (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de la Saulx 220
Figure 5-83 État chimique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 relatif à la qualité des eaux (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de l'Ornain 221
Figure 5-84 État écologique des masses d'eau (source : DREAL – État des lieux 2019) 223
Figure 5-85 État écologique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de La Marne 224
Figure 5-86 État écologique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de La Saulx 225
Figure 5-87 État écologique des cours d'eau selon l'arrêté du 27 juillet 2015 (120) puis selon l'arrêté modificatif du 27 juillet 2018 (121) – Bassin versant de l'Ornain 226
Figure 5-88 État chimique des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV – Source SDAGE Seine-Normandie – SDAGE Rhin-Meuse, État des lieux 2019 (74-78) 228
Figure 5-89 État écologique des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV – Source SDAGE Seine-Normandie – SDAGE Rhin-Meuse, État des lieux 2019 (74-78) 229
Figure 5-90 Prélèvements d'eaux superficielles pour des usages industriels dans l'aire d'étude éloignée 233
Figure 5-91 Localisation de la ligne 400 kV dans la vallée de la Blaise (Source : RTE, juin 2020) 240
Figure 5-92 Atlas des zones inondables (source : DIREN, 2008 (125)) 241
Figure 5-93 Plan de prévention des risques inondation recensés dans l'aire d'étude éloignée (sources : DDT Meuse et Haute-Marne) 242
Figure 5-94 Localisation de la ligne 400 kV au droit de la vallée de la Marne (Source : RTE, juin 2020) 243
Figure 5-95 Localisation de la ligne 400 kV au niveau du plan de prévention des risques de la Meuse (source : RTE, juin 2020 (101)) 244
Figure 5-96 Détail des zonages du plan de prévention du risque inondation de l'Ornain et interface avec la ligne ferroviaire 027000 (de Tronville-en-Barrois à Tréveray) 245
Figure 5-97 Détail des zonages du PPRI de l'Ornain et interface avec la ligne ferroviaire 027000 (de Tréveray à Gondrecourt-le-Château) 246
Figure 5-98 L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour de 10 ans 249
Figure 5-99 L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 100 ans 250
Figure 5-100 La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 10 ans 251
Figure 5-101 La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 100 ans 252
Figure 5-102 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 10 ans 253
Figure 5-103 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (mètre), conditions actuelles d'utilisation du sol avec une période de retour 100 ans 254

Tableaux

Tableau 2-1	Le PPE 2019-2028 en quelques chiffres	13
Tableau 2-2	Règles et mesures du chapitre climat-air-énergie du SRADDET Grand Est	17
Tableau 2-3	Cumuls annuels de précipitations à Houdelaincourt, Saint-Dizier et Cirfontaines-en-Ornois (2012-2019)	19
Tableau 2-4	Nombre de jours pluvieux moyen par mois à Saint-Dizier (1981 - 2010)*	20
Tableau 2-5	Hauteurs quotidiennes maximales de précipitations (mm) enregistrées à Saint-Dizier (avril 1954- septembre 2020)	20
Tableau 2-6	Nombre moyen de jour de brouillard, d'orage, de grêle ou de neige à Saint-Dizier (1981-2010)*	20
Tableau 2-7	Températures moyennes annuelles enregistrées à Saint-Dizier et à Houdelaincourt (2012-2019)	21
Tableau 2-8	Extrema de température enregistrés à Saint-Dizier sur la période de juin 1953 à septembre 2020	21
Tableau 2-9	Moyenne des humidités relatives mensuelles (en %) à Saint-Dizier (1980-2019)	23
Tableau 2-10	Bilan de la production énergétique (GWh) du Pays Barrois (2018) par vecteur	28
Tableau 2-11	Consommation d'énergie (en GWh) dans le Pays Barrois (2018) par source	28
Tableau 2-12	Consommation d'énergie (en GWh) dans le Pays Barrois (2018) par secteur	28
Tableau 2-13	Production d'énergies renouvelables dans le Pays Barrois par filière (2018) (24)	29
Tableau 2-14	Capacité de séquestration carbone par l'écosystème	32
Tableau 2-15	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote (NO_2)	36
Tableau 2-16	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le dioxyde de soufre (SO_2)	38
Tableau 2-17	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour l'ozone (O_3)	39
Tableau 2-18	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le monoxyde de carbone (CO)	40
Tableau 2-19	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour les particules PM_{10}	41
Tableau 2-20	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour les particules $PM_{2,5}$	42
Tableau 2-21	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le benzène	44
Tableau 2-22	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour le benzo(a)pyrène	45
Tableau 2-23	Valeurs réglementaires de qualité de l'air pour les éléments traces métalliques (ETM)	46
Tableau 2-24	Liste des principaux éléments radioactifs mesurés dans l'air	49
Tableau 2-25	Niveaux de radioactivité dans les eaux de pluie recueillies à la station d'Houdelaincourt (2013-2016)	51
Tableau 2-26	Synthèse des niveaux radioactivité mesurés dans l'air à la station atmosphérique d'Houdelaincourt	51
Tableau 3-1	Caractéristiques des unités de sols de la carte pédologique au 1/250000 sur l'aire d'étude éloignée	68
Tableau 3-2	Liste des éléments radioactifs recherchés dans les sols	69
Tableau 3-3	Variabilité de l'activité volumique du radon dans l'air du sol en fonction de la géologie d'après des mesures réalisées dans plusieurs régions de France	70
Tableau 3-4	Niveaux de radioactivité mesurés dans les sols de l'aire d'étude rapprochée du milieu physique (prélèvements en 2010)	70
Tableau 3-5	Sites industriels et activités de service de la base de données BASIAS localisés dans la partie sud de l'aire d'étude immédiate du centre de stockage Cigéo et à l'amont hydraulique proche du centre de stockage.	72
Tableau 4-1	Correspondance des formations géologiques aux dénominations locales présentes dans la représentation schématique des formations géologiques et les formations géologiques à l'affleurement présentées sur la carte géologique.	88
Tableau 4-2	Composition chimique (moyenne ± écart-type) des argilites de la couche géologique du Callovo-Oxfordien	91
Tableau 4-3	Composition géochimique des eaux issues de l'expérience PAC et celle déterminée par modélisation (modèle Thermoar de Gaucher et al., 2009 (54))	92
Tableau 4-4	Synthèse des niveaux de radioactivité mesurés dans le sous-sol (prélèvements d'échantillons effectués entre 1994 et 2008, mesures par ICP-MS pour U et Th)	93
Tableau 4-5	Niveaux de radioactivité dans l'eau du Callovo-Oxfordien (mesures effectuées sur un échantillon d'eau provenant du forage GIS1002)	94
Tableau 4-6	Activité liée au radon 222 mesurée sur un échantillon de gaz à l'équilibre avec la roche du Callovo-Oxfordien (forage POX1201)	94
Tableau 4-7	Installations de géothermie de très basse énergie sur la ZT et au-delà	96
Tableau 5-1	Définition des aires d'étude utilisées pour caractériser l'eau	107
Tableau 5-2	Échelle et signification des perméabilités des roches	114
Tableau 5-3	Répartition des masses d'eau souterraines concernées par le projet global Cigéo par opération	115
Tableau 5-4	État quantitatif des masses d'eau (états des lieux Agence de l'eau 2019)	125
Tableau 5-5	État global des masses d'eau (état des lieux 2019 de l'Agence de l'eau Seine-Normandie)	130
Tableau 5-6	Valeur indicative des niveaux de radioactivité de référence dans les eaux destinées à la consommation humaine	131
Tableau 5-7	Niveaux de radioactivité dans les eaux souterraines du Barrois	132
Tableau 5-8	Niveaux de radioactivité dans l'eau souterraine profonde (Nappes du Dogger et de l'Oxfordien calcaire)	134
Tableau 5-9	Liste des captages AEP pour l'alimentation en eau potable des collectivités au sein de l'aire d'étude éloignée (dernière actualisation avril 2022)	135
Tableau 5-10	Liste des captages AEP dont l'usage d'alimentation en eau potable individuel est à confirmer au sein de l'aire d'étude éloignée (octobre 2019 et avril 2022)	138
Tableau 5-11	Ouvrages d'alimentation en eau potable concernés par le projet global Cigéo par opération	147
Tableau 5-12	Masses d'eau de surface et zones hydrographiques par sous-secteur hydrographique	162
Tableau 5-13	Répartition des cours d'eau concernés par le projet global Cigéo par opération	176
Tableau 5-14	Débits moyens mensuels (m^3/s) mesurés sur la Marne de 1999 à 2021 (au 09/04/2021) (banque HYDRO)	182
Tableau 5-15	Caractéristiques hydrologiques (m^3/s) des stations de référence de la Marne en Haute-Marne	183
Tableau 5-16	Caractéristiques (m^3/s) de station de référence du Rongeant en Haute-Marne	183
Tableau 5-17	Synthèse des données hydromorphologiques de la Saulx	184
Tableau 5-18	Débits moyens mensuel (m^3/s) mesurés et calculés sur la Saulx de 2012 à 2019 ou extraits du site Banque Hydro sur la période 1997 à 2021 (au 09/04/2021)	185
Tableau 5-19	Débit journalier maximum (m^3/s) calculé sur la Saulx de 2012 à 2017 ou extraits du site Banque Hydro sur la période 1997 à 2021 (au 09/04/2021)	185
Tableau 5-20	Débits caractéristiques de la Saulx (OFB)	186
Tableau 5-21	Synthèse des données hydromorphologiques de l'Orge	187
Tableau 5-22	Synthèse des débits à l'exutoire des bassins versant actuel de l'Orge	189
Tableau 5-23	Assecs de l'Orge à Ribeaucourt entre mai et septembre sur la période 2013-2021	189
Tableau 5-24	Débits instantanés maximum (m^3/s^1) (Qinst max) mesurés sur l'Orge entre 2011 et 2019	189
Tableau 5-25	Débits instantanés maximum (m^3/s^{-1}) mesurés à la source du Cité et à la source du Bindeuil	193
Tableau 5-26	Débits instantanés maximum de la Bureau (m^3/s)	193
Tableau 5-27	Synthèse des débits à l'exutoire du bassin versant actuel de la Bureau	194
Tableau 5-28	Synthèse des données hydromorphologiques de l'Ormançon	197
Tableau 5-29	Débits caractéristiques de l'Ormançon (OFB)	198
Tableau 5-30	Synthèse des débits à l'exutoire du bassin versant actuel de l'Ormançon	199
Tableau 5-31	Assecs de l'Ormançon à l'amont de Laneuville entre mai et septembre sur la période 2013-2021	200
Tableau 5-32	Synthèse des données hydromorphologiques du ruisseau de l'Étang	202
Tableau 5-33	Débits caractéristiques du ruisseau de l'Étang	203
Tableau 5-34	Synthèse des données hydromorphologiques du ruisseau de Naillemont	203
Tableau 5-35	Débits caractéristiques du ruisseau de Naillemont (OFB)	204
Tableau 5-36	Synthèse des données hydromorphologiques de l'Ornain	205
Tableau 5-37	Débits moyens mensuels (m^3/s) calculés sur l'Ornain, de 1988 à 2021 (au 09/04/2021)	206
Tableau 5-38	Débits journaliers maximum ($m^3.s^{-1}.j^{-1}$) et débits instantanés maximum (m^3/s) enregistrés sur l'Ornain	206

Tableau 5-39	Débits moyens mensuels (m^3/s) mesurés et calculés sur l'Ornain de 2012 à 2019 (données OPE)	206
Tableau 5-40	Débits caractéristiques de l'Ornain	206
Tableau 5-41	Synthèse des données hydromorphologiques du ruisseau de Richecourt	207
Tableau 5-42	Débits caractéristiques du ruisseau de Richecourt	207
Tableau 5-43	Objectifs d'état des masses d'eau, SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands (74)	215
Tableau 5-44	Valeur indicative des niveaux de radioactivité de référence dans les eaux destinées à la consommation humaine	230
Tableau 5-45	Niveaux de radioactivité dans les eaux superficielles	230
Tableau 5-46	Niveaux de radioactivité mesurés en tritium (3H) et carbone 14 (14C) dans les bio-indicateurs aquatiques	230
Tableau 5-47	Liste des établissements industriels prélevant de l'eau dans l'aire d'étude éloignée (Source BNPE, 2019)	231
Tableau 5-48	Liste des établissements de pisciculture ou astaciculture dans l'aire d'étude éloignée	231
Tableau 5-49	Prélèvements d'eau lié au canal entre Champagne et Bourgogne (source BNPE, données 2019)	232
Tableau 5-50	Liste des usages des prélèvements en eau réalisés sur l'Ornain	232
Tableau 5-51	Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par l'aire d'étude éloignée pour le bassin versant de La Marne	234
Tableau 5-52	Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par l'aire d'étude éloignée pour le bassin versant de La Saulx	234
Tableau 5-53	Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par l'aire d'étude éloignée pour le bassin versant de l'Ornain	234
Tableau 5-54	Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV pour le bassin versant de l'Aube	235
Tableau 5-55	Catégorie piscicole des cours d'eau concernés par la ligne 400 kV pour le bassin versant de la Meuse	235
Tableau 5-56	Cours d'eau classés en liste 1	236
Tableau 5-57	Cours d'eau classés en liste 2	237
Tableau 5-58	Débits de pointe en conditions actuelles d'utilisation du sol	248

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1 Décret n°2022-993 du 7 juillet 2022 déclarant d'utilité publique le centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue Cigéo et portant mise en compatibilité du schéma de cohérence territoriale du Pays Barrois (Meuse), du plan local d'urbanisme intercommunal de la Haute-Saulx (Meuse) et du plan local d'urbanisme de Gondrecourt-le-Château (Meuse). Ministère de la Transition énergétique (2022). Journal officiel de la République française. Vol. 13, N°0157.

2 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 8 - Étude de maîtrise des risques. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-19-0037.

3 Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Assemblée nationale; Sénat (2015). Journal officiel de la République française. Vol. 1, N°0189, pp.14263.

4 Loi n°2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (2019). Journal officiel de la République française.

5 Loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. Assemblée nationale; Sénat (2021). Journal officiel de la République française. Vol. 1, N°0196.

6 Programmation pluriannuelle de l'énergie. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016).

7 Décret n°2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie. Ministère de la Transition écologique et Solidaire (2020).

8 Stratégie française pour l'énergie et le climat : programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028 - Projet pour consultation. Ministère de la Transition écologique et Solidaire (2019).

9 Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Ministère de la Transition écologique et Solidaire (2020). Consulté le 23/06/2020. Disponible à l'adresse : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc.

10 Décret n°2020-457 du 21 avril 2020 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone. Premier ministre (2020). Journal officiel de la République française. Vol. 4, N°0099.

11 Décret n°2017-949 du 10 mai 2017 fixant les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques en application de l'article L. 222-9 du code de l'environnement (2017). Journal officiel de la République française.

12 Arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, en charge des Relations internationales sur le climat (2017). Journal officiel de la République française. Vol. 37, N°0110.

13 Réunion du Groupe Santé Environnement : présentation du 4e plan national santé environnement. Ministère des Solidarités et de la Santé (2020). Consulté le 2021. Disponible à l'adresse : https://solidarites-sante.gouv.fr/actualites/actualites-du-ministere/article/reunion-du-groupe-sante-environnement-presentation-du-4e-plan-national-sante.

14 Plan climat air énergie territorial du Pays Barrois : rapport de diagnostic. Pays Barrois (2021). Disponible à l'adresse : https://www.planclimat-paysbarrois.com/library/userfiles/2021_03_Diagnostic_PCAET_VF.pdf.

15 Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) - Rapport - Parties 1 Diagnostic territorial, 2 Stratégie, 3 Cartes et fascicule. Grand Est Territoires (2019). Disponible à l'adresse : https://www.grandest.fr/grandestterritoires/.

16 Santé environnement Grand Est - 3ème plan régional 2017>2021. Région Grand Est (2017).

17 Le Schéma régional biomasse Grand Est approuvé. DREAL Grand Est (2021). Consulté le 04/11/2021. Disponible à l'adresse : http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-regional-biomasse-grand-est-est-approuve-a20400.html.

18 Avis délibéré l'Autorité environnementale sur le schéma régional biomasse Grand-Est. Autorité environnementale (2020). N°Ae 2020-33. 27 p. Disponible à l'adresse : http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/201021_srb_grand_est_delibere_cle04a483.pdf.

19 Schéma de cohérence territoriale du Pays Barrois : dossier SCoT approuvé. Pays Barrois (2014). 541 p. Disponible à l'adresse : http://www.paysbarrois.com/les-missions-du-pays-barrois/schema-de-coherence-territoriale-scot/les-documents-du-scot.

20 Dossier départemental des risques majeurs (DDRM). Direction départementale des territoires Haute-Marne (2017). 108 p. Disponible à l'adresse : https://www.lozere.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-Risques-naturels-et-technologiques/Risques-naturels/L-information-preventive-Le-role-du-prefet-DDRM-du-maire-DICRIM-du-citoyen/Le-role-du-Prefet-DDRM/le-Dossier-Departemental-des-Risques-Majeurs-2017.

21 Dossier départemental des risques majeurs (DDRM). Département de la Meuse (2019). 136 p. Disponible à l'adresse : http://webissimo-ide.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1_ddrm_signe_cle721125.pdf.

22 Jouzel, J., Ouzeau, G., Déqué, M., Jouini, M., Planton, S., Vautard, R. Le climat de la France au XXIe siècle., Volume 4 : Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014). 64 p. Disponible à l'adresse : https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/144000543.pdf.

23 Chiffres clés 2018 : Consommations et productions d'énergie, émissions de GES et de polluants, vulnérabilité (Région Grand Est). ATMO Grand Est (2020). N°ACC-EN-251. 72 p. Disponible à l'adresse : http://www.atmo-grandest.eu/sites/prod/files/2020-10/Observatoire%20chiffres%20cl%C3%A9s%202018%20%C3%A9dition%202020.pdf.

24 Chiffres clés 2018 - Consommations et productions d'énergie, émissions de GES et de polluants, vulnérabilité (PETR Du Pays Barrois). ATMO Grand Est (2020). 64 p. Disponible à l'adresse : https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/Chiffres_clés_Ed2020_PETR%20du%20Pays%20Barrois.pdf.

25 Bilan année 2019 - Panorama des énergies renouvelables et de la récupération en région Grand Est. DREAL Grand Est (2020). 52 p. Disponible à l'adresse : http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2020-panorama_enr-impf.pdf.

26 Diagnostic Bilan Carbone® Approche Territoire et évaluation du Plan Climat Territorial du Pays Barrois. Ecota Conseil; B&L évolution (2014). 213 p. Disponible à l'adresse : http://www.paysbarrois.com/files/rapport-final-evaluation-pct-2013.pdf.

27 Structuration de la filière bois. Pays Barrois (2020). Consulté le 18/02/2021. Disponible à l'adresse : http://www.paysbarrois.com/les-actions-sur-le-territoire/valorisation-des-ressources-locales/structuration-de-la-filiere-bois.

28 Chiffres clés 2017 Consommations et productions d'énergie, émissions de GES et de polluants - Région Grand Est. ATMO Grand Est (2019). 72 p. Disponible à l'adresse : https://observatoire.atmo-grandest.eu/wp-content/uploads/publications/Chiffres_cl%C3%A9s_Ed2019_Region_20191113.pdf.

29 Bilan de la qualité de l'air Grand Est 2019. ATMO Grand Est (2019). 44 p. Disponible à l'adresse : http://www.atmo-grandest.eu/sites/prod/files/2020-09/20200901_BilanQA2019.pdf.

30 Bilan qualité de l'air Grand Est 2020. ATMO Grand Est (2020). 46 p. Disponible à l'adresse : http://www.atmo-grandest.eu/document/2628.

31 Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. International Atomic Energy Agency (IAEA) (1989). N°295. 182 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs295_web.pdf.

32 Ionizing radiation: sources and biological effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) (1982). 770 p. Disponible à l'adresse : http://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_1982_Report.pdf.

33 Origines de la radioactivité - Les principaux radionucléides artificiels présents dans l'environnement en France. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) (2020). Consulté le 18/03/2022. Disponible à l'adresse : https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/radioactivite-environnement/sources-radioactivite/Pages/5-radionucleides-artificiels-environnement-France.aspx.

34 Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie - espace cartographique. SIGES Seine-Normandie (2019). Consulté le 18/12/2019. Disponible à l'adresse : http://sigessn.brgm.fr/?page=carto.

35 Mégnien, C., Mégnien, F. Synthèse géologique du bassin de Paris - Volume 1 : Stratigraphie et paléographie. BRGM (1980). Mémoires du BRGM. Vol. n° 101. ISBN : 2715950055.

36 Mégnien, C., Debrand-Passard, S. Synthèse géologique du bassin de Paris - Volume 2 : Atlas. BRGM (1980). Mémoires du BRGM. Vol. n° 102. ISBN : 2715950063.

37 Mégnien, C., Mégnien, F. Synthèse géologique du bassin de Paris - Volume 3 : Lexique des noms de formation. BRGM (1980). Mémoires du BRGM. Vol. n° 103. ISBN : 27715950071.

38 Perrodon, A., Zabek, J. Paris Basin. AAPG Memoir (1990). Vol. 51, pp.633-79.

39 Corine Land Cover. Ministère de la Transition écologique et Solidaire; Ministère de la Cohésion des territoires (2018). Consulté le 25/06/2020. Disponible à l'adresse : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0.

40 Baize, D., Girard, M., Association française pour l'étude du sol. Référentiel pédologique 2008. Éditions Quae (2009). Savoir-faire. ISBN : 9782759201853.

41 Référentiel régional pédologique du département de Haute-Marne. INRAE (2013). Consulté le 14/09/2022. Disponible à l'adresse : https://agroenvgeo.data.inra.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/metadata/9901980c-dfcf-5471-b335-20b2fcee1b30.

42 Référentiel régional pédologique pour le Grand Est. Chambre d'agriculture Grand-Est (2016). Consulté le 14/09/2022. Disponible à l'adresse : https://grandest.nosterritoires.fr/adws/app/f5dbb9ff-4e09-11e8-b0c4-312c65e710a1/.

43 Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 : rapport de mission 2018. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) (2018). N°DG/2018-00006. 354 p. Disponible à l'adresse : https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2015-2017.pdf.

44 Bases de données. Géorisques (2021). Consulté le 28/10/2021. Disponible à l'adresse : https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees.

45 Rapport de l'Inspection des installations classées. DREAL Lorraine (2022).

46 Fiche détaillée Fonderies de Joinville Crassier. Géorisques (2014). Consulté le 30/11/2020. Disponible à l'adresse : https://fiches-risques.brgm.fr/georisques/infosols/instruction/SSP001044501.

47 Tectonique. Geowiki (2010). Consulté le 21/06/2020. Disponible à l'adresse : https://www.geowiki.fr/index.php?title=Tectonique&oldid=25304.

48 Bergerat, F., Elion, P., Frizon de Lamotte, D., Proudhon, B., Combes, P., André, G., Willeveau, Y., Laurent-Charvet, S., Kourdian, R., Lerouge, G., Ott D'Estevou, P. 3D multiscale structural analysis of the Eastern Paris Basin: the Andra contribution. Mémoires de la Société Géologique de France (2007). Vol. 178, pp.15-35.

49 Pagel, M., Bonifacie, M., Schneider, D.A., Gautheron, C., Brigaud, B., Calmels, D., Cros, A., Saint-Bezar, B., Landrein, P., Sutcliffe, C., Davis, D., Chaduteau, C. Improving paleohydrological and diagenetic reconstructions in calcite veins and breccia of a sedimentary basin by combining Delta (sub 47) temperature, delta (super 18) O (sub water) and U/Pb age. Chemical geology (2018). Vol. 481, pp.1-17.

50 Pisapia, C., Deschamps, P., Battani, A., Buschaert, S., Guihou, A., Hamelin, B., Bruhlet, J. U/Pb dating of geodic calcite: new insights on Western Europe major tectonic events and associated diagenetic fluids. Journal of the Geological Society of London (2017). Vol. 175, N°1, pp.60-70.

51 Gaucher, E., Robelin, C., Matray, J.-M., Négrel, G., Gros, Y., Heitz, J.F., Vinsot, A., Rebours, H., Cassagnabere, A., Bouchet, A. Andra underground research laboratory: Interpretation of the mineralogical and geochemical data acquired in the Callovian-Oxfordian formation by investigative drilling. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C (2004). Vol. 29, N°1, pp.55-77.

52 Belcourt, O. La perturbation chimico-minéralogique (hydratation, état d'oxydation, eau interstitielle) de la zone perturbée excavée et ses relations avec la perturbation texturale et mécanique : Application aux argilites des galeries de Bure (2009). Université Henri Poincaré - Nancy 1. Thèse de doctorat, spécialité Sciences de la terre. 306 p.

53 Marty, N., Lach, A., Lerouge, C., Grangeon, S., Claret, F., Fauchet, C., Madé, B., Lundy, M., Lagroix, F., Tournassat, C., Tremosa, J. Weathering of an argillaceous rock in the presence of atmospheric conditions: a flow-through experiment and modelling study. Applied geochemistry (2018). Vol. 96, pp.252-63.

54 Gaucher, E., Tournassat, C., Pearson, F., Blanc, P., Crouzet, C., Lerouge, C., Altmann, S. A robust model for pore-water chemistry of clayrock. Geochimica et Cosmochimica Acta (2009). Vol. 73, N°21, pp.6470-87.

55 Le socle de connaissances scientifiques et techniques de Cigéo - Les référentiels de connaissances. Tome II du référentiel de site - Bilan des observations de l'OPE sur l'état de l'environnement de surface. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-ESE-0000-20-0018.

56 Loi n°2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové. Assemblée nationale; Sénat (2014). Journal officiel de la République française, N°0072, pp.5809.

57 Les schémas départementaux des carrières. DREAL Grand Est (2019). Consulté le 18/12/2019. Disponible à l'adresse : http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/les-schemas-departementaux-des-carrieres-r143.html.

58 Arrêté préfectoral n°2011-Mi-001 du 18 octobre 2011 autorisant la société ALPHAROC, dont le siège social est au 11 rue Claude Chappe à Metz (57070), à utiliser des explosifs dès réception dans la carrière exploitée par la société CALIN sur le territoire de la commune de Gondrecourt-le-Château. Préfecture de la Meuse (2011). Recueil des actes administratifs de la Préfecture de la Meuse, N°18, pp.1062-5.

59 Potentiel géothermique du site de Meuse/Haute-Marne. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) (2014). N°RT/PRP-DGE/2014-00067. 32 p. Disponible à l'adresse : https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/surete/IRSN-Rapport-2014-00067.pdf.

60 RFS I.1.c du 31 mai 2001 : Détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base de surface. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2001). Règles fondamentales de sûreté relatives aux installations nucléaires de base autres que réacteurs.

61 Règle n°III.2.f du 10 juin 1991 - Définition des objectifs à retenir dans les phases d'études et de travaux pour le stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde afin d'assurer la sûreté après la période d'exploitation du stock. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (1991). Règles fondamentales de sûreté relatives aux installations nucléaires de base autres que réacteurs.

62 Denieul, M., Sèbe, O., Cara, M., Cansi, Y. Mw Estimation from Crustal Coda Waves Recorded on Analog Seismograms. Bulletin of the Seismological Society of America (2015). Vol. 105, N°2A, pp.831-49.

63 Cara, M., Cansi, Y., Schlupp, A., Arroucau, P., Bethoux, N., Beucler, E., Bruno, S., Calvet, M., Chevrot, S., Deboissy, A., Delouis, B., Denieul, M., Deschamps, A., Doubre, C., Frechet, J., Godey, S., Golle, O., Grunberg, M., Guilbert, J., Haugmard, M., Jenatton, L., Lambotte, S., Leobal, D., Maron, C., Mendel, V., Merrer, S., Macquet, M., Mignan, A., Mocquet, A., Nicolas, M., Perrot, J., Potin, B., Sanchez, O., Santoire, J.-P., Sebe, O., Sylvander, M., Thouvenot, F., van der Woerd, J., van der Woerd, K. SI-Hex: a new catalogue of instrumental seismicity for metropolitan France. Bulletin de la société géologique de France (2015). Vol. 186, N°1, pp.3-19.

64 Larroque, C., Ampuero, J.-P., Cornou, C. Aux origines du séisme du Teil. La recherche (2020), N°561, pp.94-7.

65 Ritz, J.-F., Baize, S., Ferry, M., Larroque, C., Audin, L., Delouis, B., Mathot, E. Surface rupture and shallow fault reactivation during the 2019 Mw 4.9 Le Teil earthquake, France. Communications Earth & Environment (2020). Vol. 1, N°1.

66 Tesauro, M., Hollenstein, C., Egli, R., Geiger, A., Kahle, H.-G. Analysis of central Western Europe deformation using GPS and seismic data. Journal of Geodynamics (2006). Vol. 42, N°4-5, pp.194-209.

67 Hydrologie. Le Parisien (2020). Consulté le 17/06/2020. Disponible à l'adresse : http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/hydrologie/fr-fr/#anchorLittre.

68 Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (2000). Journal officiel des Communautés européennes, N°L327.

69 Directive n°2006/118/CE du 12/12/06 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2006). Journal officiel de l'Union européenne, N°L372, pp.19-31.

70 Arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines. Version consolidée (2016).

71 Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016). 106 p. Disponible à l'adresse : https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2018-07/Guide_REEE-ESC_mise_a_jour_2016.pdf.

72 Loi n°2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la directive 2000/60/ CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (2004). Journal officiel de la République française, N°95.

73 Les SDAGE 2016-2021. Gest'eau (2019). Consulté le 17/06/2020. Disponible à l'adresse : https://www.gesteau.fr/consulter-les-sdage.

74 Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Eau Seine Normandie; Préfecture de la région d'Ile-de-France (2022). 180 p. Disponible à l'adresse : https://fr.calameo.com/agence-de-l-eau-seine-normandie/read/004001913e70f7f2c707c.

75 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : objet et portée du SDAGE, Tome 1. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2020). 62 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_1_Objet_et_portee_VF.pdf?Archive=250848007802&File=Tome%5F1%5Fobjet%5Fet%5Fportee%5FVF%5Fpdf.

76 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : annexe cartographique des districts du Rhin et de la Meuse, Tome 4. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2022). 116 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_4_Annexe_carto_VF.pdf?Archive=250851307803&File=Tome%5F4%5Fannexe%5Fcarto%5FVF%5Fpdf.

77 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : objectif de qualité et de quantité des eaux, Tome 2. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2022). 456 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_2_Objectifs_VF.pdf?Archive=250859107803&File=Tome%5F2%5Fobjectifs%5FVF%5Fpdf.

78 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : orientations fondamentales et dispositions, Tome 3. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2022). 368 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_3_Of_et_dispositions_VF.pdf?Archive=250850207803&File=Tome%5F3%5Fof%5Fet%5Fdispositions%5FVF%5Fpdf.

79 Arrêté du 18 mars 2022 portant approbation des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) 2022-2027 des parties françaises des districts hydrographiques du Rhin et de la Meuse et arrêtant les programmes pluriannuels de mesures correspondants. Ministère de la Transition écologique (2022). Journal officiel de la République française, N°15.

80 Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. Assemblée nationale; Sénat (1992). Journal officiel de la République française. Vol. 3, pp.187-95.

81 Directive n°91/676/CEE du Conseil du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Conseil des communautés européennes (1991). Journal officiel des Communautés européennes, N°L375, pp.1-8.

82 Arrêté n° IDF-2021-08-04-00005 portant désignation des zones vulnérables à la pollution par les nitrates d'origine agricole dans le bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Préfet de la région Ile-de-France (2021).

83 Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) 2022-2027 - Districts du Rhin et de la Meuse. Préfet coordonnateur de bassin Rhin-Meuse (2022). Disponible à l'adresse : https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pgri-rhin-meuse_approuve.pdf.

84 Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) - Bassin Seine-Normandie 2022-2027. Préfet de la région Ile-de-France (2022). 228 p. Disponible à l'adresse : https://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fr_frh_frmp_no1_pgri.pdf.

85 État des lieux districts Rhin et Meuse, partie française - Annexes de l'état des lieux des districts du Rhin et de la Meuse - Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraine. Préfet coordonnateur de bassin Rhin-Meuse; Comité de bassin Rhin et Meuse (2019). 156 p. Disponible à l'adresse : http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/annexe1_etatde.pdf?Archive=253658007183&File=annexe_1_etat_des_lieux_Rhin_Meuse_caractMe_sout_compress_pdf.

86 Caractéristiques hydrogéologiques des calcaires du Dogger. SIGES Rhin-Meuse (2022). Consulté le 03/03/2022. Disponible à l'adresse : https://sigesrm.brgm.fr/Caracteristiques-hydrogeologiques-des-calcaires-du-Dogger.

87 Fiche de caractérisation de la ME HG005 - Masse d'eau souterraine HG005 "Alluvions du Perthois". Eau Seine Normandie; BRGM (2021). 95 p. Disponible à l'adresse : https://sigessn.brgm.fr/files/FichesMESO/Fiches_completes/Fiche_MESO_FRHG005_Seine-Normandie.pdf.

88 Suivi de la qualité des eaux de l'OPE - Campagnes d'analyses 2014. Andra (2016). Document N°ENVRPFGES160074.

89 Suivi de la qualité des eaux souterraines de l'OPE - Campagne d'analyse 2017. Andra (2018). Document N°ENVRPFGES180036.

90 État des lieux 2013 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands : synthèse. Eau Seine Normandie (2013). Disponible à l'adresse : https://www.eau-seine-normandie.fr/sites/public_file/docutheque/2017-08/EDL%20BASSIN_synthese.pdf.

91 Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique. Version consolidée. Ministère de la Santé et des Solidarités (2017).

92 Loi n°91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs. Assemblée nationale; Sénat (1991). Journal officiel de la République française, N°1.

93 Arrêté préfectoral n°2012355-0002 portant sur la délimitation de zones vulnérables aux pollutions par les nitrates d'origine agricole sur le Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Préfecture de la région d'Ile-de-France (2012).

94 Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (version consolidée). Assemblée nationale; Sénat (2019).

95 Évolution de la liste des captages prioritaires et de la liste des points de prélèvements sensibles du Bassin Seine-Normandie SDAGE 2022-2027. Agence de l'eau Seine-Normandie (2020). 8 p. Disponible à l'adresse : http://www.eau-seine-normandie.fr/sites/public_file/inline-files/Note_CaptagesPrioritaires_et_sensibles.pdf#:~:text=En%20compl%C3%A9ment%2C%20le%20bassin%20Seine%20Normandie%20identifie%20des,sp%C3%A9cifiquement%20sensible%20%C3%A0%20la%20pression%20de%20ces%20mol%C3%A9cules.

96 Arrêté inter-préfectoral n°2011-1323 du 1er juillet 2011 portant, au titre de la loi sur l'eau, renouvellement de l'autorisation d'exploitation et de fonctionnement du laboratoire de recherche souterrain Meuse/Haute-Marne de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) situé au lieu-dit « la Voie Gasselle » sur le territoire de la commune de Bure (département de la Meuse, canton de Montiers-sur-Saulx). Préfecture de la Meuse; Préfecture de la Haute-Marne (2011). Recueil des actes administratifs de la Préfecture de la Meuse, N°11, pp.652-8.

97 Les inondations par remontée de nappe. Géorisques (2022). Consulté le 26/07/2022. Disponible à l'adresse : https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/inondations/les-inondations-par-remontee-de-nappe.

98 SIGES Seine-Normandie : généralités sur les relations nappes rivières. BRGM; Eau Seine Normandie (2021). 11 p. Disponible à l'adresse : https://sigessn.brgm.fr/IMG/pdf/generalites_relations_nappe_riviere_expert.pdf.

99 Interactions nappes/rivières : des outils pour comprendre et mesurer les échanges (2015). Séminaire NAPROM, Orléans - Auditorium du Centre scientifique et technique du BRGM, 27 novembre 2015.

100 Le karst, ressource en eau renouvelable dans les roches calcaires. Encyclopédie de l'environnement (2018). Consulté le 24/05/2021. Disponible à l'adresse : https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/karst-ressource-eau-renouvelable-roches-calcaires/.

101 Lignes aériennes RTE (au 6 juin 2020). Open Data Réseaux Énergies (2020). Consulté le 25/06/2020. Disponible à l'adresse : https://opendata.reseaux-energies.fr/explore/dataset/lignes-aeriennes-rte-au-6-juin-2020/information/?disjunctive.etat&disjunctive.tension.

102 Instruction du Gouvernement du 3 juin 2015 relative à la cartographie et l'identification des cours d'eau et à leur entretien. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2015).

103 Décision n°395021 de la 6ème - 1ère chambres réunies, lecture du mercredi 22 février 2017. Conseil d'État (2017).

104 Lejeune, O. Dynamiques d'érosion des bas plateaux de l'Est de la France : l'exemple du bassin versant amont de la Marne, Tome 1 et 2 (2005). Université de Reims Champagne-Ardenne. Thèse de doctorat spécialité Géographie physique. 590 p.

105 Étude de restructuration du SIAEP de la région d'Échenay pour une alimentation depuis les sources de Thonnance (rapport d'étude, version définitive). Andra (2018). Document N°CMHM/IT-CA-20-0036.

106 Arrêté n°2018-1544 du 29 juin 2018 portant approbation du plan de prévention du risque d'inondation sur les vallées de la Saulx et de l'Orge pour les communes de Bazincourt-sur-Saulx, Beurey-sur-Saulx, Biencourt-sur-Orge, Contrisson, Couvertpuis, Dammarie-sur-Saulx, Haironville, Lavincourt, Le Bouchon-sur-Saulx, L'Isle-en-Rigault, Ménil-sur-Saulx, Mognéville, Montiers-sur-Saulx, Morley, Ribeaucourt, Robert-Espagne, Rupt-aux-Nonains, Saudrupt, Stainville, Trémont-sur-Saulx, Ville-sur-Saulx. Préfet de la Meuse (2018).

107 Arrêté n°2010-0717 portant approbation du plan de prévention des risques naturels d'inondation de l'Ornain - section dite "Ornain amont" - sur les territoires des communes de Givrauval, Longeaux, Menaucourt, Nantois, Naix-aux-Forges, Saint-Amont-sur-Ornain, Tréveray-Laneuville, Saint-Joire, Demande-aux-Eaux, Baudignécourt, Houdelainville, Abainville et Gondrecourt-le-Château. Préfecture de la Meuse (2010).

108 Arrêté n°2010-0718 portant approbation du plan de prévention des risques naturels d'inondation de l'Ornain - section dite "Ornain centre" - sur les territoires des communes de Tannois, Silmont, Guerpont, Tronville-en-Barrois, Nançois-sur-Ornain, Velaines et Ligny-en-Barrois. Préfecture de la Meuse (2010).

109 Le Meldançon à Jasseines [F1370001]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/F1370001.

110 L'Héronne à Planrupt [F1230001]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/F1230001.

111 La Blaise à Juzennecourt [F5300001]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/F5300001.

112 La Meuse à Bassoncourt [B0020001]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/B0020001.

113 L'Aroffe à l'amont de Rigny Saint Martin [B2052011]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/B2052011.

114 L'Aroffe à Barisey au Plain [B2030001]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/B2030001.

115 Synthèse : données hydrologiques de synthèse (1999 - 2021) - La Marne à Chamouilley. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2021). Consulté le 30/04/2021. Disponible à l'adresse : http://www.hydro.eaufrance.fr/presentation/procedure.php.

116 L'Uvry à Goviller [A5410001]. Observatoire national des étiages (ONDE) (2021). Consulté le 04/05/2021. Disponible à l'adresse : https://onde.eaufrance.fr/acces-aux-donnees/station/A5410001.

117 Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE. Conseil de l'Union européenne (2008). Journal officiel de l'Union européenne, N°L348, pp.84-97.

118 Directive n°2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2013). Journal officiel de l'Union européenne, N°L226, pp.1-17.

119 Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement (2010). Journal officiel de la République française, N°46, pp.3429.

120 Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement (version consolidée). Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2015). Journal officiel de la République française.

121 Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 (2018). Journal officiel de la République française.

122 Décret n°58-873 du 16 septembre 1958 déterminant le classement des cours d'eau en deux catégories (version consolidée). Ministère de l'Agriculture (1985).

123 Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 1° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2012). Journal officiel de la République française.

124 Directive 2007/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2007). Journal officiel de l'Union européenne, N°L288, pp.27–34.

125 Atlas des zones inondables de Champagne-Ardenne. Géocataloque (2007). Consulté le 17/06/2020. Disponible à l'adresse : http://www.geocatalogue.fr/Detail.do?id=2310.

126 Plan de prévention du risque inondation (PPRI) Marne Moyenne. Préfecture de la Haute-Marne (2014).

127 Plan de prévention du risque inondation (PPRI) - Vallées de la Saulx et de l'Orge. Direction départementale des territoires de la Meuse (2018).

128 Plan de prévention des risques naturels - inondation de la vallée de l'Ornain. Préfecture de la Meuse (2016). Consulté le 12/11/2019. Disponible à l'adresse : http://www.meuse.gouv.fr/Politiques-publiques/Prevention-des-risques/Risques-naturels/Plan-de-prevention-des-risques-naturels-inondation-de-la-vallee-de-l-Ornain.

129 Arrêté inter-préfectoral Meuse/Haute-Marne n° 664 du 14 janvier 2014 approuvant le plan de prévention du risque d'inondation de la Vallée de la Marne moyenne. Préfète de la Meuse; Préfet de la Haute-Marne (2014). Recueil des actes administratifs de la Préfecture de la Meuse, pp.33.

130 Plan de prévention des risques naturels - Inondation de la vallée de la Meuse. Préfecture de la Meuse (2017). Consulté le 23/06/2020. Disponible à l'adresse : http://www.meuse.gouv.fr/Politiques-publiques/Prevention-des-risques/Risques-naturels/Plan-de-prevention-des-risques-naturels-Inondation-de-la-vallee-de-la-Meuse.

131 Arrêté du 3 mars 2022 portant approbation du Plan de gestion des risques d'inondation du bassin Seine-Normandie. Ministère de la Transition écologique (2022). Journal officiel de la République française. Vol. 10, N°0082.

132 Arrêté préfectoral n°2022/119 portant approbation du plan de gestion des risques d'inondation des parties françaises des districts hydrographiques du Rhin et de la Meuse. Préfet de la région Grand Est (2022).

133 Territoire à risques important d'inondation (TRI). Département de la Haute-Marne (2019). Consulté le 29/04/2021. Disponible à l'adresse : https://www.haute-marne.gouv.fr/Politiques-publiques/Risques-naturels-et-technologiques/TRI-de-Saint-Dizier/TRI-de-Saint-Dizier-identifie-le-27-novembre-2012.

134 Arrêté S.G.A.R. n°2014-235 en date du 23 juillet 2014 arrêtant les cartes des surfaces inondables et les cartes des risques d'inondation pour le territoire à risque important d'inondation "NEUFCHATEAU" mentionné par l'arrêté S.G.A.R. n°2012-527 en date du 18 décembre 2012. Préfecture de la région Lorraine Disponible à l'adresse : https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/arrete_sgar_no2014-235_du_23_juillet_2014_tri_neufchateau__cle5dbcc9.pdf.

135 Décret n°2021-837 du 29 juin 2021 portant diverses réformes en matière d'évaluation environnementale et de participation du public dans le domaine de l'environnement. Premier ministre (2021). Journal officiel de la République française.

136 Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le centre de stockage Cigéo (52-55). Autorité environnementale (2021). N°Ae 2020-79. 56 p. Disponible à l'adresse : http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/210113_cigeo_52_55_delibere_cle26329f.pdf.

© Andra • Décembre 2022 • Création graphique : Agence Les Récréateurs • Crédit photo : Andra

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
Tél. : 01 46 11 80 00

www.andra.fr