

Décembre 2024

PROJET GLOBAL CIGÉO - TRANCHE DE TRAVAUX DR0  
**DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE**

Premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale  
Articles L. 181-1 et suivants du code de l'environnement



## MISE À JOUR DU DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE UNIQUE PORTANT SUR LES PREMIÈRES OPÉRATIONS DE CARACTÉRISATION ET DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Suite aux recommandations émises dans le cadre de l'instruction du dossier par les services de l'État et notamment suite à l'avis de l'Autorité environnementale (Ae), des mises à jour ont été apportées par l'Andra dans certaines pièces du dossier (déposé pour instruction le 6 mars 2024) avant son passage en enquête publique.

Pour assurer la clarté de l'information du public, l'Andra assure la traçabilité de ces mises à jour.

Les adaptations (modifications ou ajouts) se matérialisent par un **surlignage gris** dans le corps du texte, à l'exception des corrections mineures de forme et de mise en cohérence qui ne sont pas matérialisées.

# Sommaire

<b>1. Objet de la demande, identité du pétitionnaire et composition du dossier</b>	<b>5</b>
1.1 <i>Objet de la demande d'autorisation environnementale</i>	6
1.2 <i>Nom et coordonnées du pétitionnaire</i>	7
1.3 <i>Pièces composant le dossier de demande d'autorisation environnementale</i>	8
1.3.1 Pièce DAE1 – Volet Chapeau	9
1.3.2 Pièce DAE2 – Cerfa DAE (n° 15964*03)	9
1.3.3 Pièce DAE3 – Note de présentation non technique (article R. 181-13)	10
1.3.4 Pièce DAE4 – Volet IOTA	11
1.3.5 Pièce DAE5 – Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-2)	13
1.3.6 Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo et pièce DAE6 bis – résumé non technique	15
1.3.7 Pièce DAE7 – Formulaire évaluation des incidences sur les zones Natura 2000	19
1.3.8 Pièce DAE8 – Éléments graphiques	19
1.3.9 Pièce DAE9 – Fiches ouvrages	19
1.3.10 Pièce DAE10 – Fiches mesures d'évitement, de réduction et de compensation	19
1.3.11 Pièce DAE11 – Justification de la maîtrise foncière	19
1.3.12 Pièce DAE12 – Addendum - Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0	19
<b>2. Présentation du projet global Cigéo et des premières opérations DR0</b>	<b>21</b>
2.1 <i>Un projet global composé de plusieurs opérations</i>	22
2.1.1 Présentation générale	22
2.1.2 Zoom sur les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale	24
2.1.3 Zoom sur les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale	24
2.2 <i>Les phases temporelles successives du déploiement prévisionnel du projet global Cigéo</i>	24
2.2.1 Présentation générale	24
2.2.2 Zoom sur la phase d'aménagements préalables	26
2.2.3 Une phase d'aménagements préalables découpée en tranches de travaux	28
2.3 <i>Le cadre réglementaire applicable aux premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale</i>	29
2.3.1 Soumission à évaluation environnementale et actualisation de l'étude d'impact	29
2.3.2 Soumission à autorisation environnementale des premières opérations de caractérisation et de surveillance	29
2.3.3 L'enquête publique	32
<b>3. Description de la tranche de travaux, objet du présent dossier</b>	<b>33</b>
3.1 <i>Présentation de la tranche de travaux DR0</i>	34
3.1.1 Présentation générale de la tranche de travaux	34
3.1.2 Choix d'implantation et solutions alternatives de localisation étudiées	35
3.1.3 Emplacement des travaux projetés	35
3.2 <i>Caractéristiques des travaux d'archéologie préventive</i>	39

3.2.1 Généralité sur l'archéologie préventive	39
3.2.2 Diagnostics volontaires archéologiques des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale	39
3.2.3 Fouilles archéologiques	42
<b>3.3 <i>Caractéristiques techniques du programme de forages, sondages et piézomètres</i></b>	<b>63</b>
3.3.1 Généralités sur les programmes de forages, sondages, piézomètres	63
3.3.2 Forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (Programme ZBS_FOND_UP1)	64
3.3.3 Campagne géotechnique en ZP et LIS	79
3.3.4 Piézomètres de l'ITE	90
3.3.5 Piézomètres de caractérisation des ZH	93
3.3.6 Campagne de forages de reconnaissance des Calcaires du Barrois	95
3.3.7 Campagne géotechnique ligne 027000	99
3.3.8 Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	102
<b>3.4 <i>Zones de stockage des matériaux et bases vie</i></b>	<b>105</b>
3.4.1 Zones de stockage des matériaux et bases vie principale	105
3.4.2 Bases-vie secondaires	109

## Annexes 111

<i>Annexe 1 Liste des communes concernées par les opérations DR0</i>	112
<i>1.1 Annexe tableau de localisation des premières opérations DR0</i>	112

## Tables des illustrations 121

## Références bibliographiques 123



# 1

## Objet de la demande, identité du pétitionnaire et composition du dossier

1.1	Objet de la demande d'autorisation environnementale	6
1.2	Nom et coordonnées du pétitionnaire	7
1.3	Pièces composant le dossier de demande d'autorisation environnementale	8



## 1.1 Objet de la demande d'autorisation environnementale

Dans le cadre du projet global Cigéo, des investigations complémentaires géotechniques, environnementales et hydrogéologiques, ainsi que des fouilles et diagnostics volontaires archéologiques, doivent être réalisées.

L'obtention d'une autorisation environnementale est requise en vertu de l'article L. 181-1 du code de l'environnement, en raison du fait que certaines activités, installations, ouvrages et travaux objets de la présente demande sont soumis à l'autorisation requise en vertu des articles L. 214. 1 et suivants du code de l'environnement (autorisation des installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) susceptibles d'avoir une incidence sur la ressource en eau) et complété au chapitre 1.2.5 dans la "Pièce DAE12 - Addendum - Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0" (1).

Les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementales, dénommées DR0, objet du présent dossier de demande d'autorisation environnementale, sont à ce titre concernées par les rubriques de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement suivantes :

Tableau 1-1 Tableau des rubriques de la nomenclature

Rubriques	Projet	Régime concerné
1.1.1.0. Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau (D).	Ensemble des forages, sondages et piézomètres des opérations de caractéristique et de surveillance environnementale, hormis les puits mécaniques (du fait de l'absence d'incidence de ces travaux sur les eaux souterraines et superficielles). Il s'agit des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>13 forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (Programme_ZBS_FOND_UP1) ;</li> <li>42 forages de la campagne de géotechnique en ZP ;</li> <li>37 forages de la campagne de géotechnique en LIS ;</li> <li>4 piézomètres de l'ITE ;</li> <li>9 piézomètres de caractérisation de zones humides ;</li> <li>71 forages du programme de caractérisation des Calcaires du Barrois ;</li> <li>219 ouvrages de la campagne géotechnique de la ligne 027000 ;</li> <li>31 sondages de la campagne de caractérisation géotechnique de la route départementale D60/960.</li> </ul>	Déclaration

Rubriques	Projet	Régime concerné
1.1.2.0. Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant : 1° Supérieur ou égal à 200 000 m <sup>3</sup> /an (A) ; 2° Supérieur à 10 000 m <sup>3</sup> /an mais inférieur à 200 000 m <sup>3</sup> /an (D).	Les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale suivantes sont concernées par cette rubrique : <b>Fouilles et diagnostics archéologiques</b> Uniquement si nécessaire, lors d'épisodes pluvieux exceptionnels ou de plus hautes eaux et principalement à proximité des zones alluviales (lots 1 et 3) ainsi que sur certains sous lots de petite taille (sous-lots du lot 2 et du lot 3). <b>Forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (Programme_ZBS_FOND_UP1)</b> Pompage longue durée à faible débit dans la formation de l'Oxfordien Carbonaté : 10 m <sup>3</sup> /forage/semaine, soit 40 m <sup>3</sup> /semaine au total, soit environ 2 080 m <sup>3</sup> /an. Dans la formation du Dogger au maximum sur le même débit : environ 2 080 m <sup>3</sup> /an. <b>Campagne de géotechnique en ZP</b> Opérations de pompage longue durée débit pompage de l'ordre de 10 m <sup>3</sup> /h sur 12 h par forage. Soit un débit total maximal d'environ de 1 680 m <sup>3</sup> /an. <b>Campagne de géotechnique en LIS</b> Opérations de pompage longue durée débit pompage de l'ordre de 10 m <sup>3</sup> /h sur 12 h par forage. Soit un débit total maximal d'environ 1 560 m <sup>3</sup> /an. <b>Campagne de géotechnique de l'ITE</b> Pas de pompages envisagés. <b>Programme de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)</b> Opérations de pompage longue durée débit pompage de l'ordre de 10 m <sup>3</sup> /h sur 12 h par forage. Soit un débit total maximal d'environ 8 550 m <sup>3</sup> pour 71 forages. <b>Campagne géotechnique de la ligne 027000</b> Uniquement si nécessaire et sur des volumes très faibles, évalués à quelques dizaines de m <sup>3</sup> . Le débit prélevé sera d'environ 16 000 m <sup>3</sup> /an pour les forages, toutes nappes confondues dans l'hypothèse majorante où tous les prélèvements auraient lieu la même année.	Déclaration
2.1.5.0. Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant : 1° Supérieure ou égale à 20 ha (A).	Rejets des eaux pluviales dans le sol sur secteurs de fouilles et bases vie principales (Bure et Saudron zone 3) et ZBS_Fond_UP1 sur une surface supérieure à 20 ha. Surface concernée : environ 250 ha.	Autorisation

Rubriques	Projet	Régime concerné
<p><b>3.3.1.0. Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant :</b></p> <p>1° Supérieure ou égale à 1 ha (A) ; 2° Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha (D).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>trois piézomètres de caractérisation des zones humides (~0,75 m²) ;</li> <li>deux sondages pelles mécaniques sur les investigations géotechniques de la ligne 027000 (~100 m²).</li> </ul> <p>Superficie totale impactée de l'ordre de 101 m², puis remise en état à l'issue des travaux.</p>	Non classée
<p><b>3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :</b></p> <p>1. Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m² (A) ; 2. Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m² (D).</p>	<p>Les surfaces considérées en lit majeur de l'Ornain sont liées aux dalles béton de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>un forage du programme de caractérisation de la formation des calcaires du Barrois soit 4,4 m² - épaisseur 30 cm ;</li> <li>sept piézomètres de la campagne géotechnique de la ligne 027000 soit 630 cm² (90 cm² x 7) - épaisseur 20 cm.</li> </ul> <p>Surface totale de l'ordre de 5 m², soit très inférieur à 400 m².</p>	Non classée
<p><b>3.3.4.0 Travaux de recherche de stockages souterrains de déchets radioactifs :</b></p> <p>a) travaux de recherche nécessitant un ou plusieurs forages de durée de vie supérieure à 1 an (A) ; b) autres travaux de recherche (D).</p>	<p>Les forages ont pour objectif de caractériser et de qualifier les effets hydrogéologiques sur plusieurs années au sein du futur centre de stockage de déchets radioactifs.</p> <p>Il s'agit des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (Programme_ZBS_FOND_UP1) ;</li> <li>programme de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois.</li> </ul>	Autorisation

La présente demande a également vocation à tenir lieu :

- d'absence d'opposition à déclaration d'installations, ouvrages, travaux et activités mentionnés au II de l'article L. 214-3 du code de l'environnement ;
- de dérogation aux interdictions édictées pour la conservation de sites d'intérêt géologique, d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats en application du 4° du I de l'article L. 411-2 du code de l'environnement ;
- d'absence d'opposition au titre du régime d'évaluation des incidences Natura 2000 en application du VI de l'article L. 414-4 du code de l'environnement.

Cette demande comprend donc également la « Pièce DAE5 - Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-2) » (2), la réalisation des travaux nécessitant l'obtention d'une dérogation aux interdictions énumérées par l'article L. 411-2 du code de l'environnement.

## 1.2 Nom et coordonnées du pétitionnaire

Le pétitionnaire (demandeur) de l'autorisation environnementale des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, objet de la présente demande d'autorisation environnementale, est l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactif (Andra), dont le siège est situé à l'adresse suivante :



**1/7, rue Jean Monnet  
Parc de la Croix-Blanche  
92298 Châtenay-Malabry Cedex**

**Directeur Général : Pierre-Marie ABADIE  
Numéro SIRET : 390 199 669 00081  
Coordonnées téléphoniques : 01 46 11 80 00**

L'Andra, Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, est placée sous la tutelle des ministères en charge de l'énergie, de l'environnement et de la recherche. Créée en 1979, l'Andra est devenue un établissement public industriel et commercial depuis la loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs (3). Ses missions ont été complétées par la loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs (4).

L'article L. 542-12 du code de l'environnement, qui définit ses missions, précise que l'Andra « est chargée des opérations de gestion à long terme des déchets radioactifs, et notamment :

- D'établir, de mettre à jour tous les trois ans et de publier l'inventaire des matières et déchets radioactifs présents en France, ainsi que leur localisation sur le territoire national, les déchets visés à l'article L. 542-2-1 étant listés par pays.
- De réaliser ou de faire réaliser, conformément au plan national prévu à l'article L. 542-2-1, des recherches et des études sur l'entreposage et le stockage en couche géologique profonde et d'assurer leur coordination.
- De contribuer, dans les conditions définies à l'avant-dernier alinéa du présent article, à l'évaluation des coûts afférents à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute et de moyenne activité à vie longue, selon leur nature.
- De prévoir, dans le respect des règles de sûreté nucléaire, les spécifications pour le stockage des déchets radioactifs et de donner aux autorités administratives compétentes un avis sur les spécifications pour le conditionnement des déchets.
- De concevoir, d'implanter, de réaliser et d'assurer la gestion des centres d'entreposage ou des centres de stockage des déchets radioactifs compte tenu des perspectives à long terme de production et de gestion de ces déchets, ainsi que d'effectuer à ces fins toutes les études nécessaires.
- D'assurer la collecte, le transport et la prise en charge des déchets radioactifs et la remise en état et le cas échéant la gestion, de sites pollués par des substances radioactives sur demande et aux frais de leurs responsables.

- De mettre à la disposition du public des informations relatives à la gestion des déchets radioactifs et de participer à la diffusion de la culture scientifique et technologique dans ce domaine ;
- De diffuser à l'étranger son savoir-faire. »

Les travaux ayant vocation à être autorisés grâce à cette autorisation environnementale seront réalisés sous la maîtrise d'ouvrage (MOA) de l'Andra, mais également sous la maîtrise d'ouvrage de SNCF-Réseau (concernant la campagne géotechnique de la ligne ferroviaire 027000) et du Conseil départemental de la Haute-Marne (concernant la campagne de caractérisation géotechnique préalable pour le tracé court de la déviation de la route départementale D60/960 - dénommée Campagne géotechnique de la route départementale D60/960).

Les travaux des autres MOA que l'Andra sont de même nature qu'une partie des travaux sous MOA de l'Andra et sont prévus d'être réalisés dans la même temporalité que ceux de l'Andra. Aussi, pour des raisons de simplification, il a été décidé de réaliser un dossier unique porté par un seul et même pétitionnaire, en l'espèce l'Andra.

SNCF-Réseau et le Conseil départemental de la Haute-Marne bénéficieront d'un transfert partiel de l'autorisation environnementale que l'Andra sollicite, qui couvrira le périmètre des travaux et aménagements sous leur maîtrise d'ouvrage.

### 1.3 Pièces composant le dossier de demande d'autorisation environnementale

Ce chapitre a pour but de faciliter la compréhension de l'organisation du dossier de demande d'autorisation environnementale et la lecture des différentes parties qui le composent. Il permet d'orienter le lecteur directement vers les sujets qui l'intéressent plus particulièrement et présente la correspondance juridique des pièces des chapitres du dossier avec la réglementation.

Le présent dossier de demande d'autorisation environnementale est constitué des pièces suivantes :

- Pièce DAE1 – Volet chapeau (présente pièce) ;
- Pièce DAE2 – Cerfa DAE (n° 15964\*03) (5) ;
- Pièce DAE3 – Note de présentation non technique (article R. 181-13) (6) ;
- Pièce DAE4 – Volet IOTA (7) ;
- Pièce DAE5 – Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-2) (2) ;
- Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo (8) ;
- Pièce DAE6 bis – Étude d'impact du projet global Cigéo – Résumé non technique ;
- Pièce DAE7 – Formulaire évaluation des incidences sur les zones Natura 2000 (9) ;
- Pièce DAE8 – Éléments graphiques (10) ;
- Pièce DAE9 – Fiches ouvrages (11) ;
- Pièce DAE10 – Fiches mesures d'évitement, de réduction et de compensation (12) ;
- Pièce DAE11 – Justification de la maîtrise foncière (13) ;
- Pièce DAE12 – Addendum - Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0 (1).

Le dossier de demande d'autorisation environnementale est complété par les pièces relatives à l'enquête publique qui sont également communes avec les pièces des dossiers d'urbanisme. La pièce EPU1 – Guide de lecture (14) permet de présenter l'ensemble des pièces du dossier y compris les pièces relatives à l'enquête publique unique suivantes :

- Pièce EPU2 – Note de présentation non technique (article L. 123-6 du code de l'environnement) (15) ;
- Pièce EPU3 – Objet de l'enquête publique, informations juridiques et administratives (16) ;
- Pièce EPU4 – Avis émis sur le projet et réponse de l'Andra (17) ;

- Pièce EPU5 – Bilan de la participation du public (18) ;
- Pièce EPU6 – Glossaire et acronymes (19) ;
- Pièce EPU7 – Étude de maîtrise des risques du dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo – Pour information (20).

### 1.3.1 Pièce DAE1 – Volet Chapeau

Le présent document constitue le Volet chapeau de la demande d'autorisation environnementale.

Cette pièce est constituée des chapitres présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1-2 Chapitres constitutifs de la Pièce DAE1 - Volet Chapeau

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement et les items du CERFA n° 15964*03
<b>1. Objet de la demande, identité du pétitionnaire et composition du dossier</b>	Ce chapitre présente l'objet de la demande et le demandeur de l'autorisation environnementale, et la composition du dossier dans le cadre réglementaire.	1° de l'article R. 181-13 « 1° Lorsque le pétitionnaire est une personne physique, ses nom, prénoms, date de naissance et adresse et, s'il s'agit d'une personne morale, sa dénomination ou sa raison sociale, sa forme juridique, son numéro de SIRET, l'adresse de son siège social ainsi que la qualité du signataire de la demande » CERFA n° 15964*03 1 « Procédures concernées par l'autorisation environnementale sollicitée » ; 2.« Informations générales sur le projet » ; 3.« Identification du demandeur ».
<b>2. Présentation du projet global Cigéo et des premières opérations DR0</b>	Ce chapitre présente le projet global Cigéo dans lequel s'insèrent les premières opérations concernées par la présente demande d'autorisation environnementale.	4° de l'article R. 181-13 : « Une description de la nature et du volume de l'activité, l'installation, l'ouvrage ou les travaux envisagés, de ses modalités d'exécution et de fonctionnement, des procédés mis en œuvre, ainsi que l'indication de la ou des rubriques des nomenclatures dont le projet relève. Elle inclut les moyens de suivi et de surveillance, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ainsi que les conditions de remise en état du site après exploitation et, le cas échéant, la nature, l'origine et le volume des eaux utilisées ou affectées. Elle inclut également, le cas échéant, les mesures permettant une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau notamment par le développement de la réutilisation des eaux usées traitées et de l'utilisation des eaux de pluie en remplacement de l'eau potable ».
<b>3. Description de la tranche de travaux, objet du présent dossier</b>	Ce chapitre présente les opérations objet de la présente demande d'autorisation environnementale, leurs emplacements, leurs objectifs, caractéristiques techniques et modalités de réalisation. Ce chapitre présente la localisation des communes et des cartes de localisation de l'ensemble des travaux projetés. Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension du projet sont associés à ce chapitre et à la pièce DAE8 Éléments graphiques (10).	2° de l'article R. 181-13 : « 2° La mention du lieu où le projet doit être réalisé ainsi qu'un plan de situation du projet à l'échelle 1/25 000, ou, à défaut au 1/50 000, indiquant son emplacement » ; 4° de l'article R. 181-13 ; 7° de l'article R. 181-13 du code de l'environnement.

### 1.3.2 Pièce DAE2 – Cerfa DAE (n° 15964\*03)

Il s'agit du formulaire CERFA n° 15964\*03, dûment complété (5).

### 1.3.3 Pièce DAE3 – Note de présentation non technique (article R. 181-13)

La note de présentation non technique, produite au titre du 8° de l'article R. 181-13 du code de l'environnement, présente de manière succincte les points clés de la demande d'autorisation environnementale constituant la demande d'autorisation environnementale (6).

Tableau 1-3 Chapitres constitutifs de la « Pièce DAE3 - Note de présentation non technique »

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement et les items du CERFA n° 15964*03
1. L'identité du demandeur	Ce chapitre présente le demandeur : identité, adresse, n° SIRET.	1 <sup>er</sup> de l'article R. 181-13 « 1° Lorsque le pétitionnaire est une personne physique, ses nom, prénoms, date de naissance et adresse et, s'il s'agit d'une personne morale, sa dénomination ou sa raison sociale, sa forme juridique, son numéro de SIRET, l'adresse de son siège social ainsi que la qualité du signataire de la demande ; »
2. Objet du dossier de demande d'autorisation environnementale	Ce chapitre présente l'objet de la demande et le pétitionnaire de l'autorisation environnementale, la présentation du projet global Cigéo et le découpage en tranches de travaux, la présentation des premières opérations DR0 et le calendrier des travaux.	2° de l'article R. 181-13 : « 2° La mention du lieu où le projet doit être réalisé ainsi qu'un plan de situation du projet à l'échelle 1/25 000, ou, à défaut au 1/50 000, indiquant son emplacement ; » 4° de l'article R. 181-13 ; 7° de l'article R. 181-13 du code de l'environnement.
3. Cadre juridique de l'autorisation environnementale	Ce chapitre présente les informations réglementaires liées à l'autorisation environnementale et à l'évaluation environnementale.	Articles L. 181-1 et suivants du code de l'environnement Article L. 122-1 du code de l'environnement
4. Aperçu des principaux enjeux, incidences et mesures mises en œuvre	Ce chapitre fait une synthèse des principaux enjeux, incidences et mesures sur les eaux, la biodiversité et le milieu naturel, les zones humides ainsi que les incidences liées au chantier. Ce chapitre présente également les autres enjeux, incidences et mesures de l'évaluation environnementale des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale.	Article L. 122-1-1 du code de l'environnement : "Lorsque les incidences du projet sur l'environnement n'ont pu être complètement identifiées ni appréciées avant l'octroi de cette autorisation, le maître d'ouvrage actualise l'étude d'impact en procédant à une évaluation de ces incidences, dans le périmètre de l'opération pour laquelle l'autorisation a été sollicitée et en appréciant leurs conséquences à l'échelle globale du projet". 5° de l'article R. 181-13 du code de l'environnement « Soit, lorsque la demande se rapporte à un projet soumis à évaluation environnementale, l'étude d'impact réalisée en application des articles R. 122-2 et R. 122-3-1, s'il y a lieu actualisée dans les conditions prévues par le III de l'article L. 122-1-1, soit, dans les autres cas, l'étude d'incidence environnementale prévue par l'article R. 181-14 ».

## 1.3.4 Pièce DAE4 – Volet IOTA

Cette pièce constitue le volet « Eau » de la demande d'autorisation environnementale (7). Il traite des Installations, Ouvrages, Travaux et Aménagements soumis aux articles L. 214-1 et suivants du code de l'environnement.

Cette pièce est constituée des chapitres présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1-4 Chapitres constitutifs de la « Pièce DAE4 – Volet IOTA »

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement et les items du CERFA n° 15964*03
<b>1. Emplacement, nature, consistance et fonctionnement des IOTA</b>	Ce chapitre présente des renvois vers le volet chapeau et annexes du projet, et traite de la nature, la consistance, et l'objet des IOTA. Les modalités d'exécution et de fonctionnement des procédés de mises en œuvre seront également renseignées. Les rubriques de la nomenclature IOTA concernées par les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale y sont indiquées.	Article R. 181-13 4° « Une description de la nature et du volume de l'activité, l'installation, l'ouvrage ou les travaux envisagés, de ses modalités d'exécution et de fonctionnement, des procédés mis en œuvre, ainsi que l'indication des rubriques des nomenclatures dont le projet relève. (...) » 4.1.1 de l'item « Informations obligatoires sur le projet » du CERFA n° 15964*03 4.2.1 du CERFA n° 15964*03 Rubriques de la nomenclature IOTA de l'article R. 214-1 du code de l'environnement
<b>2. Nature, origine et volume des eaux utilisées ou affectées</b>	Ce chapitre récapitule la nature, l'origine et le volume des eaux utilisées ou affectées par le projet, ainsi que les mesures en permettant une utilisation efficace.	4° de l'article R. 181-13 « Elle (description) inclut (...) le cas échéant, la nature, l'origine et le volume des eaux utilisées ou affectées. Elle inclut également, le cas échéant, les mesures permettant une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau notamment par le développement de la réutilisation des eaux usées traitées et de l'utilisation des eaux de pluie en remplacement de l'eau potable. » 4.1.3 de l'item « Informations obligatoires sur le projet » du CERFA n° 15964*03
<b>3. État initial eaux et milieux aquatiques</b>	Après une présentation des aires d'études, ce chapitre présente l'état initial des différents domaines du milieu physique et du milieu naturel concernés par le projet et pouvant être en interrelation avec le milieu aquatique. Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension de ce chapitre sont associés à ce chapitre.	7° de l'article R. 181-13 du code de l'environnement
<b>4. Incidences et mesures sur les eaux et les milieux aquatiques</b>	Ce chapitre présente en lien avec l'état initial établi au chapitre 3, les incidences du projet sur les eaux et milieux aquatiques et les mesures mises en œuvre pour éviter et réduire ces incidences. Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension de ce chapitre sont associés à ce chapitre.	7° de l'article R. 181-13 du code de l'environnement
<b>5. Conformité du projet avec les outils de planification et de gestion de la ressource en eau</b>	Ce chapitre présente une analyse de la conformité des travaux projetés avec les différents outils de planification de la ressource en eau (code de l'environnement, SDAGE, SAGE, PGRI, PPRNI), avec la doctrine Grand Est relative à la gestion des eaux pluviales et aux prescriptions des arrêtés DUP des captages AEP.	Article R. 181-14 du code de l'environnement : « II. – Lorsque le projet est susceptible d'affecter des intérêts mentionnés à l'article L. 211-1, l'étude d'incidence environnementale porte sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en tenant compte des variations saisonnières et climatiques. Elle précise les raisons pour lesquelles le projet a été retenu parmi les alternatives au regard de ces enjeux. Elle justifie, le cas échéant, de la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L. 566-7 et de sa contribution à la réalisation des objectifs mentionnés à l'article L. 211-1 ainsi que des objectifs de qualité des eaux prévus par l'article D. 211-10. »

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement et les items du CERFA n° 15964*03
6. Modalités de suivi, de surveillance, d'entretien et d'intervention	Ce chapitre décrit les modalités de suivi, de surveillance et d'entretien des ouvrages ainsi que les modalités d'intervention en cas de survenue d'incident ou d'accident.	4° de l'article R. 181-13 « (...) Elle (la description) inclut les moyens de suivi et de surveillance, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ainsi que les conditions de remise en état du site après exploitation » et, 4.1.2 et 4.1.3 de l'item « Informations obligatoires sur le projet » du CERFA n° 15964*03
7. Conditions de remise en état	Ce chapitre présente les conditions de remise en état des terrains impactés par les différentes opérations, selon leurs échéances.	4° de l'article R. 181-13 « (...) Elle (la description) inclut (...) les conditions de remise en état du site après exploitation (...) » 4.1.3 de l'item « Informations obligatoires sur le projet » du CERFA n° 15964*03

### 1.3.5 Pièce DAE5 – Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-2)

Cette pièce constitue la demande de dérogation prévue par le 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement (2), aux interdictions mentionnées aux 1°, 2° et 3° de l'article L. 411-1 du même code, qui sont, pour rappel :

« 1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ».

Cette pièce est constituée des chapitres présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1-5 Chapitres constitutifs de la « Pièce DAE5 – Volet dérogation espèces protégées »

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement
<b>1. Objet de la demande et contexte réglementaire</b>	Ce chapitre présente l'objet de la demande et le contexte réglementaire.	Articles L. 411-1 et suivants, et R. 411-6 et suivants du code de l'environnement Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées (21).
<b>2. Demandeur du projet et formulaires CERFAs</b>	Ce chapitre présente le demandeur de l'autorisation environnementale, ainsi que les CERFA : <ul style="list-style-type: none"> <li>• n° 13616*01 concernant la capture ou l'enlèvement, la destruction, la perturbation intentionnelle de spécimens d'espèces animales protégées ;</li> <li>• n° 13614*01 concernant la destruction, l'altération, ou la dégradation de sites de reproduction ou d'aires de repos d'animaux d'espèces animales protégées.</li> </ul>	Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.
<b>3. Description du projet</b>	Ce chapitre présente de manière synthétique les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale.	4° de l'article R. 181-13 « 4° Une description de la nature et du volume de l'activité, l'installation, l'ouvrage ou les travaux envisagés, de ses modalités d'exécution et de fonctionnement, des procédés mis en œuvre, ainsi que l'indication de la ou des rubriques des nomenclatures dont le projet relève. Elle inclut les moyens de suivi et de surveillance, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ainsi que les conditions de remise en état du site après exploitation et, le cas échéant, la nature, l'origine et le volume des eaux utilisées ou affectées. Elle inclut également, le cas échéant, les mesures permettant une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau notamment par le développement de la réutilisation des eaux usées traitées et de l'utilisation des eaux de pluie en remplacement de l'eau potable ».
<b>4. Justification des conditions d'obtention de la dérogation</b>	Ce chapitre présente la justification de l'absence de solution alternative satisfaisante, celle de l'intérêt public majeur et enfin celle de l'absence de nuisance à l'état de conservation des espèces.	Articles R. 181-14 et L. 411-2 du code de l'environnement.
<b>5. Aires d'études utilisées dans le cadre de l'état initial et de l'évaluation des incidences des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale - dénommées DR0</b>	Ce chapitre présente les différentes aires d'études.	Article L. 411-1 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.
<b>6. Contexte écologique au sein de l'aire d'étude éloignée du milieu naturel</b>	Après une présentation des aires d'études, ce chapitre présente les différents espaces naturels (réglementaires, d'inventaires de cohérence écologique...) interceptés par l'aire d'étude éloignée.	Article L. 411-1 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement
7. Analyse de l'état initial	Ce chapitre présente les données d'inventaires bibliographiques et de terrains relatives aux habitats naturels, la flore et la faune, leur état de conservation et l'évaluation des enjeux.	Article L. 411-1 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées. Article D. 181-15-5 du code de l'environnement : « 1° des espèces concernées, avec leur nom scientifique et leur nom commun ; 2° des spécimens de chacune des espèces faisant l'objet de la demande avec une estimation de leur nombre et de leur sexe ; 3° de la période ou des dates d'intervention ; 4° des lieux d'intervention ; 6° de la qualification des personnes amenées à intervenir ; 7° du protocole des interventions : modalités techniques, modalités d'enregistrement des données 8° des modalités de comptes rendus d'intervention
8. Incidences potentielles du projet	Ce chapitre décrit les incidences potentielles du projet sur le milieu naturel, c'est-à-dire les incidences avant mise en œuvre de mesures.	Article L. 411-1 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.
9. Mesures d'évitement et de réduction	Ce chapitre présente les mesures mises en œuvre pour éviter, ou à défaut réduire les impacts bruts du projet.	Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.
10. Incidences résiduelles et espèces protégées concernées par la demande de dérogation	Ce chapitre présente les incidences résiduelles, qui n'ont pas pu être évitées ou suffisamment réduites après application des mesures d'évitement et de réduction, et les espèces protégées concernées par ces impacts résiduels et devant donc faire l'objet d'une demande de dérogation au titre de l'article L. 411-2 du code de l'environnement.	Article L. 411-2 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées. Article D. 181-15-5 du code de l'environnement : 5° s'il y a lieu, des mesures de réduction ou de compensation mises en œuvre, ayant des conséquences bénéfiques pour les espèces concernées ;
11. Évaluation du besoin de compensation et mesures de compensation pour les espèces à incidences résiduelles notables	Ce chapitre présente l'évaluation du besoin de compensation (non avéré).	Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.
12. Modalités de suivi	Ce chapitre présente les mesures de suivi de l'application des mesures de réduction durant les travaux, le suivi de l'efficacité des mesures de réduction et de compensation durant l'exploitation et les mesures d'accompagnement.	Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.

Libellé du chapitre	Contenu	Lien avec les articles du code de l'environnement
13. <b>Planning de mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction et estimation financière</b>	Ce chapitre présente le planning de mise en œuvre des mesures et leur coût.	Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.
14. <b>Conclusion</b>	Ce chapitre conclut sur la demande de dérogation.	Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.

### 1.3.6 Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo et pièce DAE6 bis – résumé non technique

Le contenu de l'étude d'impact et de son actualisation est établi par les articles L. 122-1, III et R. 122-5 du code de l'environnement (8). Le tableau suivant liste les attendus réglementaires en la matière, tout en précisant dans quelle partie de l'étude d'impact retrouver chaque item.

Les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale doivent faire l'objet :

- d'une autorisation environnementale en vertu de l'article L. 181-1 du code de l'environnement ;
- de demandes d'autorisations d'urbanisme (déclarations préalables, permis de construire...) en lien avec les caractéristiques des différents ouvrages.

L'étude d'impact est une des pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, et doit également être jointe aux dossiers de demandes d'autorisations d'urbanisme. L'étude d'impact du présent dossier est la version actualisée de l'étude d'impact qui était jointe au dossier de demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, déposée le 17 janvier 2023.

Dans le cadre de l'actualisation de l'étude d'impact, des chapitres spécifiques aux opérations DR0 sont ajoutés au sein de l'étude d'impact. Cela concerne les volumes IV, VI et le résumé non technique. Ces chapitres permettent d'identifier facilement les opérations DR0 objets de la demande d'autorisation environnementale et contiennent des précisions sur les incidences desdites opérations.

Ainsi, le volume IV de la « Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo » (8) relatif aux incidences et mesures propose une analyse à deux échelles :

- à l'échelle du projet global ;
- à l'échelle des opérations objets de la demande d'autorisation.

Tableau 1-6 Répartition du contenu réglementaire de l'étude d'impact fixé par les articles L. 122-1 et R. 122-5 du code de l'environnement

Articles L. 122-1, III, R. 122-5	Articulation avec la présente étude d'impact (pièce DAE6 et pièce DAE6 bis)
<b>Article L. 122-1 du code de l'environnement</b>	
<p>III. – L'évaluation environnementale est un processus constitué de l'élaboration, par le maître d'ouvrage, d'un rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement, dénommé ci-après « étude d'impact », de la réalisation des consultations prévues à la présente section, ainsi que de l'examen, par l'autorité compétente pour autoriser le projet, de l'ensemble des informations présentées dans l'étude d'impact et reçues dans le cadre des consultations effectuées et du maître d'ouvrage.</p> <p>L'évaluation environnementale permet de décrire et d'apprécier de manière appropriée, en fonction de chaque cas particulier, les incidences notables directes et indirectes d'un projet sur les facteurs suivants :</p> <p>La population et la santé humaine ;</p> <p>La biodiversité, en accordant une attention particulière aux espèces et aux habitats protégés au titre de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 (22) et de la directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009 (23) ;</p> <p>Les terres, le sol, l'eau, l'air et le climat ;</p> <p>Les biens matériels, le patrimoine culturel et le paysage ;</p> <p>L'interaction entre les facteurs mentionnés aux 1° à 4°.</p> <p>Les incidences sur les facteurs énoncés englobent les incidences susceptibles de résulter de la vulnérabilité du projet aux risques d'accidents majeurs et aux catastrophes pertinents pour le projet concerné.</p> <p>Lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrage, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité.</p>	<p>Pièce 6 - Volumes I à VII et pièce 6bis - RNT</p>

Articles L. 122-1, III, R. 122-5	Articulation avec la présente étude d'impact (pièce DAE6 et pièce DAE6 bis)
Article R. 122-5 du code de l'environnement	
<p>I. – 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.</p> <p>Ce contenu tient compte, le cas échéant, de l'avis rendu en application de l'article R. 122-4 et inclut les informations qui peuvent raisonnablement être requises, compte tenu des connaissances et des méthodes d'évaluation existantes.</p>	<p>Pièce 6 – notamment dans les volumes III à VI pour l'état actuel de la zone susceptible d'être affectée par le projet, et les évaluations des incidences</p>
<p>II. – En application du 2° du II de l'article L. 122-3, l'étude d'impact comporte les éléments suivants, en fonction des caractéristiques spécifiques du projet et du type d'incidences sur l'environnement qu'il est susceptible de produire :</p>	<p>Pièce 6bis – Volume séparé – Résumé non technique</p>
<p>1° Un résumé non technique des informations prévues ci-dessous. Ce résumé peut faire l'objet d'un document indépendant ;</p>	
<p>2° Une description du projet, y compris en particulier :</p>	<p>Volume II</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• une description de la localisation du projet ;</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ;</li> </ul>	<p>Volume II – Chapitres 3, 5 et 6</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ;</li> </ul>	<p>Volume II – Chapitres 3 et 6</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.</li> </ul>	<p>Volume II – Chapitre 6 Volume IV</p>
<p>Pour les installations relevant du titre Ier du livre V et les installations nucléaires de base relevant du titre IX du même livre, cette description peut être complétée, dans le dossier de demande d'autorisation, en application des articles R. 181-13 et suivants et de l'article R. 593-16.</p>	<p>Volume IV – tous chapitres (estimations détaillées par phases)</p>
<p>3° Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;</p>	<p>Volume III (tous chapitres) et volume IV chapitre 21</p>
<p>4° Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ;</p>	<p>Volume III - tous chapitres</p>
<p>5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :</p>	<p>Volume IV - tous chapitres (incidences détaillées à chaque phase du projet)</p>
<p>a) de la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ;</p>	
<p>b) de l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ;</p>	<p>Volume IV – Chapitres 3, 4, 5, 6 et 8 <i>À noter l'intégration dans ce volume des conclusions de l'étude préalable agricole (dans le chapitre 8).</i></p>
<p>c) de l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ;</p>	<p>Volume IV – Chapitres 2, 10, 11, 13</p>
<p>d) des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ;</p>	<p>Volume IV – Chapitre 14 et Volume VI</p>
<p>e) du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées.</p> <p>Les projets existants sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont été réalisés.</p> <p>Les projets approuvés sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont fait l'objet d'une décision leur permettant d'être réalisés.</p> <p>Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;</li> <li>• ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public.</li> </ul> <p>Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ;</p>	<p>Volume IV – Chapitre 16</p>
<p>f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ;</p>	<p>Volume IV – Chapitre 2</p>

Articles L. 122-1, III, R. 122-5	Articulation avec la présente étude d'impact (pièce DAE6 et pièce DAE6 bis)
g) Des technologies et des substances utilisées.	Volume IV – tous chapitres et chapitres 11 et 17
La description des éventuelles incidences notables sur les facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 porte sur les effets directs et, le cas échéant, sur les effets indirects secondaires, cumulatifs, transfrontaliers, à court, moyen et long termes, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet.	Volume IV – tous chapitres
6° Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ;	Volume IV – Chapitre 11
7° Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;	Volume II – Chapitre 3
8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour : <ul style="list-style-type: none"> <li>• éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;</li> <li>• compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.</li> </ul> La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5.	Volume IV – tous chapitres, chapitre 19, chapitre 20 et volume VI
9° Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;	Volume IV – tous chapitres et Chapitre 19
10° Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;	Volume VII
11° Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation ;	Volume I – Chapitre 4
12° Lorsque certains des éléments requis ci-dessus figurent dans l'étude de maîtrise des risques pour les installations nucléaires de base ou dans l'étude des dangers pour les installations classées pour la protection de l'environnement, il en est fait état dans l'étude d'impact.	Volume IV – Chapitre 11 pour l'INB <i>Les éléments propres aux ICPE hors périmètres INB seront détaillés dans les demandes d'autorisations environnementales correspondantes (DAE). Une actualisation de l'étude d'impact est ainsi prévue dans ce cadre.</i>
III. – Pour les infrastructures de transport visées aux 5° à 9° du tableau annexé à l'article R. 122-2, l'étude d'impact comprend, en outre : <ul style="list-style-type: none"> <li>• une analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation ;</li> <li>• une analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers portant notamment sur la consommation des espaces agricoles, naturels ou forestiers induits par le projet, en fonction de l'ampleur des travaux prévisibles et de la sensibilité des milieux concernés ;</li> <li>• une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité. Cette analyse comprendra les principaux résultats commentés de l'analyse socio-économique lorsqu'elle est requise par l'article L. 1511-2 du code des transports ;</li> <li>• une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ;</li> <li>• une description des hypothèses de trafic, des conditions de circulation et des méthodes de calcul utilisées pour les évaluer et en étudier les conséquences.</li> </ul> Elle indique également les principes des mesures de protection contre les nuisances sonores qui seront mis en œuvre en application des dispositions des articles R. 571-44 à R. 571-52.	Volume IV – Chapitre 12 et volume VII
IV. – Pour les installations, ouvrages, travaux et aménagements relevant du titre Ier du livre II ou du code minier et faisant l'objet d'une évaluation environnementale, l'étude d'impact contient les éléments mentionnés au II de l'article R. 181-14. Pour les injections de gaz naturel ou de gaz de pétrole liquéfié (GPL) en nappe aquifère contenant de l'eau potable ou qui peut être rendue potable ou en contact avec celle-ci, l'étude d'impact démontre, notamment, que l'injection est effectuée de manière à éviter tout risque, présent ou futur, de détérioration de la qualité des eaux souterraines concernées.	<i>Seul le premier alinéa du IV de l'article R. 122-5 du code de l'environnement s'applique en l'espèce. En effet, aucune injection de gaz naturel ou de GPL en nappe aquifère ne sera réalisée. Par conséquent, le contenu spécifique à ce type d'opérations n'a pas à être intégrée dans l'étude d'impact.</i> Volumes III et IV <i>Les éléments propres aux IOTA hors périmètre INB seront détaillés dans les demandes d'autorisations environnementales correspondantes (DAE). Une actualisation de l'étude d'impact est ainsi prévue dans ce cadre.</i>
V. – Pour les projets soumis à une étude d'incidences en application des dispositions du chapitre IV du titre Ier du livre IV, le formulaire d'examen au cas par cas tient lieu d'évaluation des incidences Natura 2000 lorsqu'il permet d'établir l'absence d'incidence sur tout site Natura 2000. S'il apparaît après examen au cas par cas que le projet est susceptible d'avoir des incidences significatives sur un ou plusieurs sites Natura 2000 ou si le projet est soumis à évaluation des incidences	Volume V

Articles L. 122-1, III, R. 122-5	Articulation avec la présente étude d'impact (pièce DAE6 et pièce DAE6 bis)
<p>systématique en application des dispositions précitées, le maître d'ouvrage fournit les éléments exigés par l'article R. 414-23. L'étude d'impact tient lieu d'évaluation des incidences Natura 2000 si elle contient les éléments exigés par l'article R. 414-23.</p>	
<p>VI. – Pour les installations classées pour la protection de l'environnement relevant du titre Ier du livre V et les installations nucléaires de base relevant du titre IX du même livre, le contenu de l'étude d'impact est précisé et complété, en tant que de besoin, conformément aux dispositions du II de l'article D. 181-15-2 et de l'article R. 593-17.</p>	<p><i>Les éléments propres à l'INB sont détaillés dans le tableau 2-3 (article R. 593-17).                      Les éléments propres aux ICPE hors périmètre INB, seront détaillés dans les demandes d'autorisations environnementales correspondantes (DAE). Une actualisation de l'étude d'impact est ainsi prévue dans ce cadre.</i></p>
<p>VII. - Pour les actions ou opérations d'aménagement mentionnées à l'article L. 300-1-1 du code de l'urbanisme, l'étude d'impact comprend en outre :                      Les conclusions de l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone ainsi qu'une description de la façon dont il en est tenu compte ;                      Les conclusions de l'étude d'optimisation de la densité des constructions dans la zone concernée ainsi qu'une description de la façon dont il en est tenu compte.</p>	<p><i>Les opérations du projet global Cigéo, à l'avancement actuel de leur élaboration (avant participation du public pour certaines opérations), ne sont pas concernées par cette étude de faisabilité ni par cette étude de densité.</i></p>
<p>VIII. – Afin de veiller à l'exhaustivité et à la qualité de l'étude d'impact :                      Le maître d'ouvrage s'assure que celle-ci est préparée par des experts compétents ;                      Le maître d'ouvrage tient compte, le cas échéant, des résultats disponibles d'autres évaluations pertinentes des incidences sur l'environnement requises au titre d'autres législations applicables ;                      L'autorité compétente veille à disposer d'une expertise suffisante pour examiner l'étude d'impact ou recourt si besoin à une telle expertise ;                      Si nécessaire, l'autorité compétente demande au maître d'ouvrage des informations supplémentaires à celles fournies dans l'étude d'impact, mentionnées au II et directement utiles à l'élaboration et à la motivation de sa décision sur les incidences notables du projet sur l'environnement prévue au I de l'article L. 122-1-1.</p>	<p><i>Volume 1, chapitre 4                      Volume 1, chapitre 2                      Volume VII</i></p>

### 1.3.7 Pièce DAE7 – Formulaire évaluation des incidences sur les zones Natura 2000

Cette pièce (formulaire Natura 2000 en Grand Est) présente l'analyse des incidences des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale sur les sites Natura 2000, produite au titre du 2<sup>e</sup> alinéa du II de l'article R. 181-14 du code de l'environnement (9). Ce formulaire traite des évaluations des incidences des opérations DR0 et vient en complément du volume V évaluation des incidences du projet global Cigéo sur les sites Natura 2000 de la « Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo » (8).

### 1.3.8 Pièce DAE8 – Éléments graphiques

Cette pièce comporte les plans parcellaires et éléments graphiques réglementaires indiquant l'emplacement des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, répondant ainsi à l'alinéa 7<sup>e</sup> de l'article R. 181-13 du code de l'environnement relatif aux éléments graphiques (10).

### 1.3.9 Pièce DAE9 – Fiches ouvrages

Cette pièce apporte des précisions en complément des pièces demandées dans le cadre du dossier de demande d'autorisation environnementale (11).

Chacune des fiches présentées dans cette pièce replace l'ouvrage (ou le regroupement d'ouvrages) de chacune des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale - dénommées DR0, dans son contexte, sur les facteurs eaux et biodiversité, afin d'évaluer les enjeux de son secteur d'implantation, les incidences occasionnées par sa mise en œuvre et les mesures proposées pour les pallier.

Ces fiches ouvrages concernent les travaux suivants (hors opérations de diagnostics archéologiques volontaires et fouilles archéologiques)

- forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (ZBS\_Fond\_UP1) ;
- campagne géotechnique en ZP ;
- campagne géotechnique de la LIS ;
- campagne de caractérisation géotechnique préalable pour le tracé court de la déviation de la route départementale D60/960 - dénommée « Campagne géotechnique de la route départementale D 60/960 » ;
- piézomètres de l'ITE ;
- investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000 ;
- piézomètres de caractérisation des zones humides ;
- campagne de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois ;
- zone de stockage des matériaux – bases vie principales.

Chaque fiche détaille les éléments suivants sur chaque ouvrage :

- les éléments de localisation avec une carte de localisation ;
- les enjeux relatifs aux eaux souterraines, eaux superficielles et zones humides ;
- les incidences et mesures relatives aux eaux souterraines, eaux superficielles et zones humides ;
- les enjeux relatifs aux habitats, la faune et la flore ;
- les incidences et mesures relatives aux habitats, faune et flore.

### 1.3.10 Pièce DAE10 – Fiches mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Cette pièce apporte des précisions concernant les mesures d'évitement et de réduction en complément des pièces requises par l'article R. 181-13 du code de l'environnement (12). Dans le présent dossier de demande d'autorisation environnementale, aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

Ces fiches décrivent de manière détaillée les mesures d'évitement et de réduction, qui sont mises en œuvre lors de la réalisation des travaux de forage et d'archéologie préventive, y compris pour les fouilles archéologiques, diagnostics volontaires archéologiques.

Elles sont présentées par maître d'ouvrage : Andra, SNCF Réseau ou Conseil départemental de la Haute-Marne et selon les thématiques suivantes :

- eaux en lien avec la « Pièce DAE4 – Volet IOTA » (7) ;
- biodiversité et milieux naturels en lien avec la « Pièce DAE5 – Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-2) » (2) ;
- organisation du chantier ;
- autres facteurs de l'environnement.

Elles décrivent les éléments suivants :

- description des travaux concernés ;
- facteurs cibles concernés ;
- coût environnemental complémentaire ;
- période de mise en œuvre ;
- durée d'application de la mesure ;
- description de la mesure ;
- conditions de mise en œuvre ;
- calendrier des contraintes calendaires ;
- limites de la mesure ;
- points de vigilance ;
- modalités de suivi de la mesure.

### 1.3.11 Pièce DAE11 – Justification de la maîtrise foncière

Cette pièce vise à répondre aux dispositions de l'article R. 181-13 du code de l'environnement qui précise que doit être jointe au dossier : « 3<sup>e</sup> Un document attestant que le pétitionnaire est le propriétaire du terrain ou qu'il dispose du droit d'y réaliser son projet ou qu'une procédure est en cours ayant pour effet de lui conférer ce droit » (13).

### 1.3.12 Pièce DAE12 – Addendum - Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0

Cette pièce est un complément à la demande d'autorisation environnementale concernant les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, dites opérations DR0, déposée le 6 mars 2024, à la préfecture de la Meuse.

Il ne s'agit pas d'une demande nouvelle, mais d'ajustements mineurs concernant l'ajout d'un nombre restreint de sondages ou le déplacement de certains d'entre eux, s'agissant de certaines des campagnes présentées dans la demande.



# 2

## Présentation du projet global Cigéo et des premières opérations DR0

2.1	Un projet global composé de plusieurs opérations	22
2.2	Les phases temporelles successives du déploiement prévisionnel du projet global Cigéo	24
2.3	Le cadre réglementaire applicable aux premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale	29



## 2.1 Un projet global composé de plusieurs opérations

### 2.1.1 Présentation générale

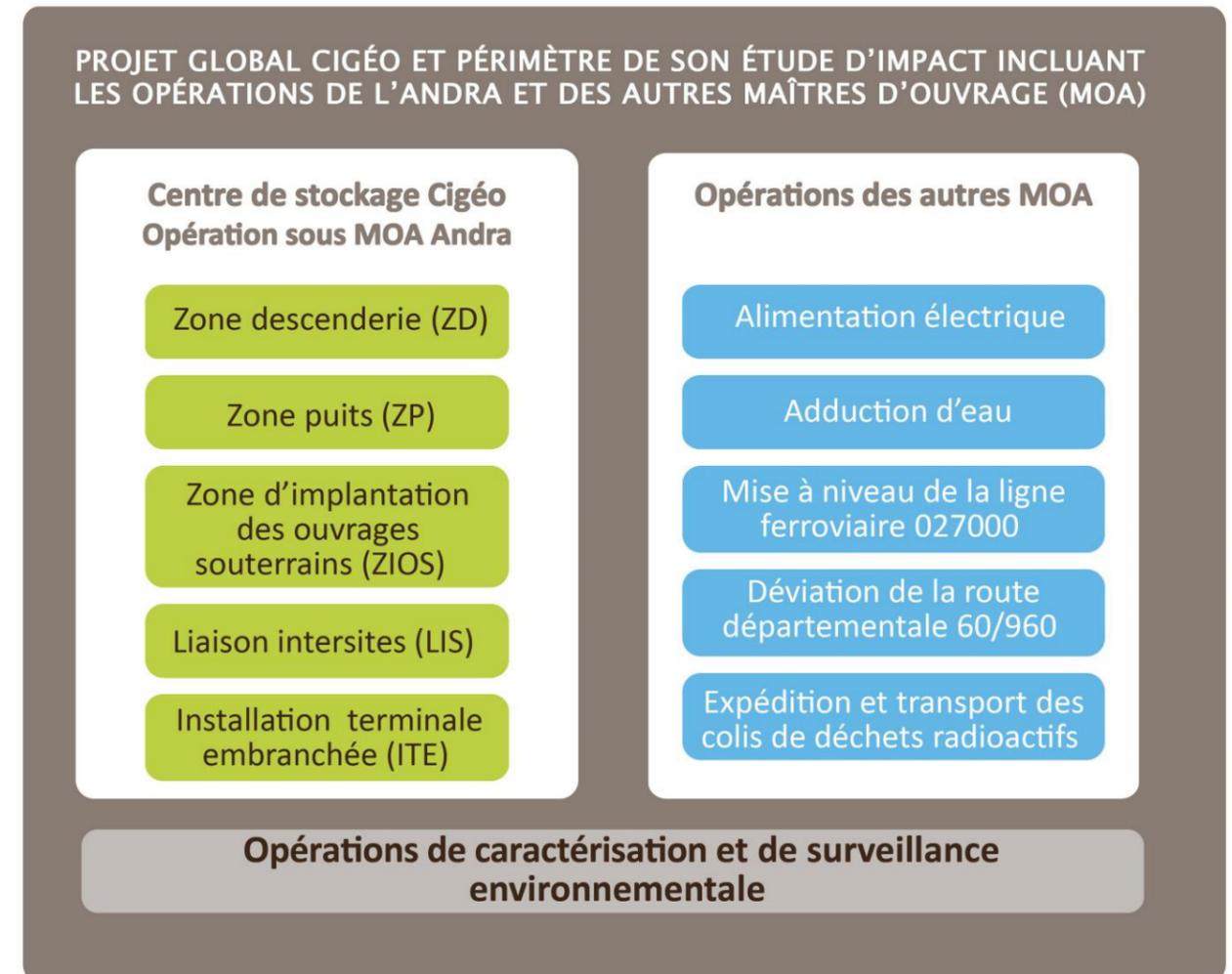
Le projet global Cigéo comprend les opérations (installations, aménagements, constructions d'ouvrages et activités) nécessaires à la réalisation, au fonctionnement, au démantèlement, à la fermeture et à la surveillance du centre de stockage Cigéo, dont ceux inclus dans le périmètre de l'installation nucléaire de base (INB).

Dans la figure 2-1, le projet global est représenté par l'encadré gris foncé. Au sein du projet global, sont incluses les opérations concernant le centre de stockage Cigéo, sous maîtrise d'ouvrage Andra (encadrés verts), les opérations des autres MOA (encadrés bleus) ainsi que les opérations de caractérisation et de surveillance, dont certaines sont sous maîtrise d'ouvrage Andra et certaines sous maîtrise d'ouvrage tierce (encart gris clair).

Le projet global Cigéo comporte ainsi :

- les installations et ouvrages du centre de stockage Cigéo (zone descendrière, zone puits, zone d'implantation des ouvrages souterrains, liaison intersites, installation terminale embranchée), dont ceux implantés dans le périmètre de l'installation nucléaire de base (INB), sous la maîtrise d'ouvrage de l'Andra ;
- les opérations menées, hors du centre de stockage Cigéo, par d'autres maîtres d'ouvrage :
  - ✓ l'alimentation électrique sous la maîtrise d'ouvrage de RTE ;
  - ✓ la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 sous la maîtrise d'ouvrage de SNCF Réseau ;
  - ✓ l'adduction d'eau sous la maîtrise d'ouvrage du SIVU du Haut Ornain et du SIAEP d'Échenay ;
  - ✓ la déviation de la route départementale D60/960 sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil départemental de la Haute-Marne ;
  - ✓ l'expédition et le transport des colis de déchets radioactifs sous la maîtrise d'ouvrage des producteurs (CEA, EDF et Orano).
- les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, sous maîtrise d'ouvrage Andra ou sous maîtrise d'ouvrage tierce, selon les opérations concernées.

Les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, objet de la présente demande d'autorisation environnementale, font partie des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale.



CG-00-D-MGE-AMOA-CM0-0000-19-0029-C

Figure 2-1 Périmètre du projet global Cigéo

La description détaillée du projet global Cigéo est disponible dans le volume II de la « Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo » (8).

Les opérations du projet global Cigéo sont représentées sur la figure 2-2.

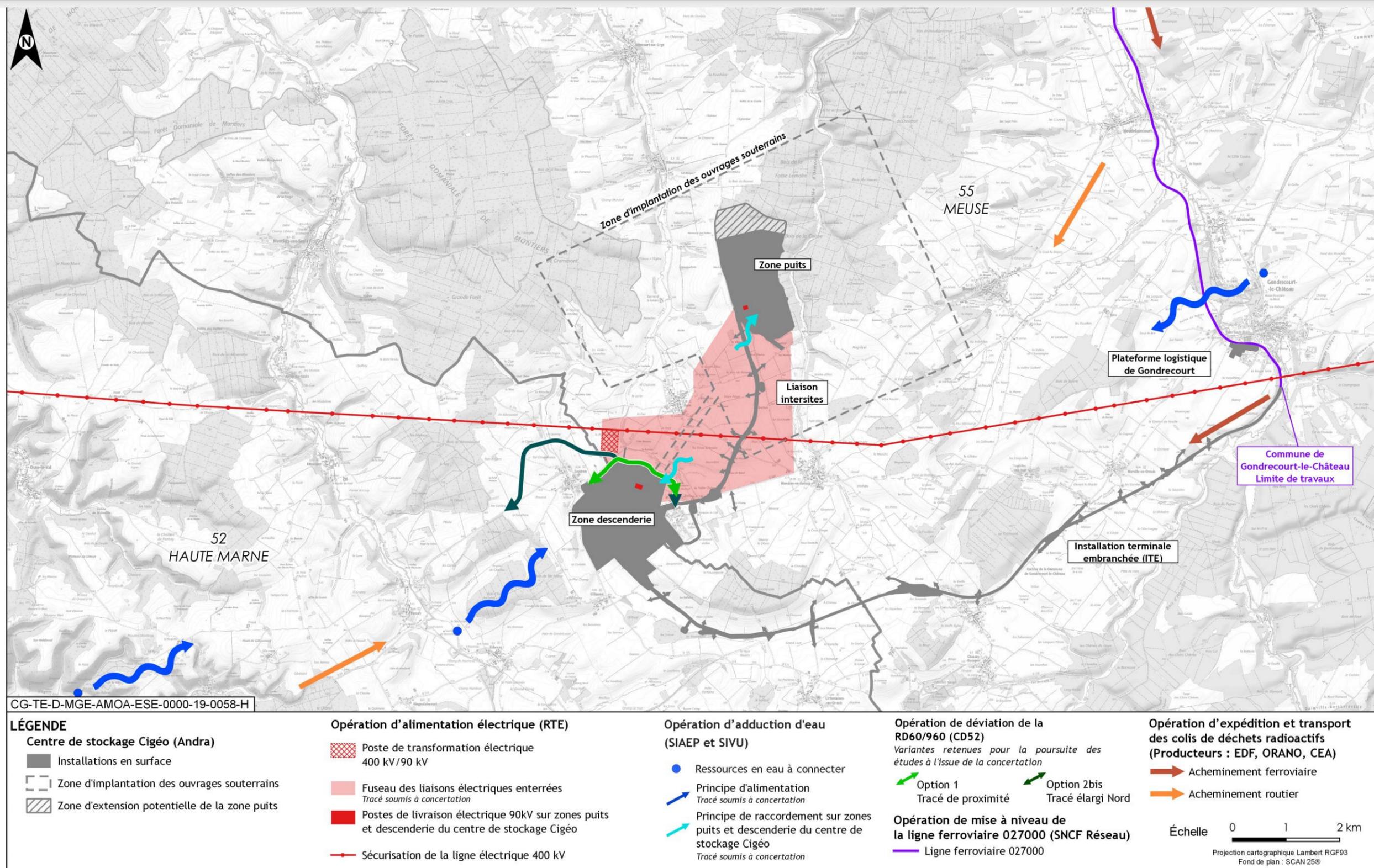


Figure 2-2 Implantation des différentes opérations du projet global Cigéo - Vue rapprochée

## 2.1.2 Zoom sur les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale

L'Andra a procédé depuis les années 90 à de nombreuses campagnes de caractérisation et de suivi environnemental :

- pour l'étude de la géologie régionale et locale dans le cadre de sa mission de recherche de site d'implantation, puis de conception du centre de stockage Cigéo. Des opérations de forage et des campagnes géophysiques depuis la surface ont notamment été menées sur le territoire de la Meuse et de la Haute-Marne ;
- d'inventaires de terrain sur le territoire, pour acquérir une bonne connaissance de la biodiversité et des zones humides.

De nouvelles opérations sont toutefois nécessaires :

- pour poursuivre les études de recherche et développement ;
- et pour affiner et conforter certaines données utilisées pour la conception du centre de stockage Cigéo et des opérations des autres maîtres d'ouvrage.

Des opérations de caractérisation sont ainsi menées sur ou à proximité des opérations composant le projet global.

### » LES OPÉRATIONS DE CARACTÉRISATION ET DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale sont menées par l'Andra et par d'autres maîtres d'ouvrage. Elles recouvrent :

- les opérations de caractérisation qui correspondent à des investigations permettant d'acquérir une meilleure connaissance de l'environnement, au sens large (archéologie préventive, géologie du site, biodiversité, milieu physique...) du centre de stockage Cigéo. Elles sont principalement de trois types :
  - ✓ les investigations géologiques, hydrogéologiques ou géotechniques ;
  - ✓ les inventaires environnementaux ;
  - ✓ les investigations relatives à l'archéologie préventive.
- les activités de surveillance environnementale qui correspondent à la réalisation de mesures, continues ou périodiques, prescrites par les autorités pour contrôler le fonctionnement du centre de stockage Cigéo et notamment de l'installation nucléaire de base (INB), identifier la cause d'éventuels dysfonctionnements et mettre en œuvre des actions correctives, ainsi que pour vérifier le respect des obligations réglementaires qui incombent à l'Andra en matière de protection de l'environnement ;
- les activités de suivi des mesures environnementales qui correspondent aux actions menées pour vérifier l'efficacité des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts du centre de stockage Cigéo.

## 2.1.3 Zoom sur les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale

Les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale sont elles-mêmes découpées en plusieurs phases d'opérations.

Ainsi, les travaux et aménagements objets du présent dossier constituent les premières opérations de caractérisation et de surveillances, dénommées DR0. D'autres phases d'opérations suivront la réalisation de ces premières opérations.

Ces premières opérations comportent des opérations d'archéologie préventive (diagnostics volontaires et fouilles archéologiques), l'implantation de forages, sondages et de piézomètres de caractérisation, supportées par des zones de stockage des matériaux et bases vie.

Elles sont décrites de façon détaillée au chapitre 3 de la présente pièce.

## 2.2 Les phases temporelles successives du déploiement prévisionnel du projet global Cigéo

### 2.2.1 Présentation générale

Le phasage du projet global Cigéo est calé sur le phasage de déploiement du centre de stockage Cigéo.

Il regroupe plusieurs phases temporelles successives.

**La phase d'aménagements préalables** débute à la délivrance du décret de déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo (et après l'obtention des autres autorisations nécessaires à la réalisation des travaux concernés) et se termine à la délivrance du décret d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) du centre de stockage Cigéo. Les aménagements préalables correspondent aux premiers travaux qui sont réalisés pour préparer la construction du centre. Certains de ces travaux, commencés pendant la phase d'aménagements préalables, pourront se terminer après l'obtention du décret d'autorisation, durant la phase de construction initiale.

Durant la phase d'aménagements préalables, des travaux concernant les opérations du projet global Cigéo suivantes sont menées :

- l'opération alimentation électrique du centre de stockage Cigéo ;
- l'opération adduction d'eau ;
- l'opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 ;
- l'opération déviation de la route départementale D60/960 ».

Les premières opérations de caractérisation et de surveillance, objet de la présente demande d'autorisation environnementale, s'inscrivent dans cette phase d'aménagements préalables.

**La phase de construction initiale** qui débute à la délivrance du décret d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo et se termine à la mise en service de cette installation nucléaire. Les travaux menés lors de la phase de construction initiale ont pour objectifs de réaliser tous les ouvrages au sein du périmètre INB qui permettent cette mise en service.

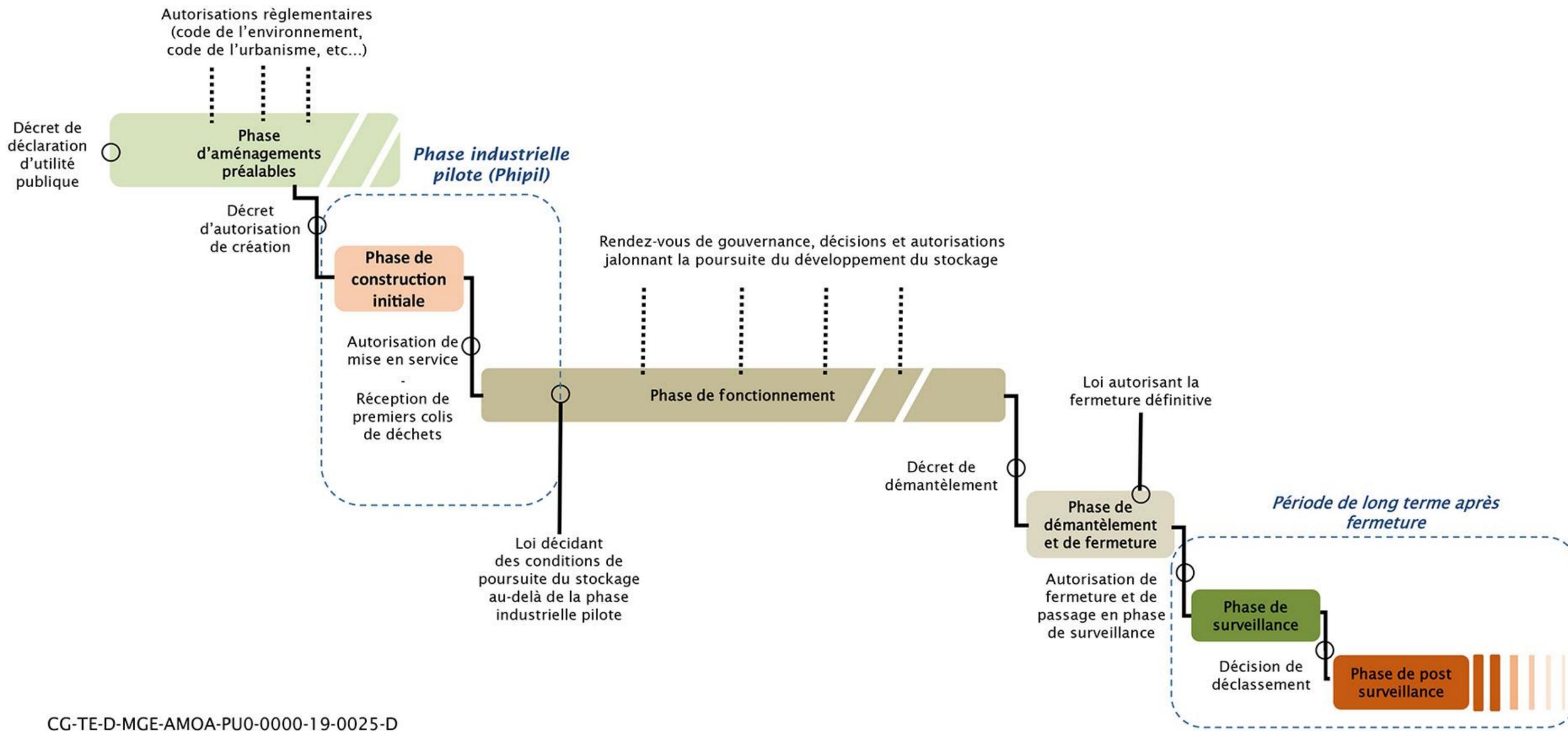
**La phase de fonctionnement** qui débute à la mise en service de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, c'est-à-dire à la réception de premiers colis de déchets radioactifs, et se termine à la délivrance de son décret de démantèlement. Elle se déroule pendant une centaine d'années au cours de laquelle auront principalement lieu des activités de réception et de stockage de colis de déchets et des travaux d'extension de l'installation souterraine, par tranches successives, afin de poursuivre la réception des colis de l'inventaire.

**La phase de démantèlement et de fermeture** qui débute à la délivrance du décret de démantèlement de l'INB Cigéo et se termine par la décision d'autorisation de fermeture et de passage en phase de surveillance. Cette phase comporte les opérations visant la fermeture définitive du centre de stockage que seule une loi peut autoriser.

**Les phases de surveillance et de post-surveillance** qui ne concernent que le centre de stockage Cigéo. Après la fermeture définitive du centre de stockage Cigéo, la phase de surveillance commence à la décision d'autorisation de fermeture et de passage en phase de surveillance de l'INB Cigéo. Elle se termine avec la décision de déclassement de l'INB Cigéo. Pendant cette phase, la sûreté du stockage est assurée de façon passive. Après la décision de déclassement, la phase de post-surveillance débute.

Le code de l'environnement prévoit une phase industrielle pilote (Phipil) pour le centre de stockage Cigéo. L'Andra propose que cette phase particulière couvre la phase de construction initiale et de premières années de la phase de fonctionnement. Cette proposition fera l'objet de concertations et pourra naturellement être modifiée sur la base des échanges avec les parties prenantes et le public.

La figure 2-3 schématise les phases temporelles successives précédemment décrites.



CG-TE-D-MGE-AMOA-PU0-0000-19-0025-D

Figure 2-3 Les phases temporelles du projet global Cigéo

## 2.2.2 Zoom sur la phase d'aménagements préalables

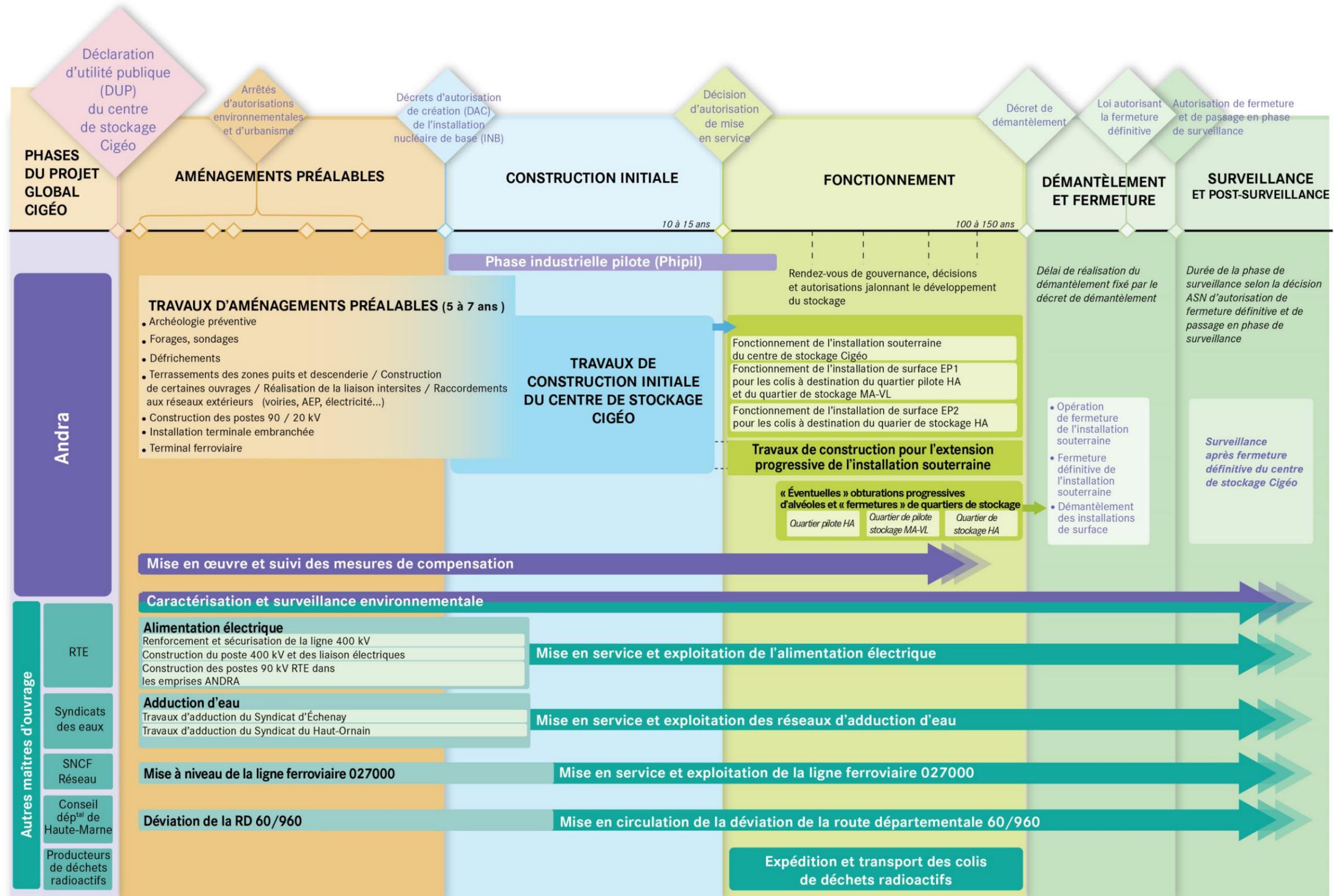
La phase d'aménagements préalables comprend les opérations d'archéologie préventive, la réalisation de certaines phases d'opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, le défrichage, ainsi que des travaux de terrassement et de viabilisation sur la zone d'intervention potentielle pour le centre de stockage.

En parallèle, les opérations des autres maîtres d'ouvrage d'alimentation électrique, d'adduction d'eau, de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et de déviation de la route départementale D60/960, sont réalisées et progressivement mises en service.

Chacune des opérations de cette phase d'aménagements préalables débute après l'obtention des autorisations nécessaires à leurs réalisations.

Les travaux engagés lors de la phase d'aménagements préalables peuvent se poursuivre pendant la phase suivante de construction initiale.

La figure 2-4- schématise les différentes phases temporelles du projet global Cigéo et détaille les travaux prévus dans la phase d'aménagements préalables.



CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-18-0427-H

Figure 2-4 Description des phases temporelles du projet global Cigéo

## 2.2.3 Une phase d'aménagements préalables découpée en tranches de travaux

### 2.2.3.1 La notion de tranches et d'autorisations environnementales distinctes

L'article L. 181-7 du code de l'environnement précise que : « *Lorsqu'un pétitionnaire envisage de réaliser son projet (...) en plusieurs tranches, simultanées ou successives, il peut solliciter des autorisations environnementales distinctes pour celles des tranches qui les nécessitent.* »

*Cette possibilité est subordonnée à la double condition que le découpage envisagé n'ait pas pour effet de soustraire le projet à l'application de l'article L. 181-1 et qu'il présente une cohérence au regard des enjeux environnementaux.*

*Les autorisations environnementales délivrées dans ce cadre sont, le cas échéant, complétées afin de prendre en compte les incidences environnementales cumulées à l'échelle du projet ».*

Cet article autorise le découpage d'un projet en plusieurs tranches, permettant ainsi au porteur de projet de déposer une autorisation environnementale par tranche, lorsque cette autorisation environnementale est requise.

Ce découpage ne peut toutefois se faire qu'à deux conditions :

- il ne doit pas viser à esquiver l'application des règles relatives à l'autorisation environnementale ;
- il doit être cohérent au regard des enjeux environnementaux.

Dans le cas du projet global Cigéo, ce découpage en tranches est justifié :

- à la fois par le fait que sa concrétisation s'étend sur de nombreuses années ;
- mais également par la nature diverse des opérations le composant.

Ce découpage n'a pas pour effet de soustraire les différentes opérations composant le projet à l'obtention d'autorisations environnementales, puisqu'il est d'ores et déjà acquis que les autorisations environnementales requises sont demandées pour chaque tranche de travaux entrant dans le champ d'application de cette procédure.

Ce découpage est également cohérent au regard des enjeux environnementaux : il n'entraîne pas de dégradation de l'évaluation des incidences mais permet, au contraire, de les apprécier de façon juste et actualisée à chaque nouvelle étape du projet.

En l'occurrence, les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementales sont les premières impliquant une demande d'autorisation environnementale. Elles correspondent donc à une tranche au sens du code de l'environnement.

À l'avenir, d'autres tranches feront à leur tour l'objet de demandes d'autorisations environnementales (cf. Chapitre 2.2.3.3 du présent document).

Outre la demande d'autorisation environnementale, une tranche de travaux peut être soumise à d'autres procédures administratives, notamment des autorisations d'urbanisme.

### 2.2.3.2 La première tranche : les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, dénommées opérations DR0

Les opérations objets de la présente demande d'autorisation environnementale sont les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale (dites opérations DR0). Il s'agit des premières opérations qui se dérouleront sur le territoire durant la phase d'aménagements préalables.

Les opérations DR0 incluent :

- des opérations de diagnostics archéologiques, à la suite des saisines de l'Andra concernant les terrains d'accueil des futures installations du centre de stockage et de ses ouvrages connexes (liaison intersites et installation terminale embranchée notamment). À l'issue de ces diagnostics et selon les résultats, des fouilles pourront être prescrites par les préfectures concernées ;

- des fouilles archéologiques prescrites, par les préfectures de Meuse et de Haute-Marne à la suite d'une première campagne de diagnostics, en zone descendrière et sur une partie de l'installation terminale embranchée notamment, réalisée en 2015-2016 par l'INRAP (24, 25).

L'objectif de ces investigations archéologiques est de lever les contraintes de protection du patrimoine archéologique des futures emprises des installations et de permettre ensuite le démarrage des travaux de construction.

Ces opérations du DR0 incluent également une importante campagne de caractérisation géotechnique sur l'ensemble du périmètre d'emprise ou d'influence du futur centre de stockage, de ses ouvrages connexes et des ouvrages des autres maîtres d'ouvrage tiers. Ces opérations (forages, piézomètres, piézomètres de caractérisation des zones humides, etc.) ont pour objectif d'affiner et de conforter la connaissance des milieux d'implantation des futurs ouvrages et de déterminer les données d'entrée en vue de la finalisation de détail de la conception de l'ensemble des ouvrages.

Enfin, ces opérations du DR0 portent également la réalisation de quatre plateformes dites ZBS\_Fond\_UP1 qui supportent des forages géotechniques de grande profondeur. Dans le cadre de la démarche d'amélioration continue des connaissances et de leur intégration progressive dans les modèles retenus dans les évaluations de sûreté, ce programme a pour objectif d'affiner et de conforter le comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques présentes sur le territoire d'implantation du futur centre de stockage Cigéo et la connaissance de la couche de Callovo-Oxfordien. Ce programme a pour objectif d'affiner et de conforter le comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques présentes sur le territoire d'implantation du futur centre de stockage Cigéo et la connaissance de la couche de Callovo-Oxfordien.

La durée de réalisation de ces travaux est fonction de la nature de l'ouvrage, elle varie donc :

- de quelques jours à quelques semaines pour les piézomètres et petits forages d'investigations géotechniques de sub-surface ;
- de quelques jours à quelques semaines pour les différents diagnostics archéologiques ;
- de quelques mois pour les fouilles archéologiques et en particulier, pour un secteur de la zone descendrière, les opérations dureront *a minima* 15 mois pour une durée maximale estimée à 36 mois ;
- de plusieurs mois pour les travaux de foration des forages ZBS\_FOND\_UP1.

La localisation de ces travaux est présentée dans le chapitre 3 de la présente pièce et de manière détaillée dans la « Pièce DAE8 - Éléments graphiques » (10).

### 2.2.3.3 Les tranches ultérieures

Une fois les premières opérations de caractérisation et de surveillance autorisées, d'autres demandes d'autorisations portant sur les travaux décrits ci-dessous seront déposées.

Les premières opérations de défrichage seront effectuées au sein du bois Lejuc. Elles concernent l'aire d'implantation des installations de surface de la zone puits et l'aire destinée à la gestion des déblais du Callovo-Oxfordien excavés lors des premiers creusements, qui constituent une surface remaniée totale d'environ 136 ha.

Sur la partie de la zone puits dédiée aux verses, seule une première zone est aménagée. Elle permet de gérer les déblais du Callovo-Oxfordien excavés lors du creusement des ouvrages souterrains nécessaires à la mise en service du centre de stockage. Elle sera étendue ultérieurement en lien avec l'extension progressive de l'installation souterraine.

L'ensemble des travaux d'aménagements préalables s'accompagne de la mise en œuvre des réseaux nécessaires aux installations de chantier, ainsi que des voiries structurantes permettant la circulation des flux des chantiers.

Des bassins et ouvrages d'assainissement permettent la gestion des eaux pluviales et des eaux de ruissellement durant les premières années des travaux avant la mise en fonctionnement des installations définitives. Des ouvrages d'assainissement sont réalisés pour la gestion des eaux usées des installations de chantier, dans l'attente de la mise en service des ouvrages prévus pour le fonctionnement du centre de stockage Cigéo.

Les travaux de la phase d'aménagements préalables peuvent débuter durant cette phase et se terminer après l'obtention du décret d'autorisation de création, durant la phase de construction initiale, en particulier des travaux de terrassement des plateformes.

Les travaux menés pendant la phase d'aménagements préalables visent également les autres opérations du projet global Cigéo suivantes :

- opération « alimentation électrique du centre de stockage Cigéo » ;
- opération « mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 entre Nançois-Tronville et Gondrecourt-le-Château » ;
- opération « déviation de la route départementale D60/960 » ;
- opération « adduction d'eau potable ».

Les travaux les plus importants menés hors du centre de stockage Cigéo correspondent à la création du poste de transformation 400/90 kV. Ils nécessitent des terrassements, la construction de bâtiments et le montage d'équipements (transformateurs, jeux de barre...). La pose des liaisons souterraines 90 kV et les travaux sur la ligne 400 kV sont également réalisés pendant la phase d'aménagements préalables.

## 2.3 Le cadre réglementaire applicable aux premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale

### 2.3.1 Soumission à évaluation environnementale et actualisation de l'étude d'impact

#### 2.3.1.1 Rappel des procédures réglementaires réalisées et en cours

Le projet global Cigéo a fait l'objet d'une première évaluation environnementale, dans le cadre de sa déclaration d'utilité publique (DUP) et de la mise en compatibilité des documents d'urbanisme, dont l'enquête publique s'est déroulée du 15 septembre au 23 octobre 2021. Le décret de DUP n° 2022-993 a été signé le 7 juillet 2022 (26).

À la date du dépôt de la présente demande d'autorisation environnementale, la demande d'autorisation de création (DAC) du centre de stockage a d'ores et déjà été déposée. Elle est en cours d'instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'étude d'impact jointe au dossier de DAC a déjà été actualisée une première fois par rapport à celle soumise au public lors de l'enquête publique préalable à l'obtention de la DUP.

#### 2.3.1.2 Actualisation de l'étude d'impact, pièce de la demande d'autorisation environnementale

La démarche d'actualisation de l'étude d'impact est prévue à l'article L. 122-1-1, III du code de l'environnement :

*« Les incidences sur l'environnement d'un projet dont la réalisation est subordonnée à la délivrance de plusieurs autorisations sont appréciées lors de la délivrance de la première autorisation. »*

***Lorsque les incidences du projet sur l'environnement n'ont pu être complètement identifiées ni appréciées avant l'octroi de cette autorisation, le maître d'ouvrage actualise l'étude d'impact en procédant à une évaluation de ces incidences, dans le périmètre de l'opération pour laquelle l'autorisation a été sollicitée et en appréciant leurs conséquences à l'échelle globale du projet. [...].***

*L'autorité compétente pour délivrer l'autorisation sollicitée fixe s'il y a lieu, par une nouvelle décision, les mesures à la charge du ou des maîtres d'ouvrage destinées à éviter les incidences négatives notables, réduire celles qui ne peuvent être évitées et compenser celles qui ne peuvent être évitées ni réduites, ainsi que les mesures de suivi afférentes ».*

Le projet global Cigéo est un projet comprenant des opérations fractionnées :

- dans leur maîtrise d'ouvrage ;
- dans le temps.

Ces opérations n'ont pas toutes le même état d'avancement de leur conception ; la présente version de l'étude d'impact vient ainsi préciser l'identification et l'évaluation des incidences présentées lors de la réalisation de la première version de l'étude d'impact produite dans le cadre de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique.

Le projet global Cigéo implique la conduite de plusieurs procédures successives de consultation du public et d'autorisations préalablement à sa mise en œuvre.

Or, l'étude d'impact est une pièce qui doit être jointe à chaque dossier réglementaire auquel le projet global Cigéo est soumis, en particulier :

- au dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique au titre du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique ou au titre du code de l'énergie pour la ligne électrique ;
- à la demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base ;
- aux demandes d'autorisation environnementale ;
- aux demandes d'autorisation au titre du code de l'urbanisme.

L'étude d'impact sera actualisée dans l'hypothèse où tout ou partie des incidences du projet sur l'environnement n'aurait pu être complètement identifiées ni appréciées avant l'octroi d'une autre autorisation requise dans le cadre du projet global Cigéo, conformément à l'article L. 122-1-1 du code de l'environnement.

#### » CONTEXTE DE LA PROCÉDURE DANS LAQUELLE S'INSCRIT L'ÉTUDE D'IMPACT

Les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale doivent faire l'objet d'une autorisation environnementale en vertu de l'article L. 181-1 du code de l'environnement comme précisé ci-après.

La « Pièce DAE6 – Étude d'impact du projet global Cigéo » (8) est une des pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale. Elle actualise l'étude d'impact qui était jointe au dossier de demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, déposé le 16 janvier 2023.

### 2.3.2 Soumission à autorisation environnementale des premières opérations de caractérisation et de surveillance

La réalisation des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale impose l'obtention d'une autorisation environnementale, qui tiendra lieu de dérogation dite « espèces protégées », absence d'opposition à déclaration d'IOTA et absence d'opposition au titre du régime d'évaluation des incidences Natura 2000.

L'autorisation environnementale est requise en vertu de l'article L. 181-1 du code de l'environnement, dès lors que les activités, installations, ouvrages et travaux objets de la demande sont concernés par une autorisation requise en vertu des articles L. 214.1 et suivants du code de l'environnement (autorisation des installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) susceptibles d'avoir une incidence sur la ressource en eau).

Les rubriques concernées sont détaillées au chapitre 1.1 de la présente pièce.

Pour plus de détails, le lecteur pourra se référer à la « Pièce DAE4 – Volet IOTA » (7).

Une dérogation au titre de l'article L. 411-2 du code de l'environnement, dite « espèces protégées », est également requise.

En droit français, les espèces protégées sont les espèces animales et végétales figurant sur les listes fixées par arrêtés ministériels, en application des articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'environnement.

L'article L. 411-2 précise que : « à condition qu'il n'existe pas une autre solution satisfaisante, pouvant être évaluée par une tierce expertise menée, à la demande de l'autorité compétente, par un organisme extérieur choisi en accord avec elle, aux frais du pétitionnaire, et que la dérogation ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle », l'autorité administrative

compétente peut délivrer des autorisations exceptionnelles pour déroger aux interdictions mentionnées aux 1°, 2° et 3 de l'article L. 411-1 pour les motifs ci-après :

- « a) dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels,
- b) pour prévenir des dommages importants notamment aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux et à d'autres formes de propriété,
- c) dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publique ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement,
- d) à des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins, y compris la propagation artificielle des plantes,
- e) pour permettre, dans des conditions strictement contrôlées, d'une manière sélective et dans une mesure limitée, la prise ou la détention d'un nombre limité et spécifié de certains spécimens. »

S'agissant des opérations DR0, la demande de dérogation porte sur :

- la capture ou l'enlèvement, la destruction et la perturbation intentionnelle de spécimens d'espèces animales protégées ;
- la destruction, l'altération, ou la dégradation de sites de reproduction ou d'aires de repos d'animaux d'espèces animales protégées.

Pour plus de détails, le lecteur pourra se référer à la « Pièce DAE5 - Volet dérogation espèces protégées » (2).

L'autorisation environnementale demandée tiendra lieu, en vertu de l'article L. 181-2 du code de l'environnement, de « dérogation espèces protégées » décrite ci-dessus.

Elle vaudra également :

- absence d'opposition à déclaration d'IOTA : en effet, parmi les ouvrages projetés, certains sont soumis à déclaration en vertu de la nomenclature des IOTA, annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Aucune déclaration supplémentaire n'est requise les concernant, car ils sont intégrés à la présente demande ;
- absence d'opposition au titre du régime d'évaluation des incidences Natura 2000 en application de l'article L. 414-4 du code de l'environnement : en raison de la proximité de sites Natura 2000, une évaluation des incidences du projet sur ceux-ci est réalisée. Elle figure au Volume V de la « Pièce DAE6 - Étude d'impact » (8).

La figure 2-5 présente les différents dossiers de demandes d'autorisation à déposer sur le projet global Cigéo, dépôts étalés dans le temps.

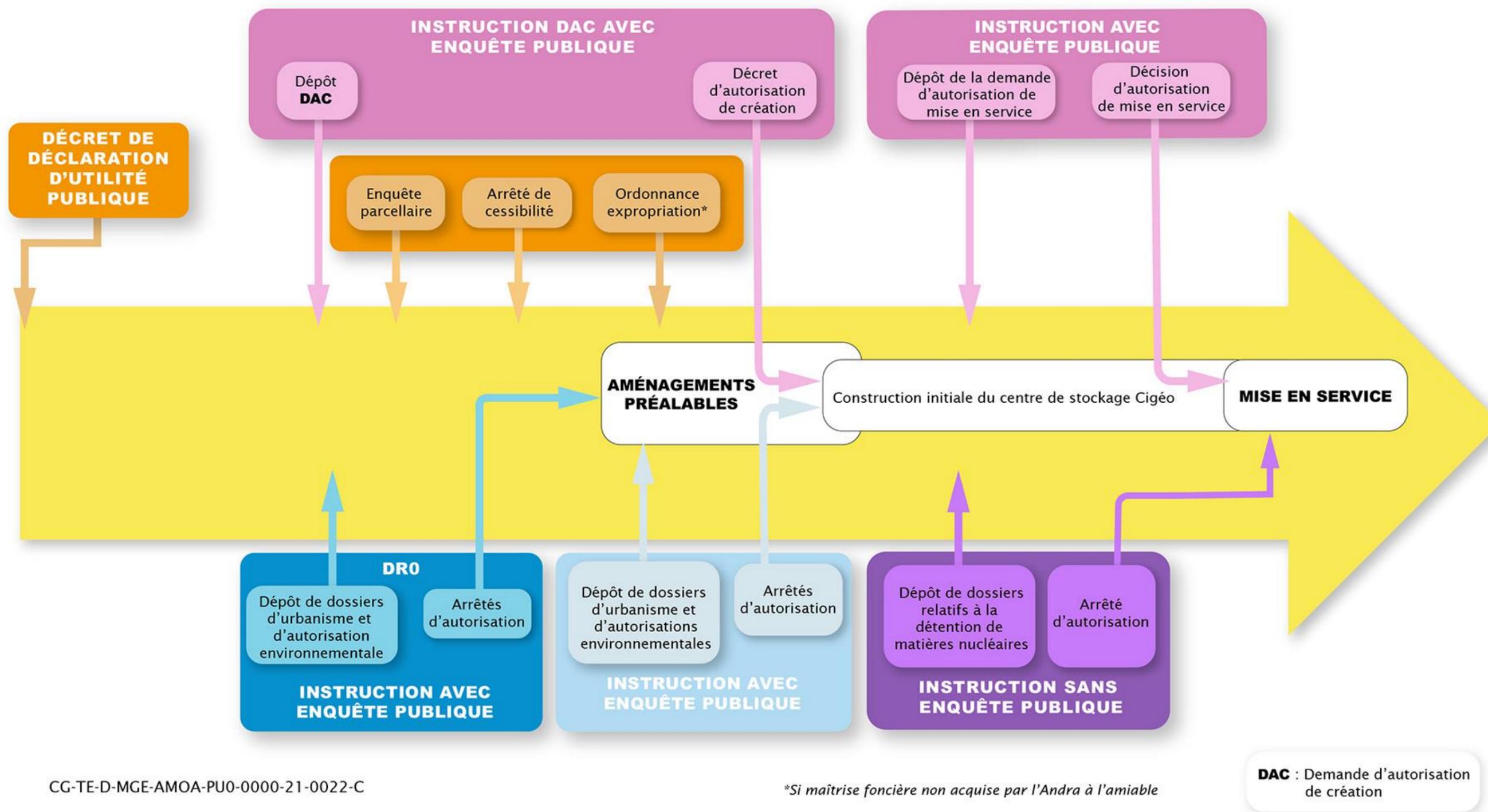


Figure 2-5 Schéma d'ordonnancement des principales procédures nécessaires à la création et à la construction du projet global Cigéo

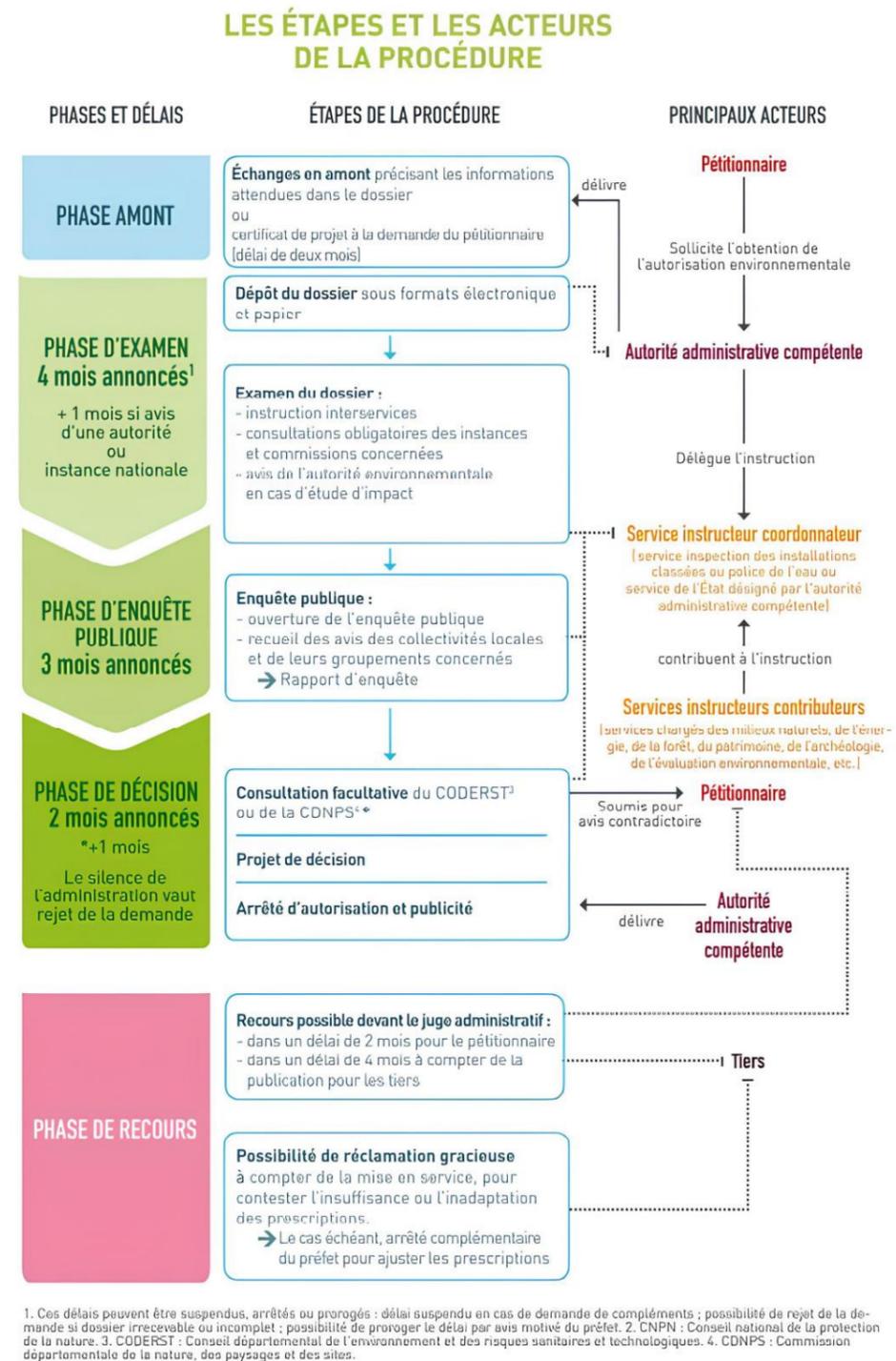
### 2.3.3 L'enquête publique

La demande d'autorisation environnementale fera l'objet d'une enquête publique organisée dans les conditions prévues aux articles L. 123-3 à L. 123-18, R. 123-3 à R. 123-27, L. 181-10, R. 181-36 à R. 181-38 du code de l'environnement.

Cette enquête publique unique portera également sur les demandes d'autorisations d'urbanisme déposées en parallèle de la présente demande d'autorisation environnementale.

Ces modalités sont décrites dans la « Pièce EPU3 - Objet de l'enquête publique, informations juridiques et administratives » (16).

L'enquête publique s'insère dans la procédure administrative selon les étapes présentées dans la figure 2-6 ci-après. Au terme de la procédure d'enquête publique, un arrêté inter-préfectoral, signé par les préfets de la Meuse (coordonnateur de l'instruction) et de la Haute-Marne pourra être délivré.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0051-B

Figure 2-6

Procédure d'instruction de l'autorisation environnementale (Source : ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires)

# 3

## Description de la tranche de travaux, objet du présent dossier

3.1	Présentation de la tranche de travaux DR0	34
3.2	Caractéristiques des travaux d'archéologie préventive	39
3.3	Caractéristiques techniques du programme de forages, sondages et piézomètres	63
3.4	Zones de stockage des matériaux et bases vie	105



## 3.1 Présentation de la tranche de travaux DR0

### 3.1.1 Présentation générale de la tranche de travaux

La présente tranche de travaux fait partie de la phase d'aménagements préalables du projet global Cigéo. Ces travaux correspondent à des travaux d'archéologie préventive (diagnostics volontaires et fouilles), à la réalisation de 592 forages, sondages et piézomètres de caractérisation du sous-sol incluant deux campagnes d'imagerie sismique et au déploiement des bases vie et zones de stockage des matériaux nécessaires à leur réalisation.

À noter : la pièce DAE12 « Addendum – Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0 » (1) comprend des descriptions complémentaires à celles présentées ci-dessous.

Ces travaux ont pour but d'apporter des compléments d'informations sur la caractérisation et la surveillance de l'environnement du projet global Cigéo tant d'un point de vue géologique, géotechnique, hydrogéologique ou patrimonial, afin d'affiner et de confirmer la conception du projet et de respecter les dispositifs du code du patrimoine en matière d'archéologie préventive.

La « Pièce DAE8 – Éléments graphiques » (10) présente des cartographies générales ainsi que des cartographies détaillées (plans parcellaires) de l'ensemble des travaux.

Ces travaux consistent en :

De l'archéologie préventive :

- des diagnostics archéologiques volontaires sur la zone descendrière (ZD), l'installation terminale embranchée (ITE) et la liaison intersites (LIS), dont la surface totale est établie à environ 28 hectares sur les secteurs suivants :
  - ✓ l'exutoire nord de la zone de descendrière : 0,4 ha sur la commune de Bure ;
  - ✓ la jonction entre l'ITE et la zone de descendrière : 0,21 ha sur la commune de Gillaumé ;
  - ✓ au niveau de la LIS : 23,11 ha sur les communes de Mandres-en-Barrois et Bure ;
  - ✓ au niveau de l'ITE, secteur ouest : 0,30 ha sur la commune de Gillaumé ;
  - ✓ au niveau de l'ITE, secteur centre : 0,21 ha sur la commune de Cirfontaines-en-Ornois ;
  - ✓ au niveau de l'ITE, la gare de Luméville : 3,98 ha sur la commune de Gondrecourt-le-Château.
- des fouilles archéologiques : les fouilles archéologiques des opérations DR0 sont consécutives aux diagnostics antérieurs ayant donné des résultats positifs (découverte d'indices de vestiges d'intérêt). Elles sont prescrites par des arrêtés préfectoraux qui distinguent deux types de surface : les surfaces réservées et les surfaces de fouilles. Dans le cadre de cette tranche de travaux, les arrêtés définissent une surface totale réservée d'environ 100 ha. À l'intérieur de ces zones réservées, une surface totale maximale d'environ 62 ha doit faire l'objet de fouilles.  
Les zones de fouilles ont été regroupées en trois lots selon les âges des vestiges identifiés :
  - ✓ lot 1 : grande zone unique de 4 ha de vestiges du Moyen-Âge sur la commune de Saudron ;
  - ✓ lot 2 : trois zones assez réduites de vestiges Protohistoriques et Gallo-Romains et une très grande zone de vestiges du Néolithique, sur les communes de Bure, Gillaumé et Saudron pour une superficie totale d'environ 42 ha ;
  - ✓ lot 3 : quatre zones distinctes de vestiges Protohistoriques et de l'Antiquité, s'étendant sur une superficie d'environ 16 ha sur les communes de Saudron, Gillaumé et Cirfontaines-en-Ornois.

La réalisation de 592 forages, sondages, dont 195 piézomètres :

- le programme ZBS\_FOND\_UP1 : Il est composé de 13 forages profonds de reconnaissance géologique dont 12 pérennes (équipés de piézomètres) et un forage carotté qui est rebouché au terme de l'acquisition des données. Ces forages d'une profondeur de 345 m à 715 m de profondeur sont répartis sur quatre plateformes de 1 500 m<sup>2</sup> utiles en périphérie immédiate de la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) :
  - ✓ quatre forages dans le Dogger ;
  - ✓ quatre forages dans le Callovo-oxfordien ;

- ✓ cinq forages dans l'Oxfordien carbonaté.

Ce programme a pour objectif d'affiner et de conforter le comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques présentes sur le territoire d'implantation du futur centre de stockage Cigéo et la connaissance de la couche de Callovo-Oxfordien.

Une campagne d'imagerie sismique réflexion, composée de quatre lignes sismiques d'étude, d'une longueur de 3 775 m à 5 475 m, passant par chacune des plateformes de forages ZBS\_FOND\_UP1 et se reconnectant à la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) est entreprise. Ces lignes sismiques réflexion utilisent des ondes sur les interfaces entre plusieurs niveaux géologiques afin de caractériser ces derniers ;

- la campagne géotechnique et piézomètres sur la zone puits (ZP) : Cette campagne comprend 42 forages géotechniques (dont 14 équipés de piézomètres) implantés au droit des chemins blancs et des layons forestiers existants dans les calcaires de Dommartin, la Pierre Chaline et les calcaires sublithographiques compris entre 30 m et 100 m de profondeur. La campagne a pour objectif de caractériser la zone d'implantation des futurs ouvrages et bâtiments de la zone puits. Une campagne d'imagerie sismique réfraction, composée de six lignes sismiques d'une longueur de 303 m à 1 171 m est prévue ;
- la campagne géotechnique et piézomètres sur la liaison intersites (LIS) : la campagne géotechnique a pour objectif de caractériser la zone d'implantation de cet ouvrage. Cette campagne comprend 37 forages géotechniques (dont 13 équipés de piézomètres) compris entre 15 m et 77 m de profondeur et 27 sondages à la pelle mécanique ;
- la campagne géotechnique et piézomètres complémentaire sur l'installation terminale embranchée (ITE) : Cette campagne comprend quatre forages équipés de piézomètres implantés à 30 mètres de profondeur maximum et elle a pour objectif de caractériser la zone d'implantation de cet ouvrage ;
- la campagne de caractérisation des zones humides (ZH) : cette campagne comprend neuf piézomètres à proximité de l'Orge et la Bureau à une profondeur de 4 m à 7 m et a pour objectif d'affiner la connaissance des fonctionnalités des zones humides ;
- la campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB) : 71 forages, équipés de piézomètres, allant de quelques mètres à 200 mètres de profondeur, répartis sur 33 plateformes et permettant la caractérisation de l'hydro-système karstique des Calcaires du Barrois. Chaque plateforme comprend un à trois forages selon les niveaux aquifères des Calcaires du Barrois ;
- les investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000 qui comprennent 348 forages et sondages et ont pour objectif de caractériser l'état actuel du milieu et de l'infrastructure existante :
  - ✓ 90 sondages à la pelle de 2,5 m à 3 m de profondeur, soit un sondage à la pelle mécanique tous les 500 mètres linéaires environ, exécutés en bordure de la plateforme ferroviaire existante et au droit des rétablissements routiers ;
  - ✓ 70 sondages semi-destructifs à la tarière à 2,5 mètres de profondeur ;
  - ✓ 45 sondages carottés menés à des profondeurs comprises entre 7 m et 15 m, situés au droit de la plateforme ferroviaire ;
  - ✓ 32 sondages pressiométriques menés à des profondeurs comprises entre 8 m et 15 m au droit de la plateforme ferroviaire ;
  - ✓ 72 piézomètres, soit un piézomètre tous les 500 mètres linéaires :
    - 70 sondages destructifs à 4 mètres de profondeur équipés de piézomètres crépinés entre 1 m et 4 m ;
    - 2 sondages destructifs à 7 mètres de profondeur équipés de piézomètres crépinés entre 1 m et 7 m (au droit de futurs bassins) ;
    - des essais d'eau sont réalisés dans les sondages avant la pose des piézomètres.
  - ✓ 39 carottages de maçonnerie sur des ouvrages d'art existants.
- la campagne géotechnique sur le tracé de la déviation de la route départementale D60/960 qui comprend 41 forages et sondages. La campagne géotechnique a pour objectifs de caractériser la zone d'implantation de cette déviation. Cette campagne comprend :
  - ✓ 19 pénétromètres dynamiques ;
  - ✓ 1 sondage carotté ;
  - ✓ 10 sondages pelle mécanique ;
  - ✓ 2 sondages carottés avec essais scissométriques ;

- ✓ 8 sondages pelle mécanique avec essais Matsuo ;
- ✓ 1 sondage destructif avec réalisation de dix mesures pressiométriques.

Des zones de stockage de matériaux et bases vie :

15 zones de stockage des matériaux et bases vie sont prévues pour permettre l'organisation des travaux relatifs aux sondages, forages et à l'archéologie préventive, réparties en :

- 6 zones de stockage et bases vie principales ;
- 9 zones de stockage et bases vie secondaires.

La description technique détaillée des opérations DR0 est présentée aux chapitres 3.2, 3.3 et 3.4 du présent document,

Les communes concernées par les opérations DR0 sont précisées en annexe 1.1 du présent document.

La « Pièce DAE8 - Éléments graphiques » (10) présente des cartographies générales ainsi que des cartographies détaillées (plans parcellaires) de l'ensemble des travaux.

### 3.1.2 **Choix d'implantation et solutions alternatives de localisation étudiées**

Les choix d'implantation et solutions alternatives de localisation des opérations DR0 étudiées figurent dans la « Pièce DAE5 - Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-6) » (2) et dans le volume 2 de la « Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global » (8).

### 3.1.3 **Emplacement des travaux projetés**

Les travaux objets de la demande, sont situés dans la région Grand Est, dans les départements de la Meuse et de la Haute-Marne.

Les communes concernées directement par les opérations DR0 sont présentées dans les tableaux par département figurant en annexe 1.1 du présent document.

Les figure 3-1, figure 3-2 et figure 3-3 présentent la localisation des différents travaux soumis à autorisation environnementale et composant la tranche de travaux objet de la demande d'autorisation environnementale selon une vue d'ensemble et sur deux zooms.

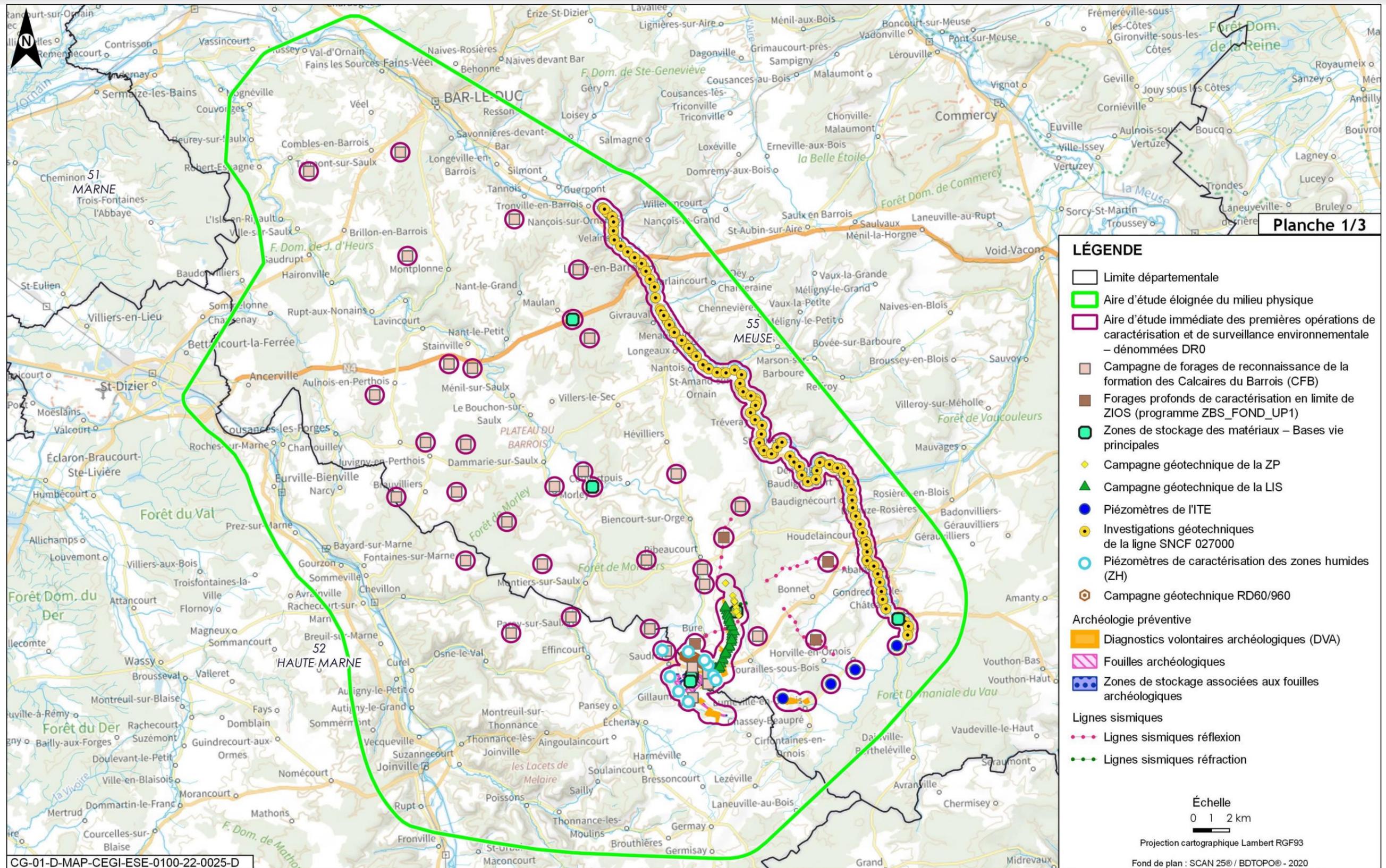


Figure 3-1 Carte de localisation de l'ensemble des travaux projetés

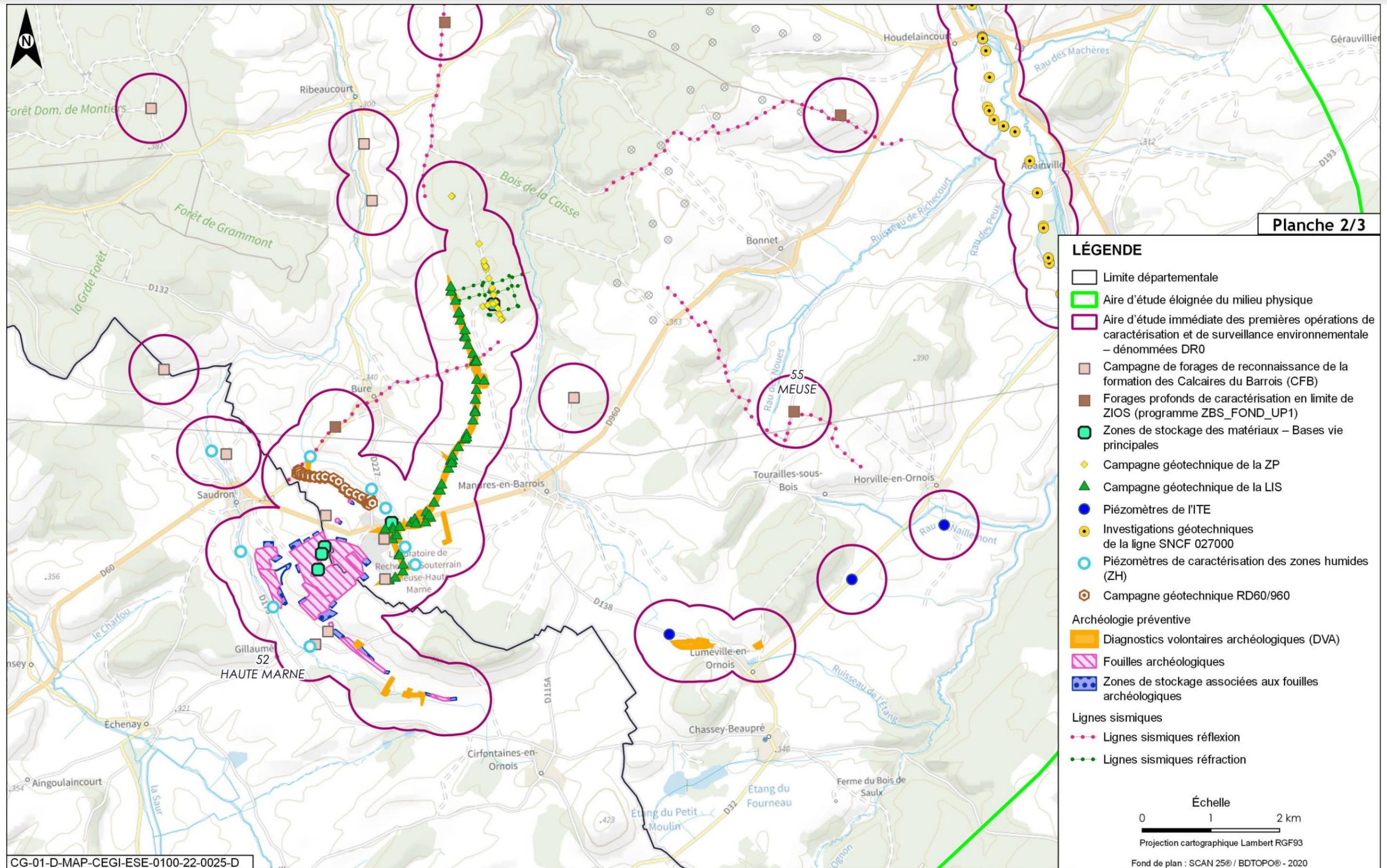


Figure 3-2 Carte zoom des travaux projetés

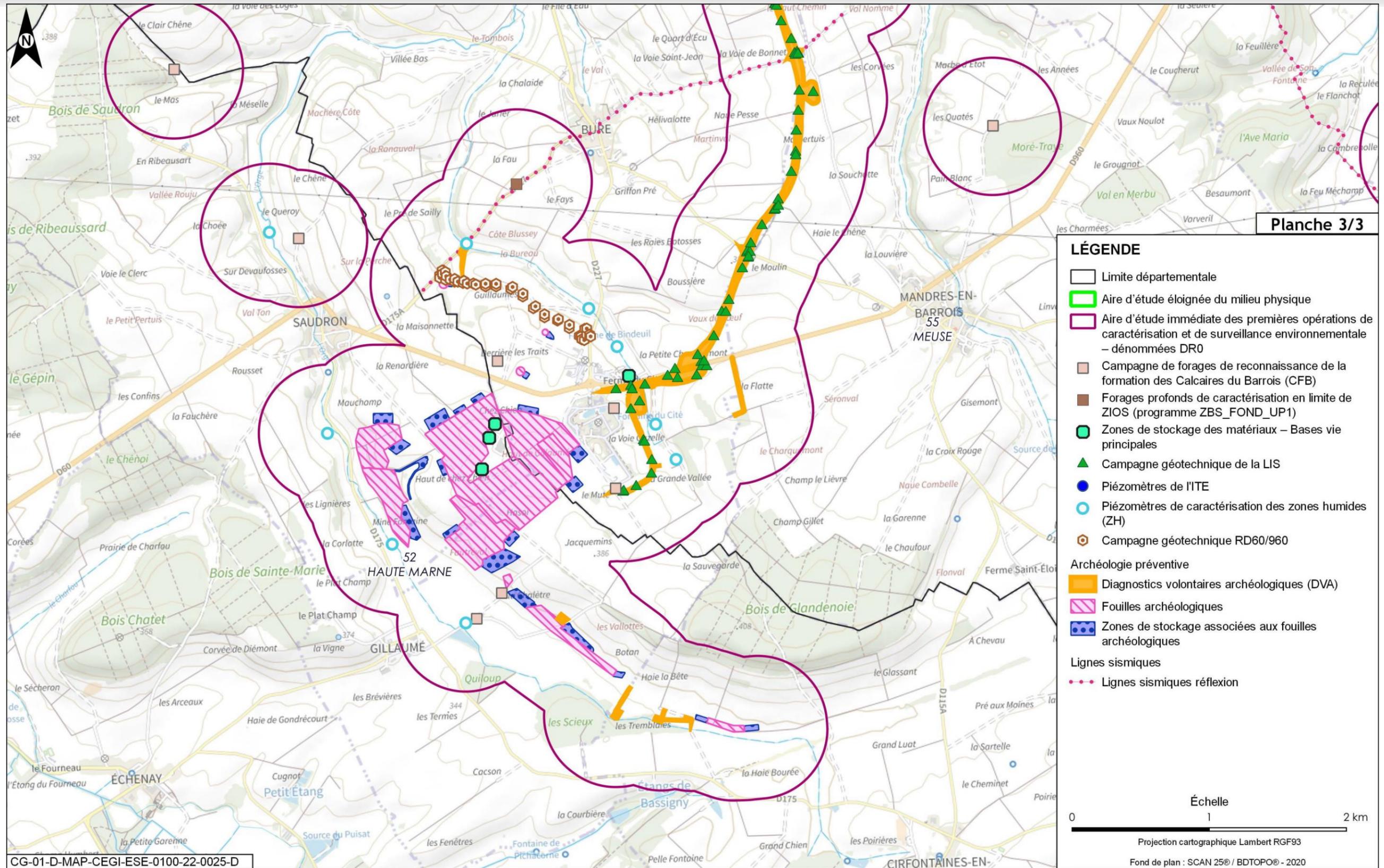


Figure 3-3 Carte zoom des travaux projetés – secteurs zone de descenderie et LIS

## 3.2 Caractéristiques des travaux d'archéologie préventive

Les opérations de fouilles et diagnostics volontaires archéologiques sont intégrées à la demande d'autorisation environnementale.

Elles vont, notamment entraîner, en phase travaux, des ruissellements et rejets d'eau pluviales dans le milieu naturel, ainsi que des habitats naturels, entraînant la nécessité d'une autorisation au titre du 1° de l'article L. 181-1 du code de l'environnement.

### 3.2.1 Généralité sur l'archéologie préventive

L'archéologie préventive a pour objectif d'assurer la détection et l'étude scientifique des vestiges susceptibles d'être détruits par des travaux liés à l'aménagement du territoire. En France, elle est encadrée par les dispositions du livre V du code du patrimoine.

#### 3.2.1.1 Diagnostic archéologique

Avant tout aménagement public ou privé, l'État peut prescrire un diagnostic archéologique pour vérifier si le terrain recèle des traces d'anciennes occupations humaines. Cette intervention, effectuée par l'Inrap ou par un service de collectivité territoriale agréé, répond à un processus très encadré.

##### ► DÉMARCHE VOLONTAIRE DE L'ANDRA

Les diagnostics archéologiques qui seront réalisés dans le cadre des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, objet du présent dossier, relèvent d'une démarche volontaire de la part de l'Andra.

L'objectif du diagnostic est de vérifier si le terrain recèle des traces d'anciennes occupations humaines susceptibles d'être détruites. Des sondages sont alors effectués par l'Inrap ou par un service de collectivité territoriale agréé, sur 10 % de la surface de terrain concernée par le projet. La méthodologie employée permet de détecter, caractériser, circonscrire et dater les éventuels vestiges archéologiques présents dans le sous-sol. À l'issue de cette intervention sur site, les archéologues remettent un rapport de diagnostic aux services de l'État (DRAC/Service régional de l'archéologie de la région concernée). Sur la base de ces conclusions, soit l'aménageur est autorisé à entreprendre immédiatement ses travaux, soit une fouille préalable est prescrite.

#### 3.2.1.2 Fouille archéologique

Lorsque le diagnostic a attesté de la présence de vestiges archéologiques dignes d'intérêt scientifique et suffisamment conservés, l'État peut prescrire une fouille archéologique préventive.

##### ► LES FOUILLES ARCHÉOLOGIQUES DES OPÉRATIONS DE CARACTÉRISATION ET SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Les fouilles archéologiques qui seront réalisées dans le cadre des opérations de caractérisation et surveillance environnementale, objet du présent dossier, ont été prescrites à l'issue de diagnostics archéologiques réalisés par l'INRAP en 2015-2016 (24, 25).

Cette opération fait l'objet d'un contrat entre l'aménageur et l'opérateur choisi par ses soins (soit l'Inrap, soit un service archéologique territorial bénéficiant d'une habilitation, soit à toute autre personne de droit public ou privé dont la compétence scientifique est certifiée par l'État *via* un agrément.). L'État autorise le lancement des opérations après s'être assuré de la conformité du contrat avec la prescription des fouilles.

Lors des fouilles, tous les vestiges mis au jour sont enregistrés et documentés (relevés topographiques, dessins, photographies, plans et coupes), le mobilier est transféré au centre de recherches archéologiques. Dans un deuxième temps, les données scientifiques recueillies sur le terrain sont exploitées par les archéologues pour reconstituer l'histoire du site, ses occupations humaines, son évolution à travers les siècles. Ces conclusions sont consignées dans un rapport, remis par l'opérateur aux services de l'État.

### 3.2.2 Diagnostics volontaires archéologiques des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale

#### 3.2.2.1 Localisation des diagnostics volontaires archéologiques

En juillet 2014, l'Andra a fait une demande de diagnostic anticipé sur les emprises de la zone descendrière et sur l'Installation terminale embranchée du projet global Cigéo, qui a conduit à deux arrêtés préfectoraux n° SRA 2014-256 du 22 juillet 2014 (24) et n° 2014-309 du 30 juillet 2014 (25). En 2016, les diagnostics archéologiques ont été réalisés et plusieurs arrêtés préfectoraux de prescriptions de fouilles ont été pris. Depuis, les études du centre de stockage Cigéo se sont poursuivies et ont abouti à des suppressions et modifications des zones d'emprises travaux du centre de stockage Cigéo impactant certains arrêtés préfectoraux et nécessitant ainsi des diagnostics volontaires complémentaires qui seront réalisés par l'INRAP.

La superficie globale des zones qui feront l'objet de ces diagnostics complémentaires s'élève à environ 28 ha et se répartit sur les secteurs suivants du projet global Cigéo :

- l'exutoire nord de la zone de descendrière : 0,4 ha sur la commune de Bure ;
- la jonction entre l'ITE et la zone de descendrière : 0,21 ha sur la commune de Gillaumé ;
- au niveau de la LIS : 23,11 ha sur les communes de Mandres-en-Barrois et Bure ;
- au niveau de l'ITE, secteur ouest : 0,30 ha sur la commune de Gillaumé ;
- au niveau de l'ITE, secteur centre : 0,21 ha sur la commune de Cirfontaines-en-Ornois ;
- au niveau de l'ITE, la gare de Luméville : 3,98 ha sur la commune de Gondrecourt-le-Château.

La figure 3-4 présente la localisation générale des diagnostics archéologiques volontaires et les références d'arrêtés correspondants.

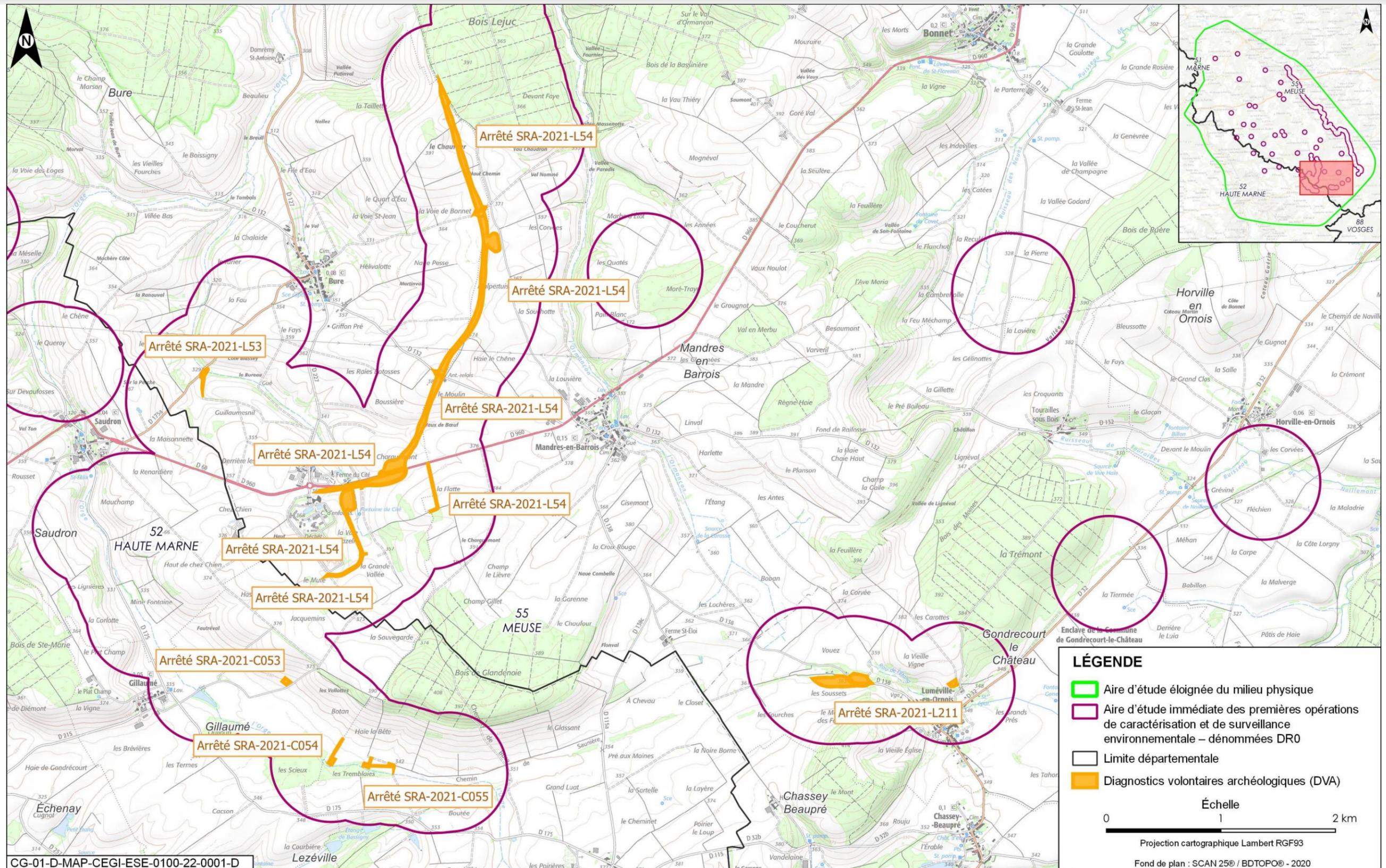


Figure 3-4 Localisation générale des diagnostics volontaires archéologiques

### 3.2.2.2 Principes de réalisation des diagnostics archéologiques volontaires

#### 3.2.2.2.1 Principes des travaux

Les investigations (réalisées à la pelle mécanique) concerneront environ 10 % de ces superficies.

L'emprise au sol à considérer, intégrant les investigations, le stockage des terres, les zones de circulation des engins, s'étendra sur environ 50 % de la superficie globale des diagnostics réalisés (soit 14 ha).

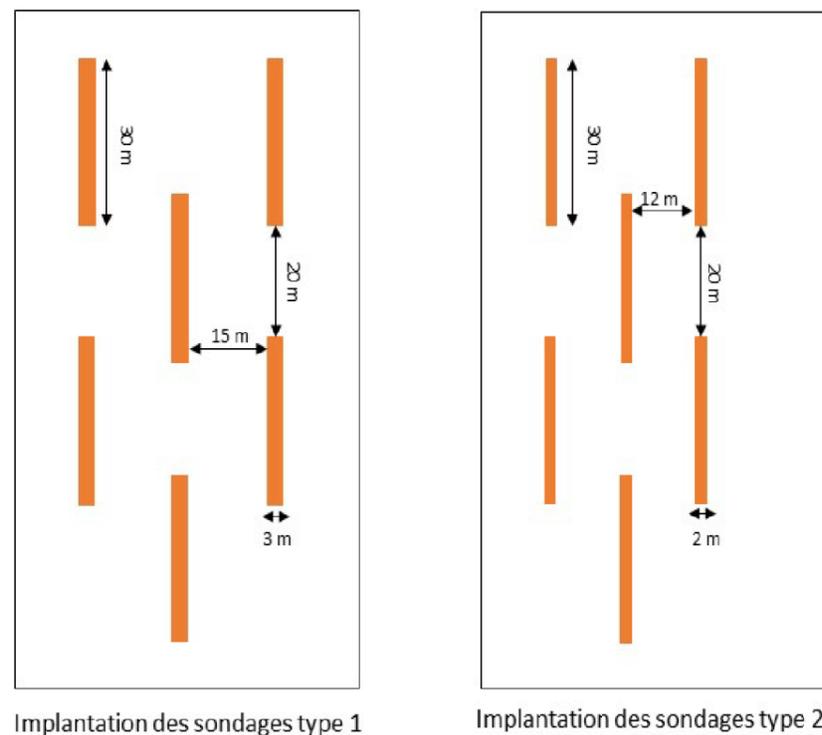
Le diagnostic archéologique a pour objet d'assurer la détection, la conservation ou la sauvegarde par l'étude scientifique des éléments du patrimoine archéologique affectés ou susceptibles d'être affectés par les travaux publics ou privés concourant à l'aménagement. Il a également pour objet l'interprétation et la diffusion des résultats obtenus.

Les vestiges identifiés doivent permettre de circonscrire le gisement, d'estimer son intérêt et le volume de travail que demanderaient des investigations archéologiques exhaustives.

Le diagnostic consiste à réaliser des lignes de tranchées à la pelle mécanique. Chaque ligne est composée de tranchées de 30 mètres de longueur espacées de 20 mètres. Deux cas de figure se présentent, selon la largeur du godet de curage de la pelle utilisé :

- type 1 : tranchées de 3 mètres de large avec un espacement de 15 mètres de bord à bord entre chaque ligne ;
- type 2 : tranchées de 2 mètres de large avec un espacement de 12 mètres de bord à bord entre chaque ligne.

Les sondages sont disposés en quinconce, comme l'illustrent les figures suivantes.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0034-A

Figure 3-5 Disposition des sondages en type 1 ou en type 2



Figure 3-6 Exemple de tranchée de diagnostic archéologique



Figure 3-7 Exemple de réalisation en quinconce des diagnostics archéologiques

La mise à jour des vestiges est réalisée par décapage de la couche de terre déstructurée par les labours et les limons recouvrant les niveaux archéologiques. Le décapage fin est réalisé sous le contrôle permanent d'un responsable d'opération. Un archéologue par pelle est nécessaire pour guider le chauffeur dans son travail et lui indiquer le bon niveau à atteindre, pendant que d'autres archéologues nettoient et marquent les vestiges au fur et à mesure de leur apparition afin qu'ils soient topographiés. Le décapage s'arrête au sommet des structures archéologiques.

La profondeur des diagnostics est fonction de la profondeur des vestiges mis au jour. À noter toutefois qu'en moyenne, la roche-mère se situe à environ 40 cm de profondeur. Ainsi, les fouilles ont une profondeur moyenne de 0,40 mètre pouvant, de manière temporaire et très localisée, atteindre une profondeur d'environ 2 mètres.

Les modalités de gestion des eaux seront adaptées au phasage, les tranchées seront protégées des arrivées d'eaux superficielles par les merlons des terres excavées. Le phasage sera adapté sur les secteurs où des arrivées d'eaux souterraines sont susceptibles d'être recoupées. Ainsi, ces diagnostics seront réalisés de préférence en période de basses eaux souterraines (juin à septembre environ). S'il s'avérait pendant le creusement de la tranchée que celle-ci captait des eaux souterraines, un bref pompage pourrait être mis en place avec ré infiltration immédiate des eaux dans le sol, à proximité.

La terre végétale déblayée est isolée et stockée le long des tranchées dans un merlon propre, soit d'un même côté du sondage et parallèle à celui des stériles soit de l'autre côté par rapport au sondage.

L'ensemble des travaux de diagnostics archéologiques durent de quelques jours à quelques semaines.

### 3.2.2.2.2 Organisation du chantier

L'organisation du chantier prévoit des équipes composées d'un responsable d'opération et de plusieurs techniciens. Des spécialistes complètent si nécessaire les équipes en fonction des types de découvertes. Un géomorphologue est également présent afin d'observer et guider les archéologues en cas de besoin.

### 3.2.2.2.3 Remise en état

Le rebouchage des sondages profonds est réalisé dans les plus brefs délais, par l'engin qui les a creusés. Les zones de diagnostics volontaires archéologiques sont remises en état à l'issue des travaux. Les déblais qui auront été stockés à proximité des zones sont remis en place et compactés si besoin. La terre végétale, préalablement décapée et stockée séparément des déblais, est ensuite remise en place.

Les tranchées seront rebouchées dans les deux semaines après ouverture.

## 3.2.3 Fouilles archéologiques

### 3.2.3.1 Localisation des fouilles

#### ► SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE POUR LES FOUILLES ARCHÉOLOGIQUES

La présentation des fouilles archéologiques prévues dans le cadre des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, développée dans les chapitres suivants, se fonde sur un scénario de référence défini par l'Andra et ses prestataires qui pourrait évoluer et être adapté par les entreprises de travaux dans un second temps. L'Andra informera l'administration des modifications alors apportées.

En 2015-2016, des diagnostics archéologiques ont été réalisés par l'INRAP. Les tranchées exploratoires ont concerné deux secteurs du projet global Cigéo (zone descendrière (ZD) et installation terminale embranchée (ITE)) pour une surface totale de 328 ha, et ont donné lieu à 11 rapports correspondant à la division des surfaces en 11 lots d'environ 30 ha.

Les tranchées ont permis la mise au jour de différentes concentrations de vestiges, échelonnées entre le Néolithique et le Moyen Âge. Après examen des rapports, des fouilles ont été prescrites par le Service Régional de l'Archéologie et de la Commission Interrégionale de la Recherche Archéologique. Des arrêtés modificatifs ont par la suite été émis, suite à la modification des emprises travaux du projet global Cigéo.

Les arrêtés de fouille définissent deux types de surface : les surfaces réservées et les surfaces de fouilles.

#### ► SURFACE RÉSERVÉE ET SURFACE DE FOUILLES

Les surfaces réservées correspondent à des zones élargies dans lesquelles les travaux de fouilles archéologiques sont réalisés. Durant les travaux de fouilles, ces zones ne peuvent pas servir pour le stockage des terres ou tout autres travaux, du moins tant que la contrainte archéologique n'a pas été observée ou levée par la DRAC. Il s'agit d'une superficie maximale, dans laquelle l'opérateur réalise les fouilles suivant la densité de vestiges.

Les surfaces de fouille correspondent, au sein des surfaces réservées et sur une surface plus limitée, aux zones qui sont effectivement décapées et fouillées. Ces surfaces décapées peuvent être d'un tenant ou divisées en plusieurs zones. Le choix de la/des zone(s) de fouille relève de l'opérateur. Il se fait en cours de décapage, suivant la réalité des vestiges. De façon générale, le décapage est commencé au niveau d'une tranchée ayant livré des vestiges, et est étendu jusqu'à ce qu'aucun vestige ne soit observé. Les zones décapées ne peuvent donc être précisément déterminées à ce stade, et sont adaptées en cours de travaux, sans toutefois sortir de la zone réservée ni dépasser la surface maximale indiquée dans les arrêtés préfectoraux. Il appartient à l'opérateur de définir les zones décapées puis fouillées, sous contrôle et avec validation de la DRAC.

Au total, les arrêtés indiquent une surface totale réservée d'environ 100 ha. À l'intérieur de ces zones réservées, une surface totale maximale d'environ 62 ha doit faire l'objet de fouilles.

Les zones de fouilles ont été regroupées en trois lots selon les âges des vestiges identifiés :

- lot 1 : grande zone unique de 4 ha de vestiges du Moyen-Âge sur la commune de Saudron ;
- lot 2 : sur une surface totale de 60,7 ha environ, le lot 2 est réparti en trois zones assez réduites où seront recherchés des vestiges protohistoriques et gallo-romains et une très grande zone (41,81 ha) de vestiges du Néolithique, sur les communes de Bure, Gillaumé et Saudron. Le lot 2 est décomposé en trois petites zones distinctes de superficie allant de 0,15 ha à 0,34 ha (zones V-1, VI-a-1 et VI-b-1) et une grande zone d'un seul tenant de 59,9 ha (regroupant deux sous-zones attenantes III-b-1 et III-b-3), sur lesquelles doivent être fouillés environ 22,6 ha au minimum et jusqu'à 37,7 ha au maximum en fonction des découvertes de vestiges qui seront faites ;
- lot 3 : sur une surface totale de 29 ha environ, Ce lot est composé de quatre zones distinctes de vestiges protohistoriques et de l'antiquité, s'étendant sur une superficie de 16,1 ha sur les communes de Saudron, Gillaumé et Cirfontaines-en-Ornois. Le lot 3, d'une superficie globale de 29 ha, est décomposé en cinq sous-zones de superficies de :
  - ✓ zone IV-c = 1,2 ha sur laquelle seront fouillés 5 800 m<sup>2</sup> ;
  - ✓ zone III-a = 13,7 ha sur laquelle seront fouillés 6,5 ha ;
  - ✓ zone IV-a = 0,4 ha sur laquelle seront fouillés 1 000 m<sup>2</sup> ;
  - ✓ zone IV-b = 5,1 ha sur laquelle seront fouillés 5 ha ;
  - ✓ zone II-b = 8,7 ha sur laquelle seront fouillés 4 ha.

La localisation des trois lots et de leurs zones de stockage se trouve sur la figure 3-8.

#### ► DÉFINITION D'UN LOT

Dans le contexte des fouilles archéologiques faisant l'objet de ce chapitre, un lot correspond à un ou des secteurs contenant des vestiges d'une même époque.

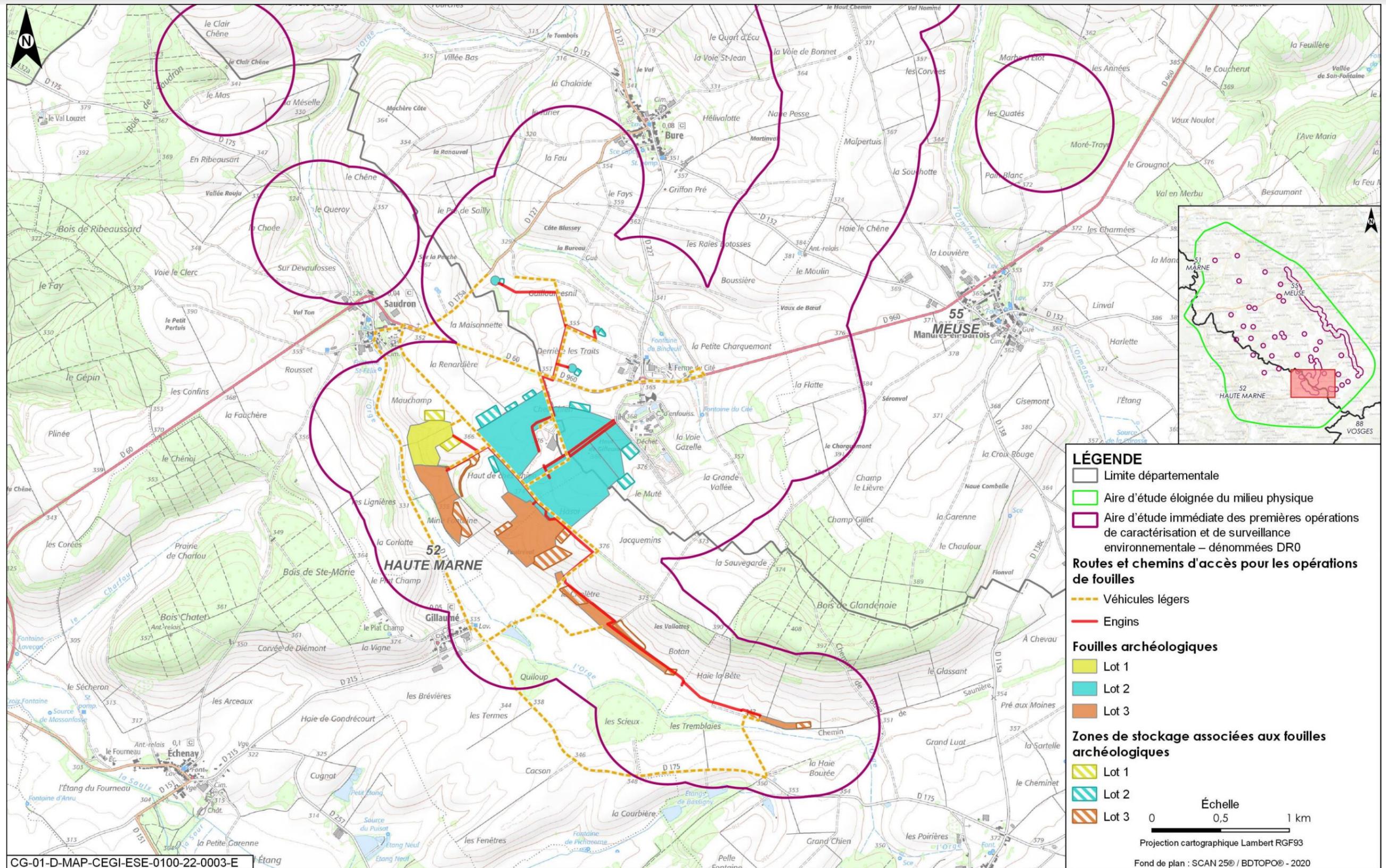


Figure 3-8 Localisation des surfaces réservées des fouilles archéologiques

### 3.2.3.2 Principes de réalisation des fouilles pour les trois lots

#### 3.2.3.2.1 Bases vie, installations de chantier et zones de stockages des déblais

Pour tous les lots, les installations de chantier principales seront situées sur la plateforme existante de la ferme du Cité sur la commune de Bure. Une zone de parcage et de ravitaillement des engins est également prévue au niveau du centre technologique du Laboratoire souterrain de Meuse et de Haute-Marne (base vie de Saudron), sur laquelle chaque soir, les engins mobiles situés à proximité viendront se parquer. Les engins fixes resteront sur place.

La base vie principale de la ferme du Cité est raccordée aux réseaux d'eau potable et d'assainissement.

Des bases vie secondaires sont prévues à proximité immédiate des emprises de fouille. Elles sont destinées aux besoins quotidiens secondaires qui ne sont pas effectués sur la base vie principale. Elles se limiteront généralement à un WC chimique et un bungalow ou une roulotte de chantier. Des containers d'eau industrielle non potable seront mis à disposition du personnel de chantier au niveau de installations secondaires pour le nettoyage. Aucun stockage de produits d'hydrocarbures n'est prévu sur les bases vie secondaires. Au vu des activités non polluantes sur ces bases vies secondaires, l'infiltration des eaux pluviales s'effectuera sans dispositif spécifique

Les engins trop éloignés pour rejoindre la base vie de Saudron viendront se parquer et se faire ravitailler au niveau de ces bases vie secondaires. Toutes les dispositions nécessaires seront mises en œuvre pour éliminer tout risques d'écoulement durant les opérations de ravitaillement.

Par ailleurs, des zones de stockages de déblais sont également définies.

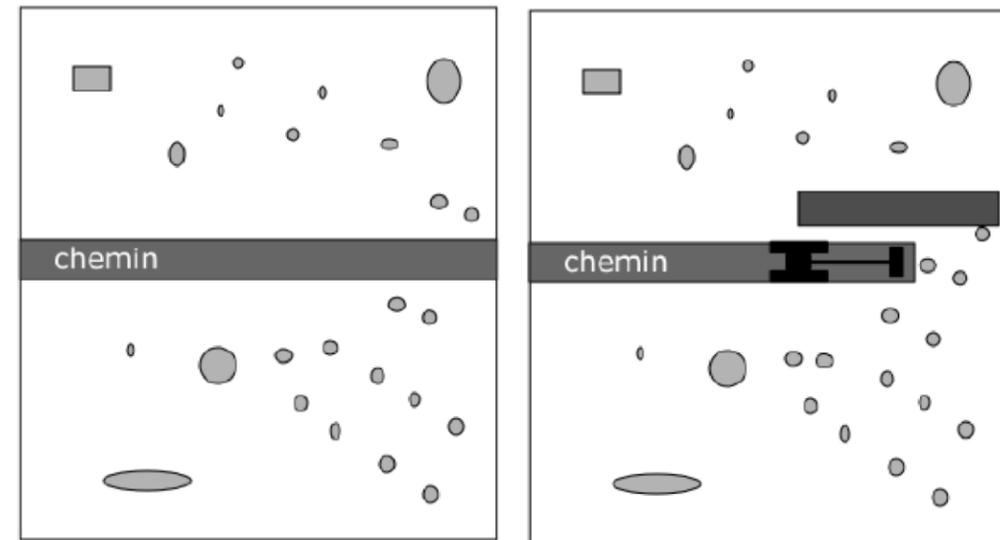
#### 3.2.3.2.2 Accès et cas particulier des chemins existants au sein des emprises réservées

Des chemins d'accès aux différents lots de fouilles seront nécessaires, certains au sein même d'une zone réservée de fouilles. Dans tous les cas, les cheminements empruntés ne doivent en aucun cas être localisés sur une zone réservée définie dans les arrêtés de fouilles sans qu'elle soit au préalable libérée de toutes contraintes archéologiques. Ainsi, pour atteindre les lots 1 et 3 depuis l'installation principale, il est nécessaire de fouiller dans un premier temps la zone réservée du lot 2. Cela conditionne donc de réaliser en premier lieu les fouilles archéologiques du lot 2 avant de pouvoir réaliser celles des lots 1 et 3.

La présence de chemins est observée dans certaines emprises réservées. Suivant les demandes de la DRAC et les concentrations de vestiges, il peut être exigé une fouille dans des portions de chemins. La mise en œuvre de chemins provisoires est alors à prévoir pendant cette durée de neutralisation.

D'un point de vue méthodologique, il faut envisager la fouille éventuelle de tronçons de chemins en deux étapes (cf. Figure 3-9) :

- décapage des zones adjacentes afin d'identifier la nécessité de décapage (présence ou non de vestiges) ;
- sondages transversaux afin d'identifier si l'aménagement du chemin a détruit les vestiges ; décapage complet des tronçons si nécessaire (présence de vestiges et conservation permettant de les fouiller) – stockage des matériaux en bordure immédiate (vestiges traités et zones libérées).



1. décapage et fouille des vestiges de part et d'autre du chemin

2. décapage du chemin et fouille des vestiges

CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0035-A

Figure 3-9 Méthodologie de fouille à l'emplacement de chemins existants

Cela concerne potentiellement :

- pour le lot 1 : environ 1 750 m<sup>2</sup> de chemin dans les zones de concentrations de vestiges est et ouest ;
- pour le lot 2 : environ 7 500 m<sup>2</sup> de chemin au niveau du fossé néolithique, du quart sud-est (site 2 et fossé néolithique) et du transect nord ;
- pour le lot 3 : environ 250 m<sup>2</sup> de chemin dans les zones II-b-1, IV-b-1 et IV-c-1.

#### 3.2.3.2.3 Description des travaux de fouilles archéologiques

##### a) Décapage

Le décapage constitue la partie initiale de l'opération de fouilles archéologiques. Il consiste à enlever des couches stériles qui recouvrent les vestiges. Il est réalisé à l'aide de pelles mécaniques (en général 20-30 tonnes) équipées d'un godet lisse (2-3 m de large), par bandes parallèles successives (largeur d'intervention de la pelle) et en reculant de façon à ne pas rouler sur les zones décapées.

Le décapage est suivi par des archéologues, qui s'assurent de l'interrompre à l'apparition des vestiges, de nettoyer les vestiges et de les localiser au sol. Divers intervenants peuvent être sollicités ponctuellement en cours de décapage : spécialistes de géomorphologie/étude des sols et des processus de recouvrement, topographe (relevé au fur et à mesure des vestiges), anthropologue en cas de risque de découverte de sépultures.

Dès que des zones sont décapées, suffisamment étendues et comprenant suffisamment de vestiges, une équipe complémentaire peut intervenir pour commencer le traitement/fouille des vestiges. Dans certains cas, des couches stériles s'intercalent entre plusieurs niveaux et vestiges distincts. Il en résulte la nécessité d'un décapage initial (vestiges les plus hauts/récents) et d'un ou plusieurs décapages en cours de fouille, afin de faire apparaître les vestiges et couches plus anciens.

Le tri des terres est effectué lors du décapage : terre végétale d'un côté puis les déblais provenant des couches inférieures. Ce tri est indispensable pour la mise en œuvre de la remise en état après les travaux de fouilles archéologiques. Dans le cas de décapage de chemins, les matériaux seront également triés et mis de côté en vue de leur réutilisation.

La gestion de la terre et des matériaux (chargement, évacuation et stockage) se fait à l'aide des engins les plus adaptés, suivant la distance des zones de stockage, les volumes de déblais et tout autre facteur technique (pente,

présence de chemins). Dans les zones les plus réduites, la gestion la plus efficace est en jets de pelles : une pelle décape tandis qu'une seconde gère les tas de terre au fur et à mesure.

La stratégie de décapage (nombre d'ateliers, sens...) est laissée à l'appréciation des entreprises qui seront en charge des fouilles.

À l'issue du décapage, les travaux archéologiques sont principalement réalisés manuellement, à l'aide d'un outillage usuel simple (truelles, pelles, pioches, brouettes, balais), avec assistance mécanisée possible par des engins de type pelle 8-15 tonnes.

Des conditions particulières doivent être respectées en cas de fouille en saison hivernale (protection des vestiges en cas de pluies ou de gel, décapage en plusieurs phases afin de limiter l'exposition des vestiges aux intempéries...). L'Andra se propose de mettre en place ce type d'équipement comme mentionnée dans les annexes techniques des arrêtés de prescription de fouille et tel que figurant dans la figure 3-10.



Figure 3-10 Barnum entièrement couvert et fermé avec chauffage

#### b) Profondeur des fouilles

La profondeur des fouilles dépend de l'épaisseur de la zone meuble du sol avant l'atteinte de la roche mère. Ainsi, les fouilles ont une profondeur moyenne de 0,40 mètre pouvant, de manière temporaire et très localisée, atteindre une profondeur d'environ 2 mètres.

#### c) Gestion des eaux de ruissellement des bassins versants et des eaux pluviales

Afin de dévier les ruissellements des bassins versants interceptés par les lots de fouille, les ruissellements sont guidés via des merlons et/ou fossés munis d'ouvrages de diffusion.

Le système de gestion des eaux pluviales mis en œuvre au niveau des grands secteurs de fouilles archéologiques est constitué de noues (fossés suivant la topographie) composées de deux parties chacune, la première de décantation et en aval d'infiltration. Le système de gestion des eaux pluviales mis en œuvre sera ainsi constitué d'une noue de 1,5 mètre d'ouverture dédiée à la décantation suivie d'une noue de 4 mètres d'ouverture dédiée à l'infiltration (interdistance des noues d'1,5 mètre).

Pour tous les secteurs de fouilles, quel que soit leur taille, un bassin de décantation puis d'infiltration est placé en point bas. Le fond de ce bassin est calé de façon à ce que la zone non saturée sous-jacente soit au minimum d'un mètre, pour permettre une infiltration efficace.

Lors de l'ouverture des fouilles et suivant la profondeur des fouilles pouvant atteindre de manière localisée et temporaire 2 mètres, les eaux s'y accumulant lors d'un épisode pluvieux sont pompées et transférées dans le système de gestion des eaux mis en place.

Les cartes de la gestion des eaux pluviales sont présentées dans la « Pièce DAE10 - Fiches mesures d'évitement et de réduction » (12).

#### d) Durée des travaux

La durée des travaux de fouille archéologique est de quelques mois et en particulier pour un secteur de la zone descendrière, les opérations dureront à minima 15 mois pour une durée maximale estimée à 36 mois.

#### e) Remise en état

Le remblaiement se fait à l'issue des fouilles archéologiques. Il se fait après libération de la contrainte archéologique. Les zones de fouilles sont remises en état à l'issue des travaux. La remise en place des terres excavées se fait dans l'ordre inverse du décapage, celles-ci ayant été déblayées et stockées séparément. De même, les chemins ayant fait l'objet d'un décapage sont remis en état. Les matériaux triés lors du décapage peuvent être réemployés, et des apports de matériaux sont à effectuer si nécessaire.

Les travaux de remise en état des chemins induisent donc des apports éventuels de matériaux, la remise en place de matériaux existants et leur compactage.

Les bases vie de Bure et Saudron sont démantelées, nettoyées et sécurisées. Les bases vie secondaires sont ensuite repliées et les emplacements remis en état.

#### 3.2.3.3 Détails spécifiques par lot

##### 3.2.3.3.1 Lot 1

Le lot 1 est localisé en bordure occidentale du centre de stockage Cigéo, le long de la route qui joint Saudron et Gillaumé et à proximité du ruisseau de l'Orge.

L'ensemble du lot 1 est situé sur la commune de Saudron (Haute-Marne). Il est dans son intégralité dans la zone descendrière du centre de stockage Cigéo.

La topographie de la zone présente des pentes principalement orientées est-ouest en direction de l'Orge.

Il s'étend sur une surface réservée unique (zone II-a-1) d'environ 8 ha, sur laquelle les fouilles sont limitées à une superficie de 4 ha.

La profondeur des fouilles dépend de l'épaisseur de la zone meuble du sol avant l'atteinte de la roche mère. Ainsi, les fouilles ont une profondeur moyenne de 0,40 mètre pouvant, de manière temporaire et très localisée, atteindre une profondeur d'environ 2 mètres.

Au sein de cette zone réservée, les diagnostics préventifs ont mis en évidence des concentrations de vestiges archéologiques qui ont conduit à déterminer quatre zones de fouilles, présentées dans le tableau 3-1.

Tableau 3-1 Surfaces de fouilles du lot 1

Appellation zone	Type de vestiges	Chronologie	Surface de fouille
Zone ouest	Habitat	Moyen Âge	13 300 m <sup>2</sup>
Zone nord	Zone funéraire	Moyen Âge	2 100 m <sup>2</sup>
Zone sud	Zone funéraire	Fin Antiquité-début du Moyen Âge	2 400 m <sup>2</sup>
Zone est	Structures indéterminées	Probablement gallo-romain, les fouilles détermineront la nature des vestiges	11 400 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>			<b>29 200 m<sup>2</sup></b>

Une surface complémentaire d'environ 1 ha sera fouillée suivant la découverte de vestiges, dans le reste de l'emprise réservée. La détermination de la/des zone(s) qui font l'objet d'un décapage, appartient à l'entreprise réalisant les fouilles suivant la réalité de la répartition des vestiges. En hypothèse, les zones pressenties correspondent aux zones de concentrations de vestiges.

Le décapage et les fouilles archéologiques de ce lot sont réalisés en une phase unique, avec remblaiement des zones fouillées en fin d'opération.

Les déblais sont provisoirement stockés en dehors de la zone réservée.

Le tableau suivant présente une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille.

La profondeur d'apparition des vestiges se situerait aux environs de 40 cm. Les volumes de déblais après foisonnement sont estimés à environ 25 000 m<sup>3</sup>. La surface de stockage correspondante est évaluée, sur la base de merlons de 2 m à 3 m de hauteur, entre 8 000 et 12 000 m<sup>2</sup> environ. La durée prévisionnelle du décapage est évaluée entre 25 jours (dans l'hypothèse de trois ateliers en simultané) à 35 jours (dans l'hypothèse de deux ateliers en simultané).

Tableau 3-2 Données du lot 1

Paramètres	Données
Surface de fouilles	4 ha
Profondeur d'apparition des vestiges	40 cm
Coefficient de foisonnement	1,4
Volume estimé après foisonnement	Environ 25 000 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage	8 000 – 12 000 m <sup>2</sup>

Les figure 3-11 et figure 3-12 présentent les zones de concentration de vestiges et la localisation des zones de stockages issues des fouilles du lot 1.

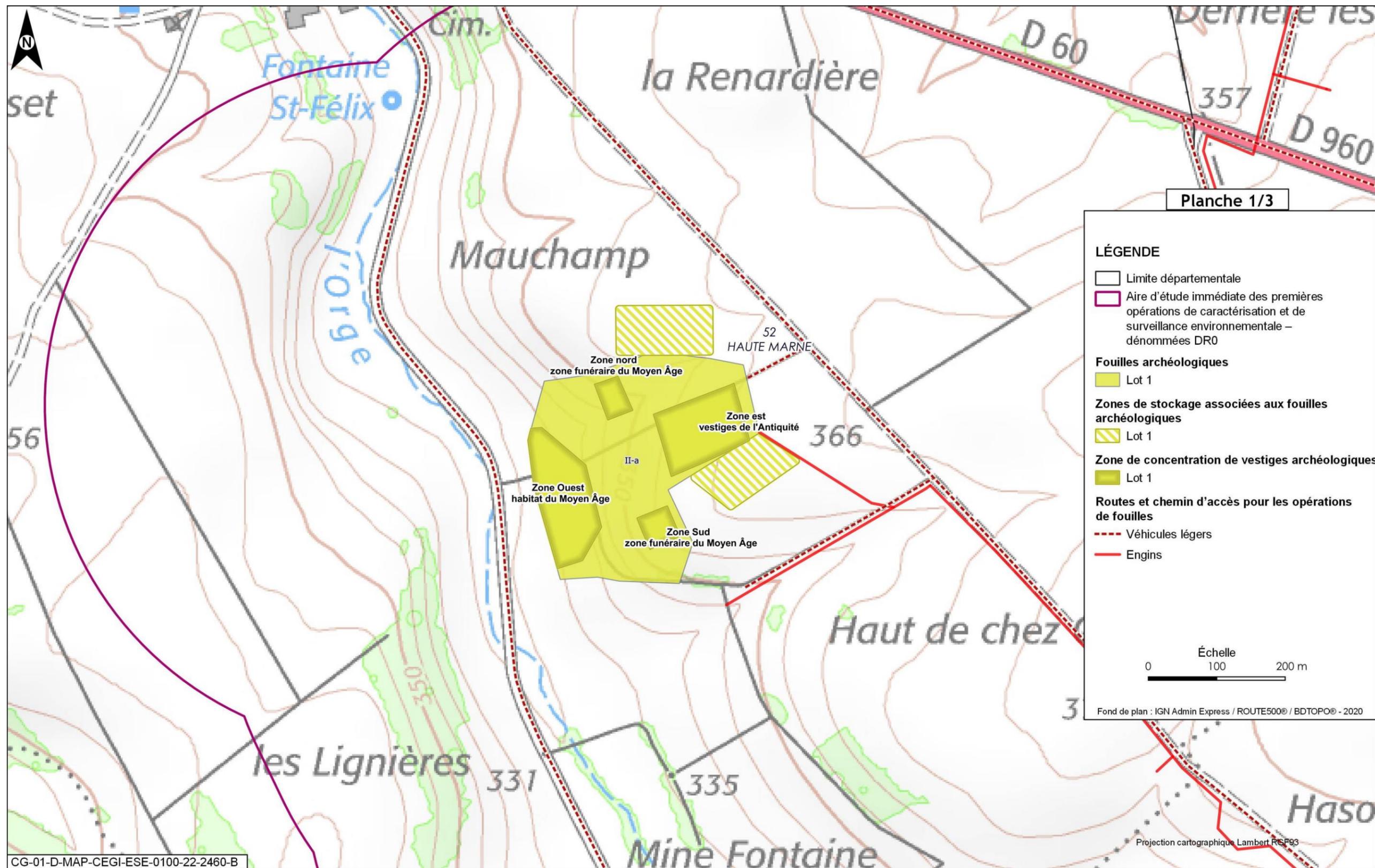


Figure 3-11 Concentrations de vestiges et hypothèses de zones de fouilles - lot 1

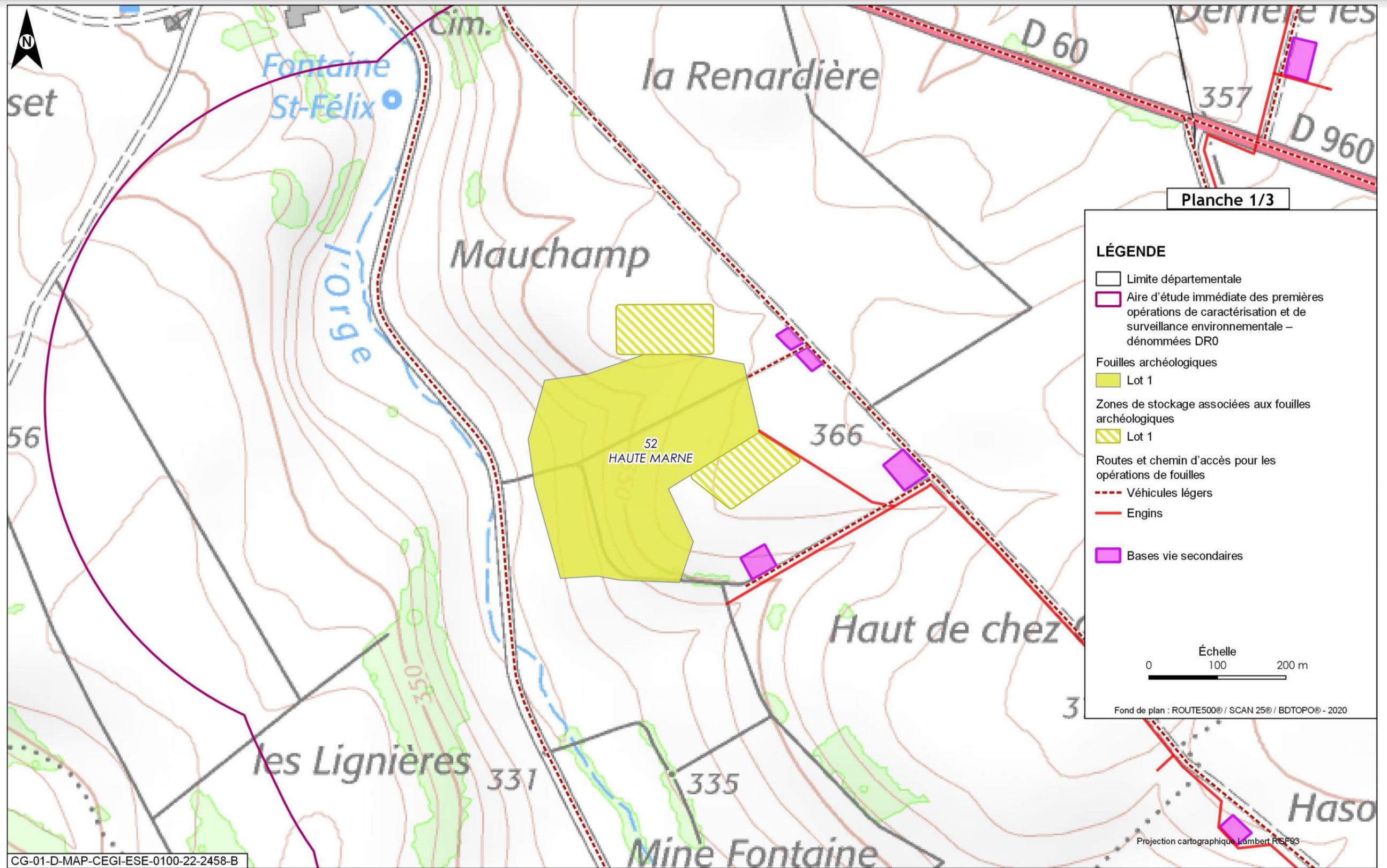


Figure 3-12 Localisation des déblais - lot 1

Par ailleurs, compte tenu de la pente est-ouest de la zone, une gestion des eaux de ruissellement est prévue. Les ouvrages de gestion des eaux de ruissellement devant être implantés dès le début des travaux, le décapage des zones à fouiller doit commencer par la zone avale pour permettre d'identifier rapidement les zones sans vestiges où peuvent être implantés les ouvrages de gestion des eaux. Les ouvrages de gestion doivent également être implantés en dehors de la zone non remaniée.

Afin de gérer les ruissellements au droit des bassins versants interceptés, les ruissellements seront guidés *via* des merlons lors de la considération de faibles surfaces d'apport. Pour des apports plus conséquents, des fossés externes aux lots seront mis en œuvre avec des ouvrages de diffusion à leur exutoire pour éviter toute incidence de la concentration des ruissellements.

Le système de gestion des eaux pluviales mis en œuvre sera ainsi constitué d'une noue de 1,5 mètre d'ouverture dédiée à la décantation suivie d'une noue de 4 mètres d'ouverture dédiée à l'infiltration (interdistance des noues d'1,5 mètre).

Suivant la profondeur des fouilles (pouvant atteindre 2 mètres), des pompages pourront ponctuellement être réalisés au droit de l'Orge afin d'acheminer l'ensemble des ruissellements dans les noues.

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques du système de gestion des eaux mis en place.

Tableau 3-3 Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 1

Nombre d'ouvrages	Volume décennal total à stocker (approx. m <sup>3</sup> )	Hauteur utile des ouvrages d'infiltration minimal - maximal sur le lot (approx. m)	Facteur de charge <sup>1</sup> minimal - maximal suite à la gestion par les ouvrages du lot	Volume de stockage total (approx. m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration minimal - maximal des ouvrages sur le lot (approx. l/s)	Temps de vidange minimal - maximal selon les ouvrages (approx. j)
5 noues (chacune avec décantation puis infiltration) espacées de 60 mètres environ et un bassin de décantation / infiltration en point bas	2 140	1 à 1,3	6 à 30	5 790	7 - 19	0,1 à 0,6

Le volume résiduel de stockage (env. 3 650 m<sup>3</sup>) est en capacité d'accueillir un éventuel apport du fait du caractère penté du secteur de fouille, d'eaux hypodermiques<sup>2</sup>, évalué à environ 2 300 m<sup>3</sup>.

Les travaux de fouilles débiteront par la partie ouest qui comprend les vestiges les plus denses et est susceptible d'être davantage affectée par les ruissellements compte tenu de sa position topographique avale et de ses dimensions. Une première intervention archéologique sur une bande de terrain (largeur d'environ 10 mètres) correspondant à la limite occidentale de la zone réservée (cf. Figure 3-15). Cette surface à fouiller, pour les besoins de la réalisation des ouvrages d'assainissement pluvial, étant imposée, elle est à considérer partiellement comme surface complémentaire (cf. Chapitre 3.2.3.3.1 du présent document) à la zone de fouille imposée par la DRAC). Il en sera de même pour les autres zones.

Les dispositifs de gestion des eaux pluviales sont édifiés/installés autour des zones archéologiques à prospecter pour être opérationnels dès les premières phases de décapages des terrains.

La mise en défens d'environ 350 m<sup>2</sup> de haies est prévue. La localisation de la mise en défens de ces haies figure dans la « Pièce DAE10 - Fiches mesures d'évitement, de réduction et de compensation » (12).

La figure 3-13 présente le système des eaux pluviales sur le lot 1.

<sup>1</sup> Le facteur de charge est le ratio entre la surface active et la surface de l'impluvium.

<sup>2</sup> Ruissellement de subsurface, les eaux pénètrent dans le sol, et s'écoulent à fleur de sol au gré de la topographie, sans s'enfoncer profondément.

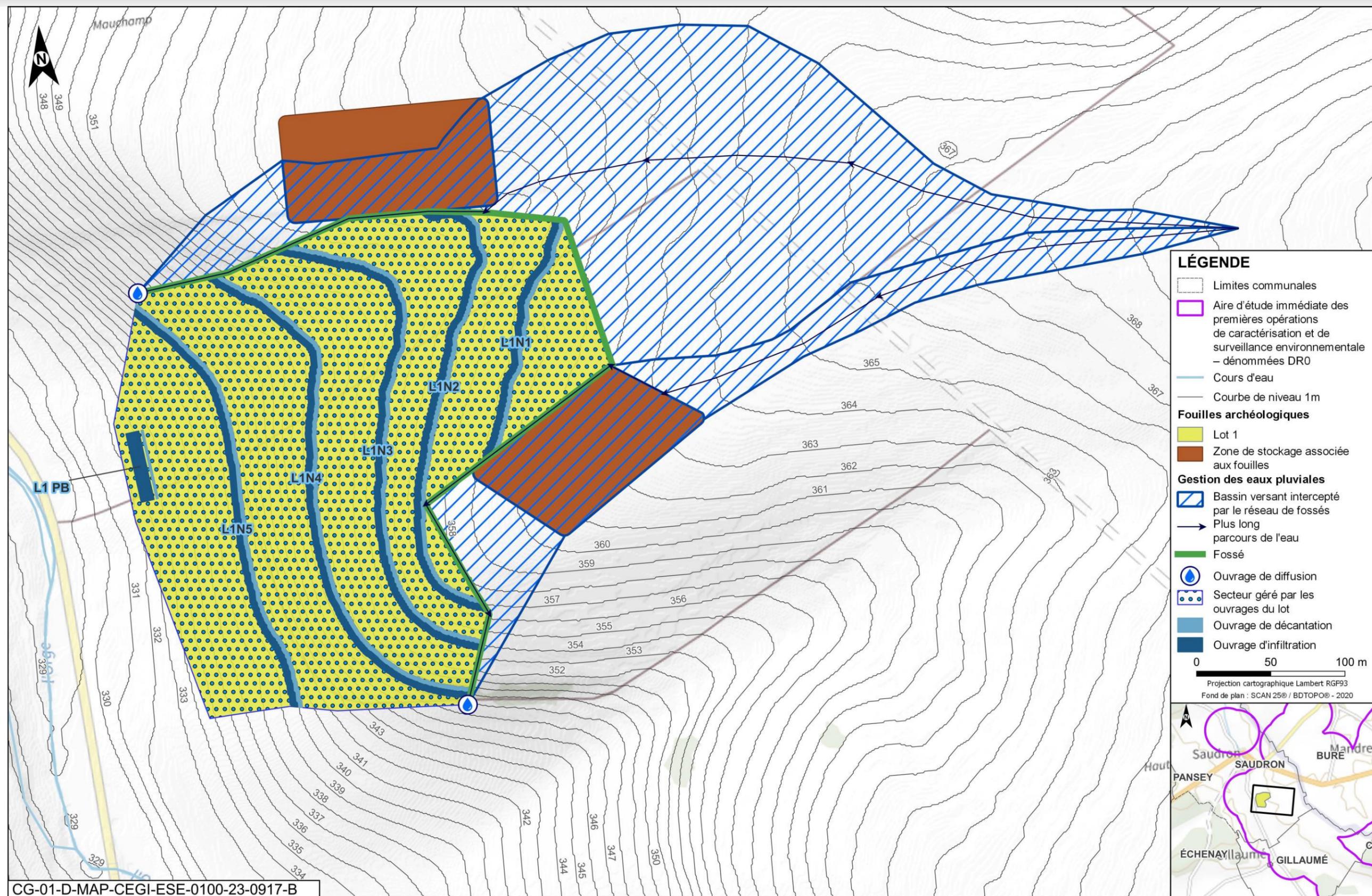


Figure 3-13 Exemple de système de gestion des eaux pluviales sur le lot 1

### 3.2.3.3.2 Lot 2

Le lot 2 est localisé sur les communes de Bure (Meuse), Saudron et Gillaumé (Haute-Marne). Il est décomposé en quatre zones réservées dans lesquelles sont définies également des zones de fouilles (pouvant, pour certains secteurs couvrir l'intégralité de la zone réservée). Ces zones sont présentées dans le tableau et les figures suivants.

Ces zones présentent des pentes globalement orientées est-ouest voire sud-est – nord-ouest.

La topographie de la grande zone (regroupant 2 sous-zones attenantes III-b-1 et III-b-3) est marquée par une butte d'altitude depuis laquelle divergent les pentes dans toutes les directions, et donc également les ruissellements.

Tableau 3-4 Synthèse des surfaces réservées et de fouilles du lot 2

Zone	Surface réservée en ha	Surface de fouille en ha
V-1	0,34	0,20 au minimum, 0,2800 environ au maximum
VI-a-1	0,15	Environ 0,1400 au minimum
VI-b-1	0,30	Environ 0,2800 au minimum
III-b-1 et III-b-3	59,8	22 ha au maximum + 15 ha maximum de prestations complémentaires

Ce lot est composé de quatre lots de tailles très différentes.

Le premier (III-b-1 et III-b-3) jouxte une partie du lot 3 (III-a-1). Cette particularité implique qu'ils soient gérés ensemble. L'implantation au niveau d'un dôme implique que ce grand sous-lot est subdivisé en six parties.

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques du système de gestion des eaux mis en place sur la totalité de ce sous lot (lot 2 III-b-1/III-b-3 et lot 3 III-a-1).

Tableau 3-5 Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 2 (III-b-1 et III-b-3) et lot 3 (III-a-1)

Nombre d'ouvrages	Volume décennal total à stocker (approx. m <sup>3</sup> )	Hauteur utile des ouvrages d'infiltration minimal – maximal sur le lot (approx. m)	Facteur de charge minimal – maximal suite à la gestion par les ouvrages du lot	Volume de stockage total (approx. m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration minimal – maximal des ouvrages sur le lot (approx. l/s)	Temps de vidange minimal – maximal selon les ouvrages (approx. j)
38 noues (chacune avec décantation puis infiltration) espacées de 60 mètres ou 100 mètres environ et 8 bassins de décantation / infiltration en point bas	21 970	0,5 - 1	7 à 30	43 110	2 - 50	0,03 – 3,3

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques du système de gestion des eaux mis en place sur les sous-lot V, VI-a et VI-b. Seuls des bassins de décantation / infiltration sont disposés en point bas.

Tableau 3-6 Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 2 (V, VI-a et VI-b)

Sous lot	Nombre d'ouvrages	Volume décennal total à stocker (approx. m <sup>3</sup> )	Hauteur utile de l'ouvrage d'infiltration (approx. m)	Facteur de charge suite à la gestion par l'ouvrage du lot	Volume de stockage total (approx. m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration de l'ouvrage sur le lot (approx. l/s)	Temps de vidange de l'ouvrage sur le lot (approx. j)
V	1 bassin de décantation / infiltration	28	0,3	30	34	38	0,01
VI-a	1 bassin de décantation / infiltration	16	0,3	30	24	21	0,01
VI-b	1 bassin de décantation / infiltration	13	0,2	30	29	60	0,003

Les eaux hypodermiques qui pourraient être recoupées, du fait du caractère penté des secteurs de fouille, peuvent intégrer le système de gestion sur les plus importants secteurs de ce sous lot. Ce n'est pas le cas pour les secteurs de taille plus modeste. Il est prévu alors un critère de saisonnalité de ces opérations d'archéologie afin de diminuer la probabilité de gestion de ces arrivées d'eau. Si cette précaution s'avère insuffisante, l'excès d'eau est temporairement stocké dans des containers hors sol, le temps de la vidange des ouvrages du lot. Les eaux sont alors rejetées par infiltration après décantation, via le système de gestion en place.

La figure 3-14 présente un exemple de principe de gestion des eaux pluviales sur le lot 2.

Les autres cartes de gestion des eaux pluviales figurent dans la « Pièce DAE10 - Fiches mesures d'évitement, de réduction et de compensation » (12).

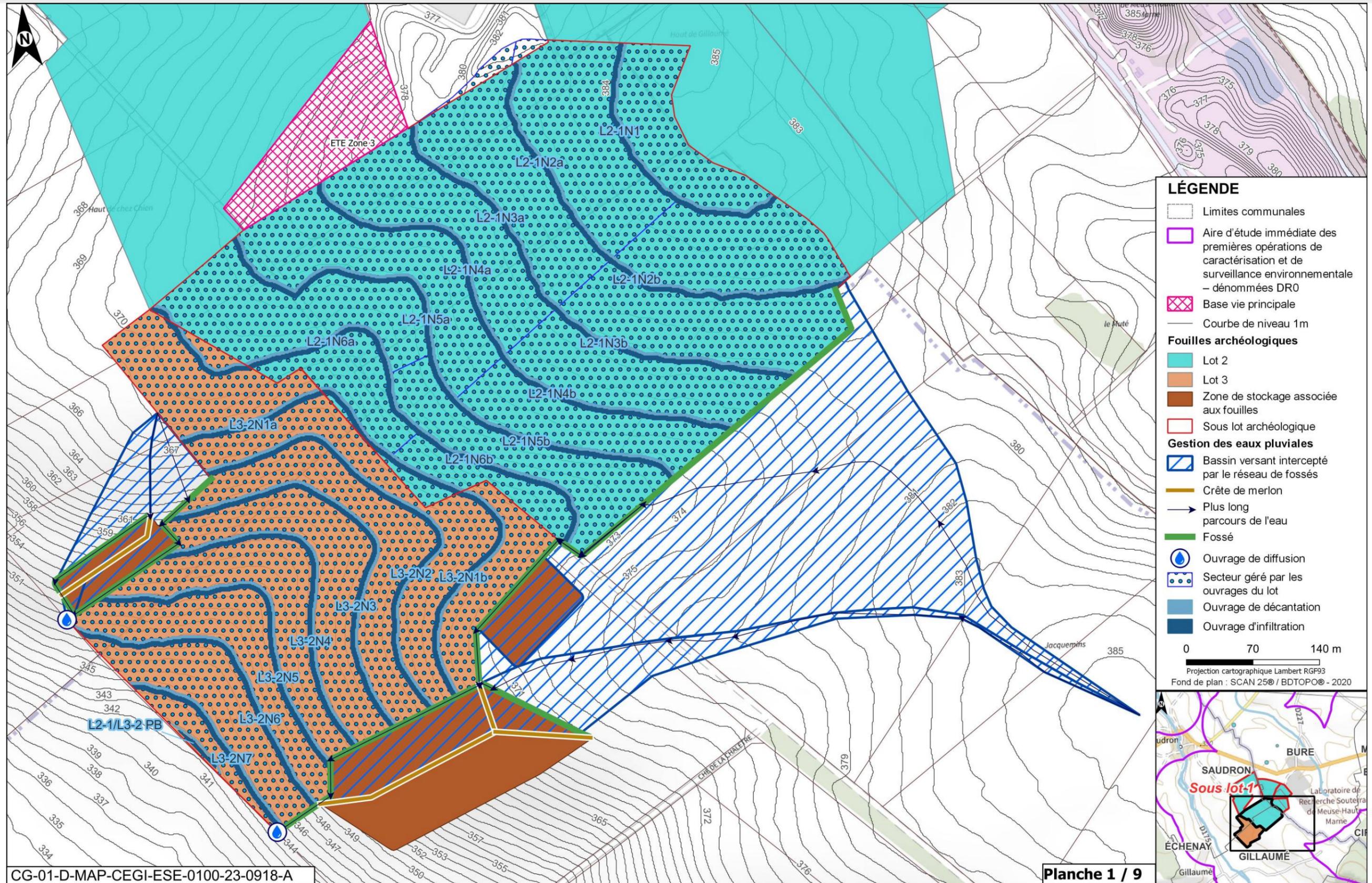


Figure 3-14 Exemple de principe de gestion des eaux pluviales sur le lot 2

### a) Zones VI-a-1 et VI-b-1

Pour les zones VI-a-1 et VI-b-1, un maximum de 200 m<sup>2</sup> supplémentaires pour chacune des deux zones est possible en cas de présence de vestiges.

Pour les zones III-b-1 et III-b-3, la localisation des 15 ha complémentaires ne peut être déterminée à l'avance. Il est indiqué dans l'arrêté que l'ouverture de surfaces complémentaires se fera uniquement dans le cas de découverte de vestiges.

Comme pour le lot 1, les zones de fouilles prévisionnelles sont localisées au droit des zones de concentrations de vestiges identifiées lors des diagnostics archéologiques, mais pourront évoluer. Les emprises de zones réservées et les zones de fouilles et concentrations de vestiges sont présentées sur la figure suivante.

La profondeur des fouilles dépend de l'épaisseur de la zone meuble du sol avant l'atteinte de la roche mère. Ainsi, les fouilles ont une profondeur moyenne de 0,40 mètre pouvant, de manière temporaire et très localisée, atteindre une profondeur d'environ 2 mètres.

Les zones VI-a-1 et VI-b-1 sont intégralement fouillées.

Les tableaux suivants présentent une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille. Pour rappel, pour plusieurs zones, il est prévu une superficie de fouilles minimale (scénario 1) qui pourra être augmentée (scénario 2) en fonction de la découverte effective de vestiges (cf. Chapitre 3.2.3.3.2 du présent document).

Tableau 3-7 Données du lot 2 par zone

Zone VI-a-1		
Paramètre	Scénario 1	Scénario 2
Surface de fouille	Environ 1 45 m <sup>2</sup> d'un tenant	Environ 16 005 m <sup>2</sup> d'un tenant
Profondeur d'apparition des vestiges	0,75 m	0,75 m
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	1 050 - 1 100 m <sup>3</sup>	1 200-1 300 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	1 500 m <sup>3</sup>	1 700-1 850 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	500-750 m <sup>2</sup>	600-800 m <sup>2</sup>

Zone VI-b-1		
Paramètre	Scénario 1	Scénario 2
Surface de fouille	Environ 2 800 m <sup>2</sup> d'un tenant	Environ 2 900 m <sup>2</sup> d'un tenant
Profondeur d'apparition des vestiges	0,40 m	0,40 m
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	1 100 m <sup>3</sup>	1 200 m <sup>3</sup>

Zone VI-b-1		
Paramètre	Scénario 1	Scénario 2
Volume estimé après foisonnement	1 500-1 600 m <sup>3</sup>	1 650-1 700 m <sup>3</sup>

### b) Zones V et VI

Le tableau suivant présente une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille. Pour rappel, pour plusieurs zones, il est prévu une superficie de fouilles minimale (scénario 1) qui pourra être augmentée (scénario 2) en fonction de la découverte effective de vestiges (cf. Chapitre 3.2.3.3.2 du présent document).

Tableau 3-8 Données du lot 2 par zone

Zone V-1		
Paramètre	Scénario 1	Scénario 2
Surface de fouille	Environ 2 000 m <sup>2</sup> d'un tenant	Environ 2 800 m <sup>2</sup> d'un tenant
Profondeur d'apparition des vestiges	0,15 m	0,15 m
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	300-350 m <sup>3</sup>	400-425 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	420-500 m <sup>3</sup>	560-600 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	200-250 m <sup>2</sup>	250-300 m <sup>2</sup>

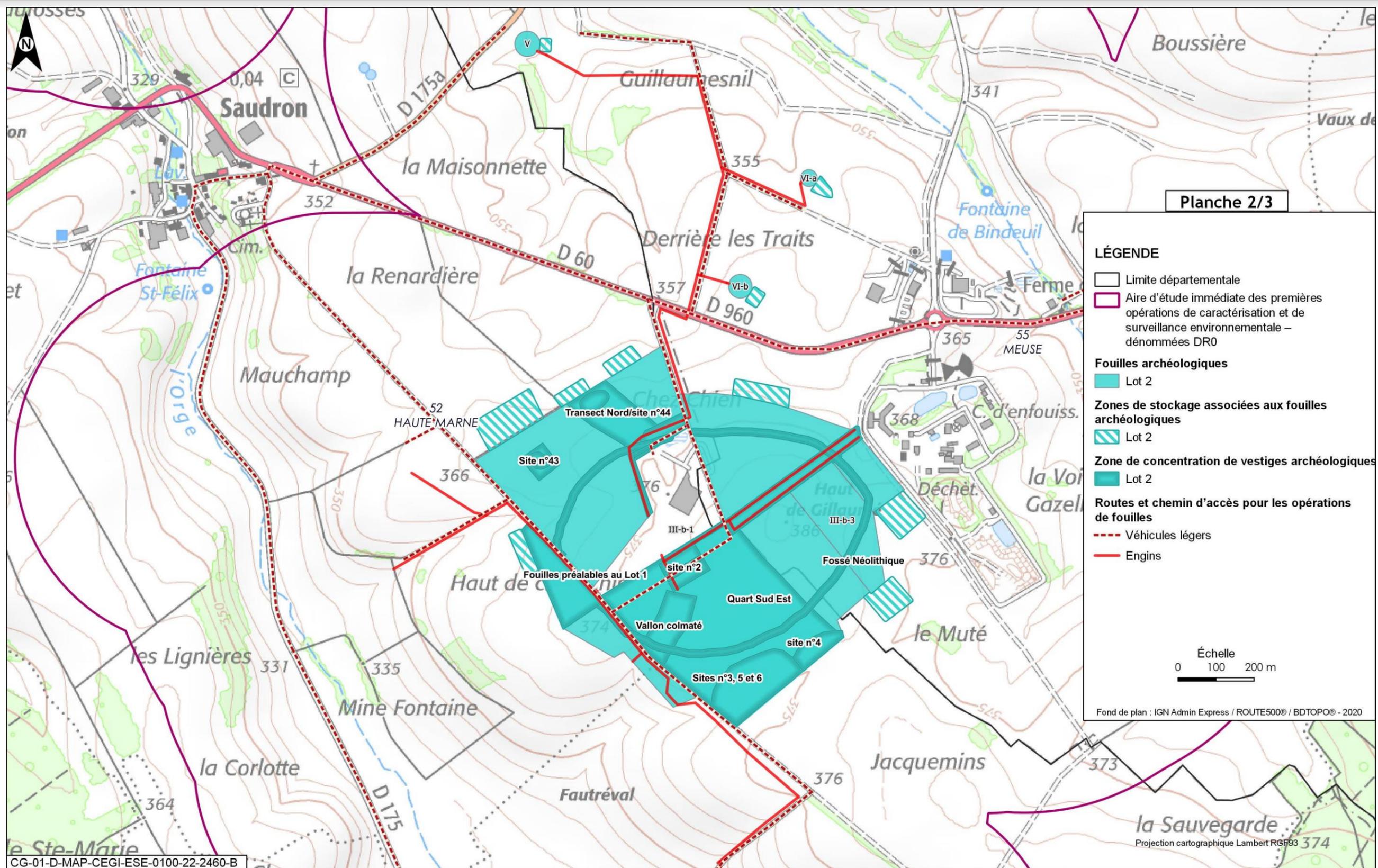


Figure 3-15 Concentrations de vestiges et hypothèses zones de fouilles - lot 2

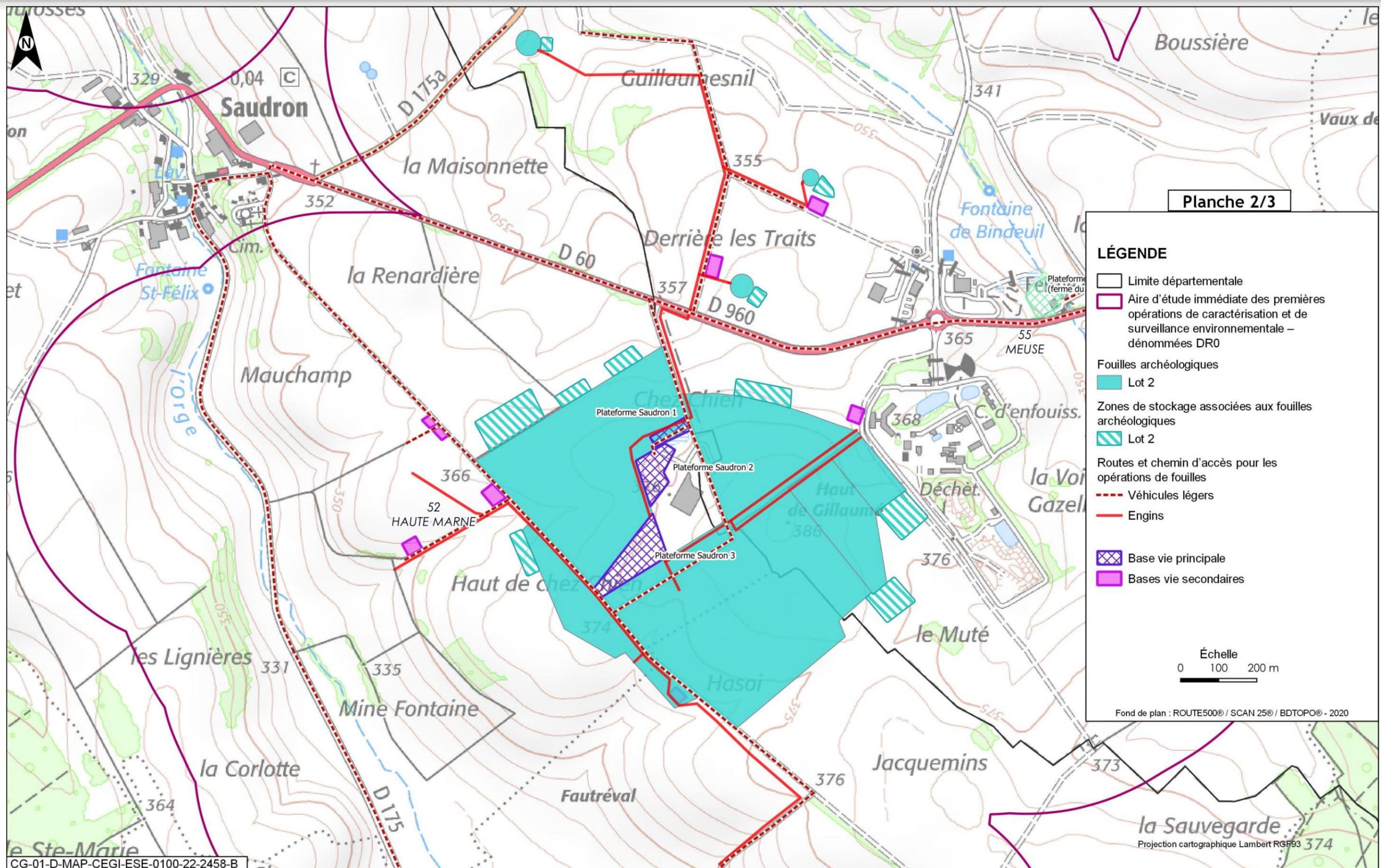


Figure 3-16 Localisation des déblais - lot 2

### c) Zone III (b-1 et b-3)

Concernant la zone III (b-1 et b-3), un phasage du décapage doit être élaboré afin :

- de ménager des zones de stockage au plus proche des zones de fouille, dans la zone réservée, mais sur des secteurs où la DRAC aura validé que des décapages complémentaires ne sont pas à réaliser ;
- de limiter les surfaces ouvertes simultanément.

Ce phasage est à envisager et planifier en incluant une stratégie commune au lot 3 qui est contigu (zone III-a-1). Les hypothèses de zones à fouiller, présentées en figure 3-15, correspondent aux zones de concentrations de vestiges :

- pour le fossé néolithique, une bande de 20 mètres de large centrée sur le tracé du fossé néolithique. En excluant les tronçons situés dans le quart sud-est et le transect nord, la surface concernée est de 27 000 m<sup>2</sup> ;
- le décapage du quart sud-est de l'enceinte (intérieur et extérieur du fossé), pour une surface de 17 ha. Cette emprise comprend également les sites 2-3-4-5-6, ainsi qu'un ancien vallon aujourd'hui colmaté. Aucun vestige n'y a été découvert, mais la profondeur du recouvrement sédimentaire peut avoir masqué des occupations anciennes. Par commodité, les sites 3, 5 et 6 sont englobés dans une zone unique en raison de leur proximité. Le reste de l'espace n'a livré aucun vestige ;
- pour le site protohistorique 44 et le transect jusqu'au fossé, un quadrilatère de 2,5 ha de part et d'autre de la zone réservée, englobant le fossé, les vestiges protohistoriques et une grande zone vierge de tout vestige ;
- pour le site antique 43, une zone de 5 000 m<sup>2</sup> centrée sur les vestiges.

Ces différents paramètres doivent entrer en compte dans l'élaboration d'un phasage opérationnel basé sur des surfaces limitées ouvertes simultanément et une gestion optimale des terres issues du décapage et du remblaiement.

Le phasage global du lot 2 s'appuie sur les principes suivants :

- intégration globale de l'ensemble des zones et des travaux préparatoires (aménagement des accès, coupes préalables, signalisation des milieux protégés, mise en place du plan d'assainissement, aménagement des installations de chantier, mise en œuvre générale des mesures environnementales) ;
- fouilles non concomitantes ou se chevauchant au minimum pour l'ensemble des zones, y compris le fossé du Néolithique ;
- fouille par phases (tronçons d'environ 800 mètres) du fossé du Néolithique (cf. Figure 3-15) ; cette méthodologie permet de ne pas laisser des surfaces trop importantes ouvertes simultanément. De plus, il est nécessaire que certaines zones soient libérées de façon prioritaire :
  - tronçon sud-ouest (au sud-ouest du chemin qui mène à Saudron), sur lequel se fait l'accès à la zone de stationnement pour les lots 1 et 3 - tronçon n° 1 ;
  - tronçon oriental afin de libérer des zones de stockage pour le quart sud-est de l'enceinte du Néolithique (tronçon n° 4) ;
  - les autres tronçons sont à traiter dans le cadre de la fouille du quart sud-est, du transect nord/site n° 44 et de tronçons centrés uniquement sur le fossé ;
  - remblaiement à la suite de la fouille de chaque tronçon.
- fouille de la partie sud-est par « blocs » successifs sur les bases suivantes (cf. Figure 3-15) :
  - surface de chaque bloc à déterminer (le scénario présenté propose des blocs de 3,3 ha environ). Une surface maximale ouverte est éventuellement à déterminer à l'échelle du lot 2 mais également à l'échelle des trois lots ;
  - le principe est celui du déblai/remblai :
    - décapage de la zone ;
    - fouille de la zone ;
    - après achèvement de la fouille, remblaiement de la zone avec les terres issues du décapage de la zone suivante contiguë.

Afin d'assurer cette méthodologie du déblai/remblai, les zones doivent être contiguës. La méthodologie doit tenir compte du tri des terres (stockage différencié) et du remblaiement (avec remise des matériaux dans l'ordre inverse, terre végétale régalée en surface).

Afin de stocker les terres du premier bloc de fouilles, une partie contiguë de la zone réservée (au nord, quart nord-est de l'enceinte) doit être libérée préalablement.

Le phasage doit également considérer des ensembles archéologiques, en évitant autant que possible (en dehors du fossé) de traiter en plusieurs fois des ensembles de vestiges cohérents.

Le phasage et les surfaces ouvertes de façon concomitante doivent tenir compte de l'ensemble du lot 2 (y compris les autres zones de fouilles prescrites par l'arrêté 2017/C162 (27) et par les arrêtés 2017/L59 et 2017/L60 (28, 29)).

Le plan d'assainissement doit être conçu en tenant compte de ce phasage. Lors du décapage et de la fouille de chacune des zones, un protocole est mis en œuvre pour recueillir, drainer, traiter et rejeter les eaux de ruissellement/eaux pluviales. Les zones basses sont fouillées en priorité afin de disposer de surfaces permettant d'implanter les dispositifs de gestion des eaux.

La méthodologie de phasage est présentée dans la figure qui suit, sur la base d'un découpage hypothétique du quart sud-est en six zones.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0049-A

Figure 3-17 Exemple de phasage des fouilles pour le quart sud-est de l'enceinte du Néolithique

De plus, dans l'optique de réduire l'impact des fouilles archéologiques, l'un des enjeux est de réduire les surfaces ouvertes de façon simultanée. Ainsi, dans l'hypothèse actuelle de phasage (pour rappel, la présente description des travaux de fouilles archéologiques est basée sur un scénario de référence qui pourra évoluer), la surface ouverte en simultanée serait au maximum de 7 ha. La présentation des fouilles archéologiques prévues dans le cadre des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, se fonde ainsi sur un scénario de référence défini par l'Andra et ses prestataires et qui pourrait évoluer et être adapté par les entreprises de travaux dans un second temps. L'Andra informera l'administration des modifications alors apportées.

Les tableaux suivants présentent une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille (hors zone conditionnelle de 15 ha).

Tableau 3-9 Données du lot 2 par zone

Zone III-b-1 et III-b-3		
Paramètre	Quart sud-est	Fossé néolithique
Surface de fouille	Environ 170 000 m <sup>2</sup> d'un tenant	Environ 27 000 m <sup>2</sup> en deux zones
Profondeur d'apparition des vestiges	0,40-0,45 m - quelques zones avec un recouvrement supérieur à 0,60 m.	0,35-0,50 m
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	65 000-75 000 m <sup>3</sup>	10 500-11 350 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	100 000-112 000 m <sup>3</sup>	15 000-16 000 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	35 000-55 000 m <sup>2</sup>	5 000-8 000 m <sup>2</sup>

Zone III-b-1 et III-b-3		
Paramètre	Transect nord	Site antique n° 43
Surface de fouille	Environ 25 000 m <sup>2</sup> d'un tenant	Environ 5 000 m <sup>2</sup> d'un tenant
Profondeur d'apparition des vestiges	0,40-0,50 m	0,50 m
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	10 000-12 500 m <sup>3</sup>	2 500 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	15 000-18 750 m <sup>3</sup>	3 500 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	5 000-9 375 m <sup>2</sup>	1 250-1 750 m <sup>2</sup>

### 3.2.3.3 Lot 3

Le lot 3 est localisé sur les communes de Bure (Meuse), Gillaumé et Cirfontaines-en-Ornois (Haute-Marne). Les zones de fouilles sont situées sur les flancs et en bas de pente du relief sur lequel est implanté l'espace technologique du Laboratoire de Meuse et Haute-Marne.

La topographie présente des pentes globalement orientées en direction de l'Orge, avec pour :

- zone IV-c : du nord vers le sud ;
- zone III-a : du nord-est vers le sud-ouest ;
- zone IV-a : du nord au sud ;
- zone IV-b : d'est en ouest et/ou du nord vers le sud ;
- zone II-b : du nord-est au sud-ouest.

Plusieurs ensembles archéologiques distincts sont compris dans le lot 3, dont le périmètre a été défini par plusieurs arrêtés préfectoraux. Comme pour les lots 1 et 2, des surfaces réservées et des surfaces de fouilles sont définies pour chaque zone du lot 3. Elles sont récapitulées dans le tableau suivant et présentées sur les figures suivantes.

La profondeur des fouilles dépend de l'épaisseur de la zone meuble du sol avant l'atteinte de la roche mère. Ainsi, les fouilles ont une profondeur moyenne de 0,40 mètre pouvant, de manière temporaire et très localisée, atteindre une profondeur d'environ 2 mètres.

Tableau 3-10 Synthèse des surfaces réservées et de fouilles du lot 3

Zone	Surface réservée en ha	Surface à fouiller en ha
II-b-1	8,7	4
III-a-1	13,7	6,5
IV-a-1	0,40	0,1
IV-b-1	5,1	5
IV-c-1	1,2	0,5

Le lot IV-b-1 est intégralement fouillé.

Ce lot est composé de cinq lots de tailles très différentes. L'un d'eux (III-a-1) est traité dans le chapitre précédent, du fait de sa position en continuité d'un sous lot du lot 2.

Le tableau 3-11 ci-dessous synthétise les caractéristiques du système de gestion des eaux mis en place sur le lot 3 des fouilles archéologiques.

Tableau 3-11 Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 3

Sous lot	Nombre d'ouvrages	Volume décennal total à stocker (approx. m <sup>3</sup> )	Hauteur utile des ouvrages d'infiltration minimal - maximal sur le lot (approx. m)	Facteur de charge minimal - maximal suite à la gestion par les ouvrages du lot	Volume de stockage total (approx. m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration minimal - maximal des ouvrages sur le lot (approx. l/s)	Temps de vidange minimal - maximal selon les ouvrages (approx. j)
II-b	4 noues (chacune avec décantation puis infiltration) espacées de 60 mètres environ et 3 bassins de décantation / infiltration dont 2 en point bas, le dernier gérant un apport amont	3 493	0,6 - 1	7 - 30	6 552	3 -86	0,4 - 2,5
III-a	Traité avec le lot IIIb-1/III-b-3 du faire de leur continuité						
IV-a	1 bassin de décantation / infiltration	87	0,6	20	96	2	0,2
IV-b	3 bassins de décantation / infiltration	1 668	0,9 - 1,3	20	1 889	5 - 12	0,5 - 1,5
IV-c	2 bassins de décantation / infiltration	211	0,2 - 1	10 - 30	233	10 - 28	0,01 - 0,08

Les eaux hypodermiques qui pourraient être recoupées, peuvent intégrer le système de gestion sur les plus importants secteurs de ce sous lot. Ce n'est pas le cas pour les secteurs de taille plus modeste. Il est prévu alors un critère de saisonnalité de ces opérations d'archéologie afin de diminuer la probabilité de gestion de ces arrivées d'eau. Si cette précaution s'avère insuffisante, l'excès d'eau est temporairement stocké dans des containers hors sol, le temps de la vidange des ouvrages du lot. Les eaux sont alors rejetées par infiltration après décantation, via le système de gestion en place.

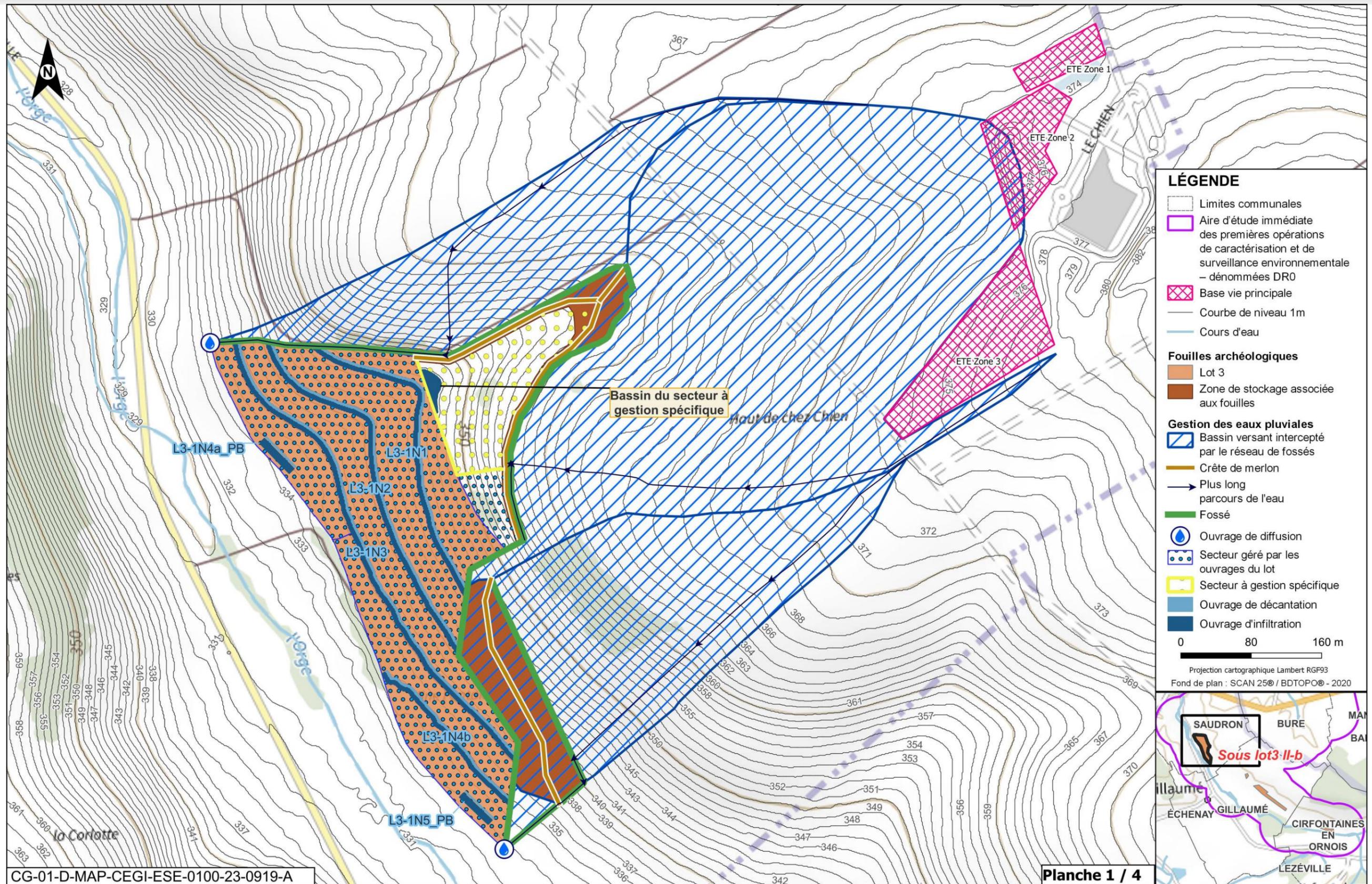


Figure 3-18 Exemple de principe de gestion des eaux pluviales sur le lot 3

### a) Zone II-b-1

Le tableau suivant présente une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille.

Tableau 3-12 Données du lot 3 par zone

Paramètre	Zone II-b-1
Surface de fouille	40 000 m <sup>2</sup> d'un tenant ou en zones distinctes
Profondeur d'apparition des vestiges	De 0,30-0,35 m à 1 m en bas de pente
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	15 000-18 000 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	21 000-25 000 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	7 000-12 000 m <sup>2</sup>

### b) Zone III-a-1

Concernant la zone III-a-1, une partie importante à l'aval de cette zone se situe hors des emprises travaux du projet global Cigéo. Elle se situe dans une zone qui a fait l'objet de prescriptions archéologiques et où aucun travail ne peut être réalisé.

Le tableau suivant présente une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille.

Tableau 3-13 Données du lot 3 par zone

Paramètre	Zone III-a-1
Surface de fouille	65 000 m <sup>2</sup> en une zone unique ou en zones distinctes
Profondeur d'apparition des vestiges	De 0,25 m à 0,70 m suivant les secteurs
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	32 000-33 000 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	45 000-46 000 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	15 000-23 000 m <sup>2</sup>

### c) Zone IV-a-1

La zone IV-a-1 est de petite dimension et localisée au sein de zones qui sont libérées de toute contrainte archéologique. La gestion des eaux de ruissellement est réalisée au sein de la zone réservée ou immédiatement à l'aval. La mise en œuvre de procédés identiques à ceux des autres zones (zones d'infiltration, fossés/cunettes le long des merlons) est réalisée préalablement aux travaux ou durant le démarrage de ceux-ci.

### d) Zone IV-b-1

La partie aval de la zone IV-b-1 se situe en bordure de l'emprise travaux du projet global Cigéo (6 m à 7 m).

Après concertation avec la DRAC, une partie de la zone réservée est comprise sur des surfaces non remaniées.

Compte tenu de la surface de la fouille et de la durée prévisionnelle des travaux, la mise en œuvre de plusieurs zones d'infiltration en bas de pente est nécessaire, qui sont à mettre en place dès le début des travaux et induisent donc des travaux archéologiques préparatoires.

### e) Zone IV-c-1

La partie aval de cette zone IV-c-1 est située partiellement en surface non remaniée (bande 3 m à 12 m de large). La mise en œuvre de plusieurs zones d'infiltration en bas de pente sera nécessaire, qui devront être mises en place dès le début des travaux et induiront donc des travaux archéologiques préparatoires.

De plus, dans l'optique de réduire l'impact des fouilles archéologiques, l'un des enjeux est de réduire les surfaces ouvertes de façon simultanée. Ainsi, dans l'hypothèse actuelle de phasage (pour rappel, la présente description des travaux de fouilles archéologiques est basée sur un scénario de référence qui pourra évoluer), la surface ouverte en simultanée serait au maximum de 10 ha.

Les tableaux suivants présentent une estimation de la profondeur des vestiges, des volumes de déblais et superficies de stockages correspondantes en fonction des surfaces de fouille des zones du lot 3.

Tableau 3-14 Données du lot 3 par zone

Paramètre	Zone IV-a-1	Zone IV-b-1	Zone IV-c-1
Surface de fouille	1 000 m <sup>2</sup>	41 829 m <sup>2</sup>	5 000 m <sup>2</sup>
Profondeur d'apparition des vestiges	0,55 m en moyenne	0,50-0,55 m en moyenne	0,70-0,80 m en moyenne
Coefficient de foisonnement	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)	1,4 (terre végétale)
Volume estimé	550 m <sup>3</sup>	25 000-27 000 m <sup>3</sup>	3 500-4 000 m <sup>3</sup>
Volume estimé après foisonnement	775 m <sup>3</sup>	33 000-37 000 m <sup>3</sup>	5 000-6 000 m <sup>3</sup>
Surface nécessaire au stockage (merlons de 2 m à 3 m de haut)	275-400 m <sup>2</sup>	11 000-18 000 m <sup>2</sup>	2 000-3 000 m <sup>2</sup>

Les figure 3-19 et figure 3-19 présentent la localisation des concentrations de vestiges et des zones de stockage associées aux fouilles du lot 3.

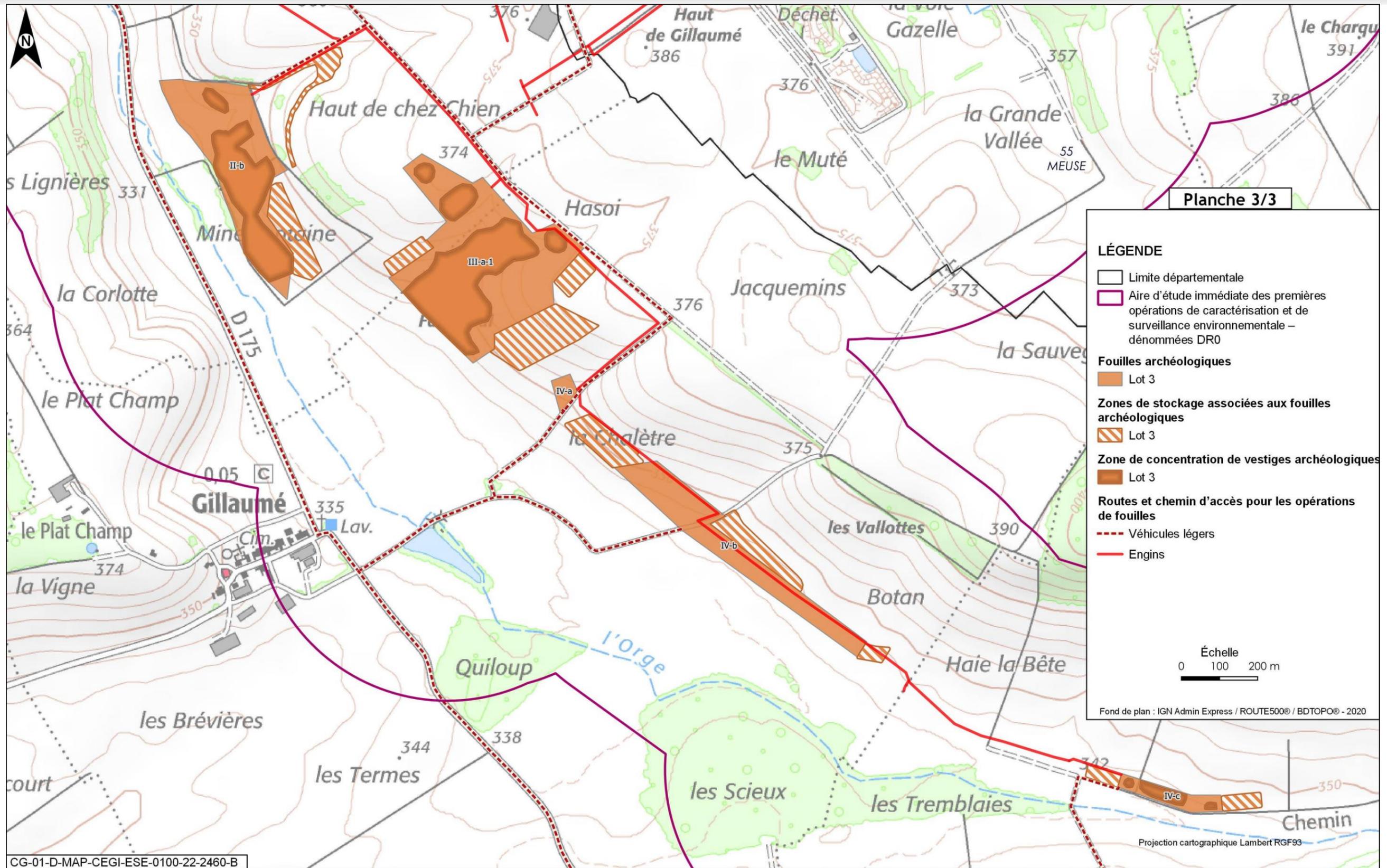


Figure 3-19 Concentrations de vestiges et hypothèse zones de fouilles - lot 3

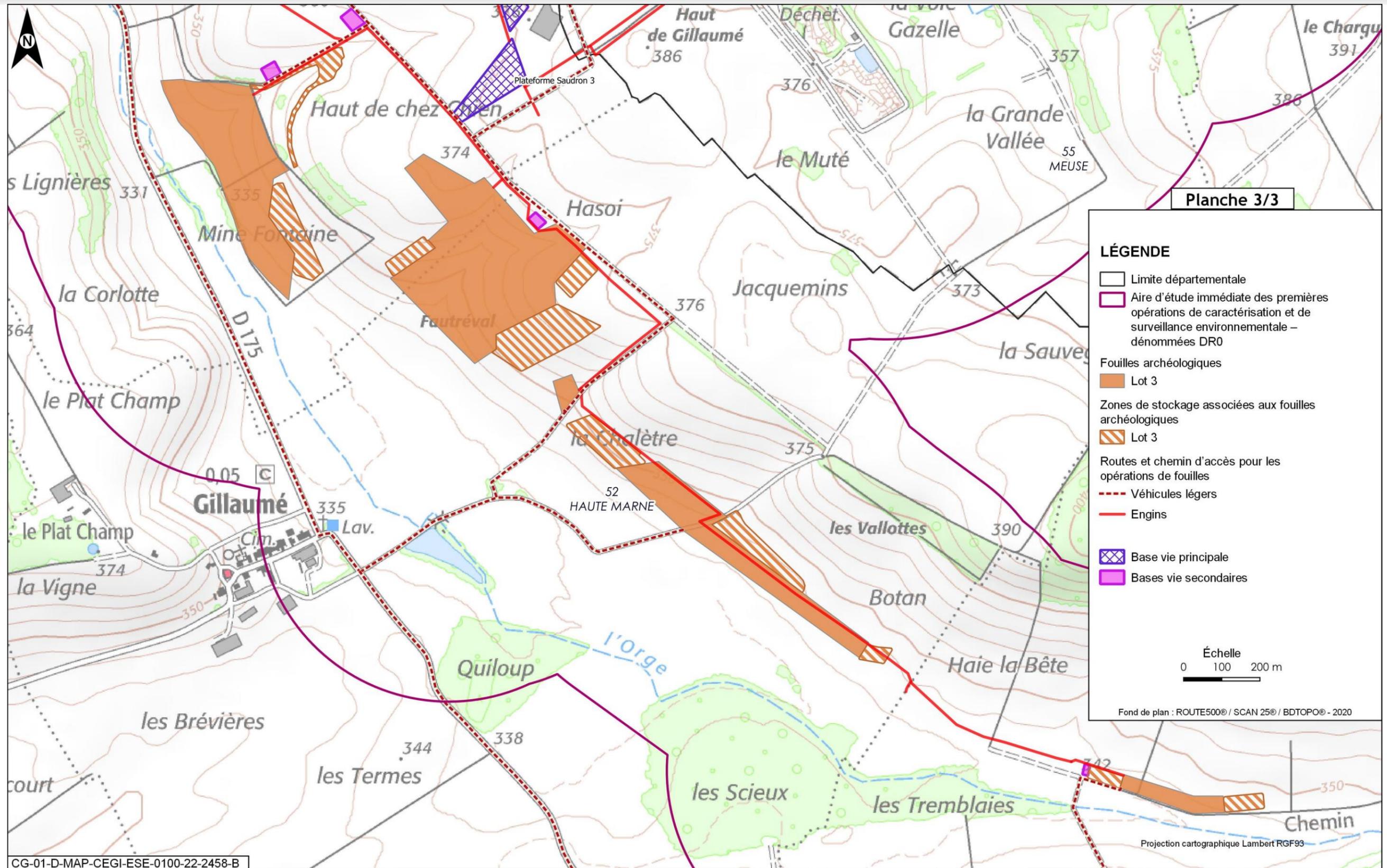


Figure 3-20 Localisation des déblais - lot 3

### 3.3 Caractéristiques techniques du programme de forages, sondages et piézomètres

Le projet global Cigéo s'appuie sur un socle de connaissances scientifiques déjà acquises sur plus de 20 ans. Les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale présentées dans les chapitres suivants ont pour objectifs d'apporter des précisions, conforter les éléments disponibles et de nouveaux outils de mesure et surveillance.

#### » QU'EST-CE QU'UN SONDAGE GÉOTECHNIQUE

Un sondage géotechnique est une investigation du sous-sol, réalisée avec ou sans forage d'un trou, destinée à déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques, physiques ou chimiques de ses constituants. Les sondages géotechniques permettent ainsi de prévoir le comportement d'un ouvrage préalablement à sa réalisation.

#### 3.3.1 Généralités sur les programmes de forages, sondages, piézomètres

À noter : la "Pièce DAE12 - Addendum - Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0" (1) comprend des descriptions complémentaires à celles présentées ci-après.

##### 3.3.1.1 Description des différents types d'intervention

Dans le cadre des différentes campagnes d'investigations, il est prévu la réalisation des forages/sondages ou piézomètre de caractérisation suivants :

- des reconnaissances *in situ* :
  - ✓ piézomètres ;
  - ✓ sondages carottés/carottages ;
  - ✓ sondages à la pelle mécanique ;
  - ✓ sondages à la tarière ;
  - ✓ sondages destructifs ;
  - ✓ sondages/carottage de maçonnerie ;
  - ✓ sondages ou essais *cross-hole* ;
  - ✓ sondages ou essais pressiométriques ;
  - ✓ essais au pénétromètre dynamique ;
  - ✓ essais Matsuo ;
  - ✓ sondages ou essais scissomètre ;
  - ✓ forages/sondages essais d'eau.
- des campagnes d'études d'imagerie sismiques :
  - ✓ lignes sismiques réflexion ;
  - ✓ lignes sismiques réfraction.

#### » DÉFINITION DES TYPES D'INVESTIGATIONS

##### Sondage à la pelle mécanique

Ce sondage consiste en une reconnaissance superficielle des sols présents et permet une appréciation de l'hétérogénéité des sols.

##### Sondage à la tarière

Ce sondage consiste en une reconnaissance profonde des sols présents et permet une appréciation de l'hétérogénéité des sols. Il permet le prélèvement d'échantillons remaniés pour essais en laboratoire.

##### Sondage destructif

Un sondage destructif est un sondage de reconnaissance des sols visant à établir un relevé de la lithologie du terrain à partir des échantillons prélevés, et à noter les profondeurs des arrivées d'eau.

Via l'enregistrement des paramètres de forage, le sondage destructif favorise l'identification des hétérogénéités. Il permet également la pose d'instrumentation en forage tels que piézomètres, etc.

##### Sondage carotté

Ce mode d'investigation permet d'obtenir un échantillon continu de sol peu ou pas remanié, prélevé à l'aide d'un outil appelé carottier. En fonction des outils utilisés : piston stationnaire, carottier double, triple, carottier à paroi mince..., le carottage permet de prélever des échantillons qui sont ensuite conditionnés, conservés ou acheminés jusqu'à un laboratoire pour identification et essais mécaniques.

##### Essai *cross-hole*

Cet essai permet de déterminer les paramètres dynamiques du sol.

##### Essai pressiométrique

L'essai pressiométrique est un essai de chargement *in situ* effectué au sein même du terrain. L'analyse des résultats permet d'obtenir, à une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation.

##### Essai de pénétration

Cet essai consiste à enfoncer dans le sol une pointe de façon statique (poussé en continue) ou dynamique (par frappe à l'aide d'une masse). Cet essai permet de mesurer la résistance qu'offre le sol à l'enfoncement de cette pointe et d'en estimer ses caractéristiques.

##### Essai Matsuo

Cet essai permet la détermination *in situ* du coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique K) d'un sol et donc sa capacité d'infiltration.

##### Essai scissomètre

L'essai scissométrique est une méthode qui teste les caractéristiques du sol *in situ*. Les données obtenues par essai scissométrique permettent de mettre au point des directives pour la construction des fondations et autres besoins géotechniques.

##### Sondages/essais d'eau

Les « essais d'eau » réalisés pour déterminer la perméabilité des différentes couches géologiques traversées par les forages.

Les essais sont classés par domaine de perméabilité. L'essai Lefranc est le plus connu et le plus utilisé parce qu'il s'intéresse aux terrains très perméables (perméabilité de l'ordre de  $1.10^{-3}$  à  $1.10^{-5}$  m/s). On l'utilise classiquement pour mesurer la perméabilité d'interstices de roches meubles.

### 3.3.1.2 Conditions d'accès aux zones d'intervention

D'une manière générale, les machines de forage ont des gabarits limités leur permettant d'évoluer sur des pistes de faible largeur.

Il sera systématiquement privilégié :

- les accès par les chemins existants (routes et chemins agricoles) pour ce qui concerne les déplacements ;
- les interventions à proximité d'accès existants (bordure de routes ou chemins agricoles).

### 3.3.1.3 Emprises chantier

Une fois les machines de forage au droit des points de réalisation des investigations, celles-ci occuperont une emprise chantier suivante :

- dans le cadre des forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (ZBS\_FOND\_UP1), la plateforme accueillera les machines de forages et les stockages sur une plateforme utile de 1 500 m<sup>2</sup>. Une surface plus grande entre 2 500 m<sup>2</sup> à 3 350 m<sup>2</sup> est prévue pour l'entreposage des terres décapées et la gestion des eaux pluviales ;
- dans le cadre des campagnes géotechniques en zone puits et sur la LIS, les emprises chantier accueilleront un, deux ou trois ouvrages avec implantation des machines, le stockage des tiges de forages et le stockage des carottes prélevées. Cette surface est évaluée entre 200 m<sup>2</sup> pour un ouvrage à 350 m<sup>2</sup> pour trois ouvrages ;
- dans le cadre de la campagne des piézomètres de l'ITE, les emprises chantier sont évaluées à environ 200 m<sup>2</sup> par ouvrage ;
- dans le cadre des piézomètres de caractérisation des zones humides, il n'y a pas d'emprise à considérer, les ouvrages étant situés en plein champ ou en bordure de chemin ;
- dans le cadre de la campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois, la plateforme non remaniée accueillera les machines de forages et le stockage. Cette surface est évaluée entre 170 m<sup>2</sup> (pour un ouvrage) à 300 m<sup>2</sup> pour trois ouvrages ;
- dans le cadre de la campagne géotechnique de la route départementale D60/960, l'emprise travaux comprendra la machine et le stockage. Celle-ci est évaluée à 200 m<sup>2</sup> par ouvrage et 50 m<sup>2</sup> pour les sondages à la pelle mécanique ;
- dans le cadre des investigations géotechniques de la ligne 027000, l'emprise travaux comprendra la machine et le stockage. Celle-ci est évaluée à 200 m<sup>2</sup> par ouvrage.

Au regard des faibles durée d'interventions, il s'agira d'une occupation au sol de courte durée, à l'exception des plateformes ZBS et des forages du Barrois.

Tableau 3-15 Emprises chantier évaluées

Travaux	Surface de plateforme ou d'emprise chantier
Forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (ZBS_FOND_UP1)	Entre 2 500 m <sup>2</sup> et 3 350 m <sup>2</sup>
Campagnes géotechniques en zone puits et sur la LIS	Entre 200 m <sup>2</sup> et 350 m <sup>2</sup>
Piézomètres ITE	Environ 200 m <sup>2</sup>
Piézomètres de caractérisation en zone humide	Pas d'emprise à considérer
Campagne de forages de reconnaissance de la formation des calcaires du Barrois	Entre 170 m <sup>2</sup> et 300 m <sup>2</sup>
Investigations géotechniques de la ligne SNCF	Environ 50 m <sup>2</sup> pour les sondages à la pelle mécanique et 200 m <sup>2</sup> pour les autres ouvrages
Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	200 m <sup>2</sup> par ouvrage

## 3.3.2 Forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS (Programme ZBS\_FOND\_UP1)

### 3.3.2.1 Objectifs du programme

Le programme ZBS\_FOND\_UP1 est composé de 13 forages profonds de reconnaissance géologique (12 pérennes et un forage profond carotté qui sera rebouché) et quatre lignes sismiques réflexion, répartis sur quatre plateformes situées en périphérie immédiate de la ZIOS (zone d'implantation des ouvrages souterrains). La présentation des lignes sismiques réflexion fait l'objet du chapitre 3.3.2.2.6 du présent document.

Ce programme a pour objectif d'affiner et de conforter le comportement hydrogéologique des différentes formations géologiques présentes sur le territoire d'implantation du futur centre de stockage Cigéo et la connaissance de la couche de Callovo-Oxfordien.

Les quatre formations géologiques concernées, de la plus récente à la plus ancienne (soit de la moins à la plus profonde), sont :

- le Kimméridgien (épaisseur environ 110 m) ;
- l'Oxfordien carbonaté (épaisseur environ 280 m) ;
- le Callovo-Oxfordien (épaisseur 140 m à 160 m) ;
- le Dogger (épaisseur supérieure à 200 m).

Une campagne d'études d'imagerie sismique réflexion, composée de quatre lignes sismiques d'étude, d'une longueur de 3 775 m à 5 475 m, passant par chacune des plateformes de forages ZBS\_FOND\_UP1 et se reconnectant à la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) est entrepris. Ces lignes sismique réflexion utilisent des ondes sur les interfaces entre plusieurs niveaux géologiques afin de caractériser ces derniers.

La figure 3-21 suivante présente la localisation générale des quatre plateformes et des lignes sismiques associées.

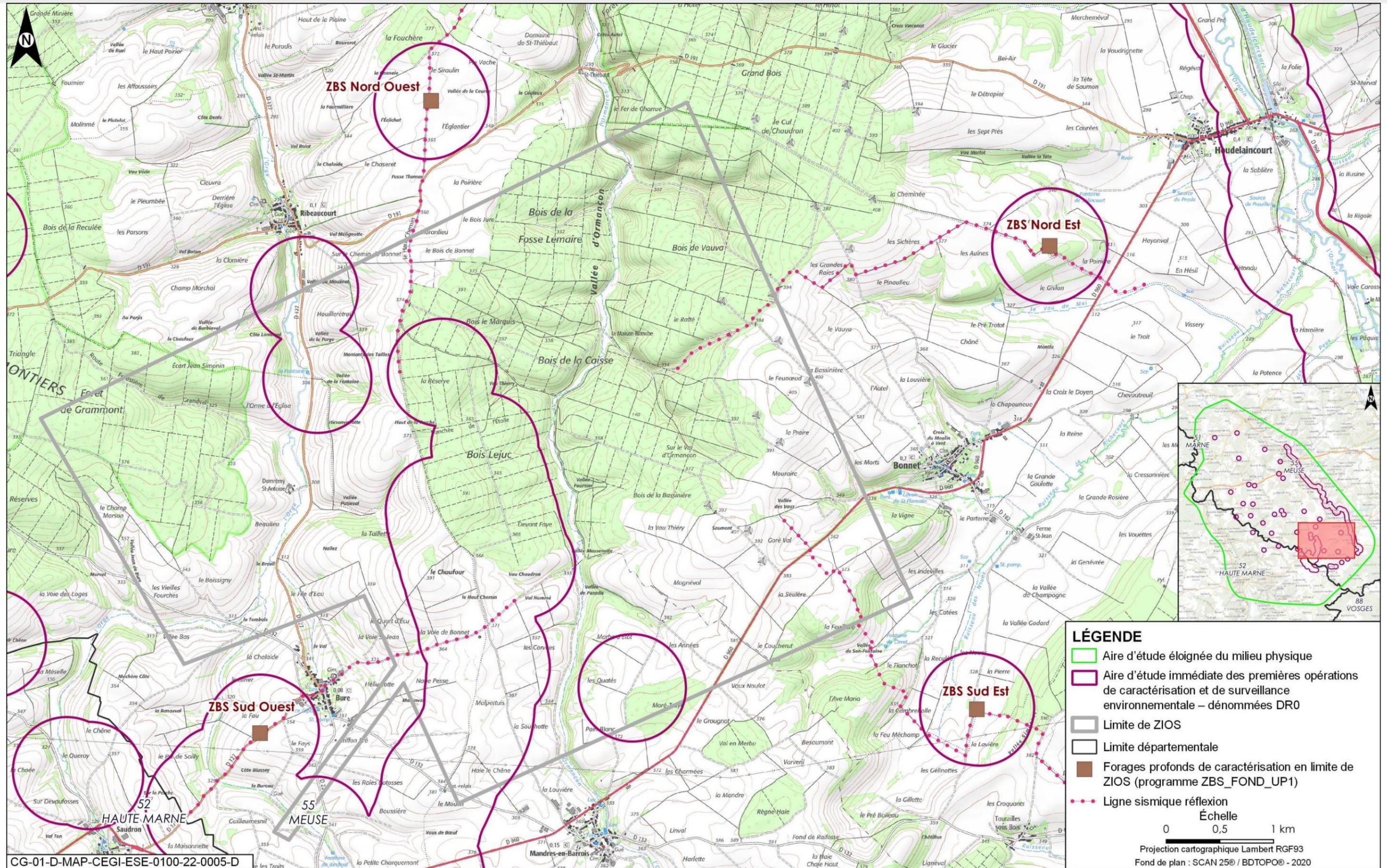


Figure 3-21 Localisation des plateformes du programme de forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS

Il est ainsi prévu :

- quatre forages ayant pour objectif le Dogger, réalisés en destructif (les échantillons extraits ne sont pas intacts). Ils feront l'objet d'un suivi géologique et de diagraphies<sup>3</sup> de contrôle (lithologie et cimentation de tubage) :
  - ✓ le diamètre final sera de 6"1/4, soit environ 16 cm (il commencera par être de 12"1/4 (environ 31 cm) dans la formation du Kimméridgien) ;
  - ✓ l'équipement comportera deux chambres de mesures.
- quatre forages ayant pour objectif le Callovo-Oxfordien et s'enfonçant dans le Dogger de la profondeur nécessaire à l'acquisition par diagraphie et profil sismique vertical (PSV) du contact entre les deux formations, soit 10 m à 15 m :
  - ✓ le Kimméridgien et l'Oxfordien carbonaté sont forés en destructif. Il est proposé de stopper la phase destructive 15 mètres avant la limite supposée entre Oxfordien carbonaté/Callovo-Oxfordien ;
  - ✓ le Callovo-Oxfordien est carotté (les échantillons extraits sont intacts) en boue à l'huile ;
  - ✓ le diamètre final sera de 6 »1/4, soit environ 16 cm (il commencera par être de 12"1/4 (environ 31 cm) dans la formation du Kimméridgien) ;
  - ✓ l'équipement comportera dix chambres de mesure.
- quatre forages dans l'Oxfordien carbonaté, forés en destructif et faisant l'objet d'un suivi géologique et de diagraphies de contrôle (lithologie et cimentation de tubage) :
  - ✓ le diamètre final sera de 6 »1/4, soit environ 16 cm (il commencera par être de 12"1/4 (environ 31 cm) dans la formation du Kimméridgien) ;
  - ✓ l'équipement comportera cinq chambres de mesures.
- le forage à l'Oxfordien carbonaté CIG0101 (Ribeaucourt – Oxfordien – Carotté), carotté intégralement au niveau du Kimméridgien et de l'Oxfordien carbonaté, en boue à l'eau additionnée de polymères :
  - ✓ il s'enfonce de 80 mètres dans l'Unité Silto-Carbonatée (cf. Figure 3-22) du Callovo-Oxfordien afin de réaliser des mesures de contraintes naturelles ;
  - ✓ il est rebouché et cimenté à l'issue des mesures et dès la fin des travaux ;
  - ✓ son diamètre sera au maximum de 15 cm.
- quatre lignes sismiques passant par chacune des plateformes de forages, qui permettront de recalibrer les informations de forages avec la sismique 3D de la ZIOS.

### 3.3.2.1.1 Objectifs des forages dans le Dogger

La piézométrie du Dogger montre un écoulement globalement orienté vers le nord-ouest et un plateau piézométrique de faible gradient qui s'étend au-delà de la zone de transposition. Dans les zones nord-est et sud-ouest du secteur, les écoulements induits par les vallées de la Meuse et de la Marne sont dirigés respectivement vers le nord-est et le sud-ouest. De plus, l'interaction hydraulique entre les deux aquifères de l'Oxfordien et du Dogger à travers la formation hôte du Callovo-Oxfordien, est caractérisée par un gradient hydraulique vertical variable, à l'échelle du secteur, entre -40 % et +40 % traduisant un écoulement descendant à l'est et au sud-est, une ligne à gradient hydraulique nul quasi est-ouest passant au milieu de la ZIOS et un écoulement ascendant au nord-ouest et à l'ouest.

Les forages profonds dans le Dogger sont réalisés pour permettre un calage précis de la sismique 3D réalisée en 2010 sur toute la zone des installations souterraines. L'imagerie sismique est une méthode géophysique d'observation de la subsurface. Elle permet de visualiser les structures géologiques en profondeur grâce à l'analyse des échos d'ondes sismiques.

Un suivi piézométrique est également prévu, en dehors de la ZIOS, afin d'évaluer le gradient hydraulique vertical<sup>4</sup> dans le temps, c'est-à-dire la charge hydraulique résultant de l'écoulement naturel de cette formation. Aucune perturbation liée à la construction ou au fonctionnement du centre de stockage Cigéo n'est attendue.

<sup>3</sup> Diagraphie = technique géophysique mise en œuvre à l'intérieur d'un forage permettant de mesurer *in situ* un paramètre physique du terrain.

Les objectifs d'acquisitions scientifiques complémentaires concernent ainsi :

- le gradient hydraulique au travers de la formation hôte. Il convient de préciser au niveau de la ZIOS l'amplitude du gradient au droit des installations du stockage, avant les perturbations induites dans l'Oxfordien par le drainage des ouvrages de liaison surface-fond ;
- la contribution à la connaissance de la piézométrie du Dogger sur l'ensemble des zones concernées par le centre de stockage Cigéo. Au suivi de la piézométrie, est associée la caractérisation physicochimique des eaux circulantes et son évolution.

### 3.3.2.1.2 Objectifs des forages dans le Callovo-Oxfordien

Concernant le Callovo-Oxfordien, il s'agit de compléter les connaissances sûres :

- le modèle géométrique et la variabilité stratigraphique du Callovo-Oxfordien. Cet objectif vise à obtenir un nouveau calage du modèle géologique 3D géométrique et lithostratigraphique sur la ZIOS ;
- les caractéristiques Thermo-Hydro-Mécanique du Callovo-Oxfordien. Cet objectif vise à obtenir un nouveau calage des propriétés Thermo-Hydro-Mécaniques du Callovo-Oxfordien sur la ZIOS ;
- les propriétés de diffusion ;
- la contribution à la connaissance des pressions au sein du Callovo-Oxfordien en limite de ZIOS ;
- les mesures des contraintes naturelles *in situ* dans l'unité silto-carbonatée.

Les données complémentaires qui seront collectées concerneront :

- la pression et la température : obtention de profils de surpression naturelle et de profils thermiques puis surveillance de l'arrivée d'un impact hydromécanique suite à la construction des descenderies et puits ;
- le modèle géométrique et la variabilité stratigraphique (variation de couches géologiques) latérale et verticale : obtenir une meilleure précision du modèle géométrique du Callovo-Oxfordien (profondeur, épaisseur, unités géologiques à l'aide des profils sismiques (cf. Chapitre 3.3.2.2.6 du présent document), confortement du modèle de variabilité géologique à l'échelle de la ZIOS, analyse fine de l'évolution verticale des argilites au droit de chaque forage (composition minéralogique et propriétés physico-chimiques associées telles que porosité, densité...)) ;
- les caractéristiques thermo-hydro-mécaniques : acquisition de paramètres en limite de ZIOS tels que conductivité thermique, résistance à la compression, le module d'Young<sup>5</sup>, mesures minéralogiques et pétrophysiques... afin d'accroître la robustesse des simulations faites pour le dimensionnement des ouvrages de stockage ;
- les propriétés de diffusion et traceurs naturels afin de consolider le domaine de valeurs pris en compte pour les analyses phénoménologiques et de sûreté et le modèle d'évolution spatiale à l'échelle du stockage ;
- les mesures de contraintes naturelles dans le but d'améliorer la connaissance du profil de contrainte (verticale et horizontale) dans la partie supérieure de la formation du Callovo-Oxfordien (au sein de l'unité argileuse 3), de l'unité de transition et de l'unité silto-carbonatée grâce à la combinaison de deux techniques, la fracturation hydraulique et la stimulation des fractures préexistantes par injection d'un fluide de densité connue.

<sup>4</sup> Gradient hydraulique vertical : différence de niveau de la nappe

<sup>5</sup> Module d'Young : mesure de la rigidité ou de la résistance à la déformation élastique d'un solide sous charge

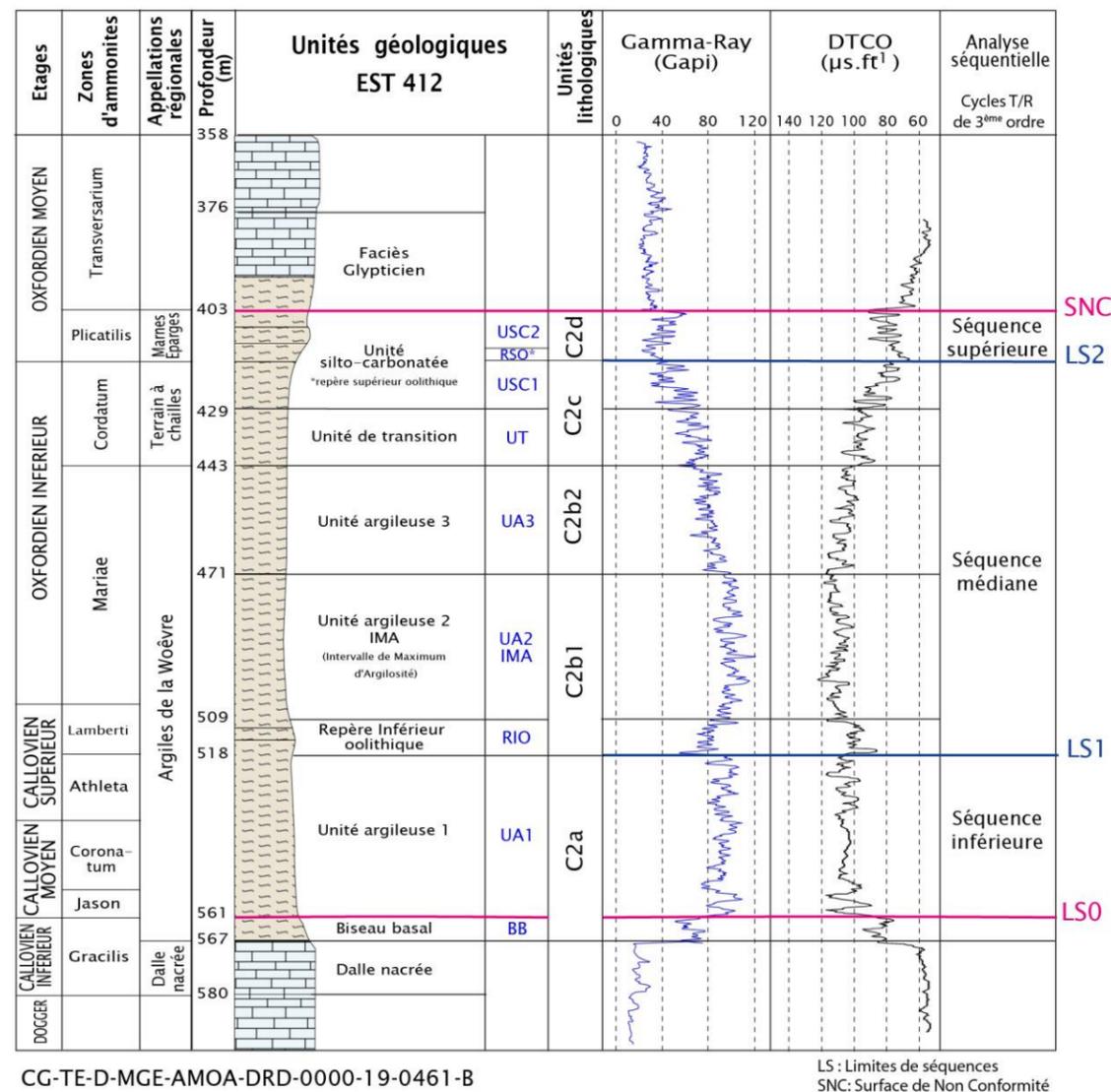


Figure 3-22 Principales limites stratigraphiques et principales unités géologiques du Callovo-Oxfordien

### 3.3.2.1.3 Objectifs des forages dans l'Oxfordien carbonaté

L'Oxfordien carbonaté correspond à un système aquifère constitué d'horizons poreux (Hp) séparés par des niveaux semi perméables. Si la répartition spatiale de ces horizons est bien appréhendée dans le détail sur les tracés où une reconnaissance sismique a été menée, elle est moins maîtrisée à l'échelle régionale.

La nappe dite de l'Oxfordien carbonaté supérieur s'étend seulement sur la partie nord-est de l'aire de modélisation hydrogéologique. Elle est constituée des calcaires de l'Oxfordien carbonaté supérieur et du Kimméridgien et intègre des horizons poreux. Les écoulements y sont globalement orientés vers le nord-ouest, avec des charges hydrauliques supérieures à celles de la nappe inférieure dite de l'Oxfordien carbonaté moyen. Elle est constituée de formations aquifères de l'Oxfordien carbonaté moyen dans la zone nord-est et de l'ensemble des formations de l'Oxfordien carbonaté moyen et de l'Oxfordien carbonaté supérieur sur le reste du secteur. Elle inclut aussi des horizons poreux (Hp).

Par simplification, il est considéré une représentation conceptuelle à deux nappes séparées par un semi-perméable marneux dit Série grise.

La formation de l'Oxfordien carbonaté, déjà impactée par le creusement des puits du Laboratoire de recherche souterrain sur toute la zone descendrie et très probablement une grande partie du tracé de descendrie sera également fortement impactée par le creusement des descendries et des puits.

Cette perturbation sera particulièrement suivie sur le tracé de descendrie et en zone puits. Les forages en limite de ZIOS seront impactés environ une dizaine d'années après le creusement des puits et descendries (sauf pour la plateforme sud-ouest déjà probablement impactée de quelques mètres de rabattement).

Les objectifs d'acquisitions dans l'Oxfordien carbonaté sont :

- d'évaluer les caractéristiques géométriques et hydrodispersives de la série grise (séparation hydraulique des Horizons Poreux et transfert des radionucléides mobiles). Les travaux entrepris visent à consolider sa géométrie, ses propriétés pétrophysiques et minéralogiques, hydrauliques et diffusives ;
- d'évaluer la perturbation hydraulique due au drainage des puits du Laboratoire de recherche souterrain ;
- de contribuer à la connaissance de la piézométrie de l'Oxfordien sur l'ensemble des zones concernées par le projet. Au suivi de la piézométrie, est associée la caractérisation physicochimique des eaux circulantes et son évolution.

Dans ce contexte, les résultats complémentaires attendus du programme sont à court terme :

- l'évaluation de la perturbation hydraulique dans les horizons poreux du fait du Laboratoire de recherche souterrain sur la plateforme sud-ouest ;
- la consolidation des concepts d'écoulement en vue de préciser les voies de transfert et les temps de transit associés aux exutoires ;
- la connaissance des propriétés pétrophysiques de la Série grise.

Et à plus long terme :

- l'évaluation de l'impact du fonctionnement l'hydraulique de l'installation sur cette formation ;
- le suivi de la qualité des eaux.

De plus, le forage carotté dans l'Oxfordien carbonaté prévu au niveau de la plateforme de forage nord-ouest permettra de mieux caractériser la géométrie, la lithologie, les propriétés et la minéralogie de la Série grise qui sépare la nappe de l'oxfordien carbonaté supérieur de la nappe captive de l'oxfordien carbonaté moyen Il s'agira de vérifier la présence de marnes et d'examiner l'interaction entre les l'oxfordien moyen et l'oxfordien carbonaté.

### 3.3.2.1.4 Objectifs des forages dans le Kimméridgien

L'objectif associé à la caractérisation du Kimméridgien est l'évaluation de ces caractéristiques géométriques et hydrodispersives dans le forage carotté à l'Oxfordien carbonaté. De manière similaire au Callovo-Oxfordien, cette caractérisation est à réaliser au travers de la mise en œuvre de diagraphies à vocation lithostratigraphique (gamma-ray spectrale, densité, porosité RMN, Sonic, etc.) et par la détermination de propriétés minéralogiques et pétrophysiques/chimiques sur échantillons.

Les propriétés hydrodispersives sont évaluées au travers de mesures de perméabilité et de coefficients de diffusion sur échantillons carottés. De manière opportuniste, l'analyse de traceurs naturels (gaz dissous, isotopes, anions) permettra de compléter les connaissances relatives aux transferts naturels à grande échelle, en support notamment à la consolidation du modèle hydrogéologique à l'actuel.

### 3.3.2.2 Caractéristiques techniques et modalités de réalisation

La profondeur des forages est comprise entre 345 m et 715 m.

Ils sont répartis sur quatre plateformes en périphérie immédiate de la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) sur les communes de Bure au sud-ouest, de Ribeaucourt au nord-ouest, de Houdelaincourt au nord-est et de Bonnet au sud-est.

### 3.3.2.2.1 Les plateformes

Les plateformes font 30 m x 50 m soit 1 500 m<sup>2</sup> utiles et sont inscrites dans les emprises présentées sur les figure 3-23 à figure 3-26, plus larges, afin de disposer d'une réserve pour en particulier l'entreposage des terres décapées en cordon autour des plateformes et assurer la gestion des eaux pluviales. Ainsi, les surfaces globales de chaque plateforme seront de :

- plateforme sud-ouest : 3 350 m<sup>2</sup> ;
- plateforme nord-ouest : 2 620 m<sup>2</sup> ;
- plateforme sud-est : 2 500 m<sup>2</sup> ;
- plateforme nord-est : 2 540 m<sup>2</sup>.

Les eaux de ruissellements des bassins versants sont interceptées par des fossés internes aux plateformes du programme ZBS\_FOND\_UP1. Ces fossés sont munis d'ouvrages de diffusion à leurs extrémités.

Le système de gestion des eaux pluviales développé au droit des plateformes ZBS\_FOND\_UP1 comprend des ouvrages de rétention/infiltration au sein desquels un géotextile ainsi qu'une couverture de matériaux perméables d'au maximum 30 cm d'épaisseur en fond d'ouvrage et de 10 cm sur les talus. Les caractéristiques de la gestion des eaux sur le site sont synthétisées dans le tableau 3-16.

Tableau 3-16 *Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux calculées pour une pluie décennale au niveau des plateformes du programme ZBS\_FOND\_UP1.*

Opération	Sous-opération	Volume décennal à stocker (approx. m <sup>3</sup> )	Profondeur des bassins (approx. m)	Facteur de charge	Volume des bassins (approx. m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration (approx. l/s)	Temps de vidange (approx. J)
ZBS_FOND_UP1	Nord-est	14	0,4	30	14	14	0,01
	Sud-est	47	1,5	30	47	3	0,2
	Sud-ouest	80	1,4	20	83	1,5	0,7
	Nord-ouest	34	1,1	20	50	4	0,1

Les principes de gestion des eaux pluviales sont présentés sur la figure 3-27.

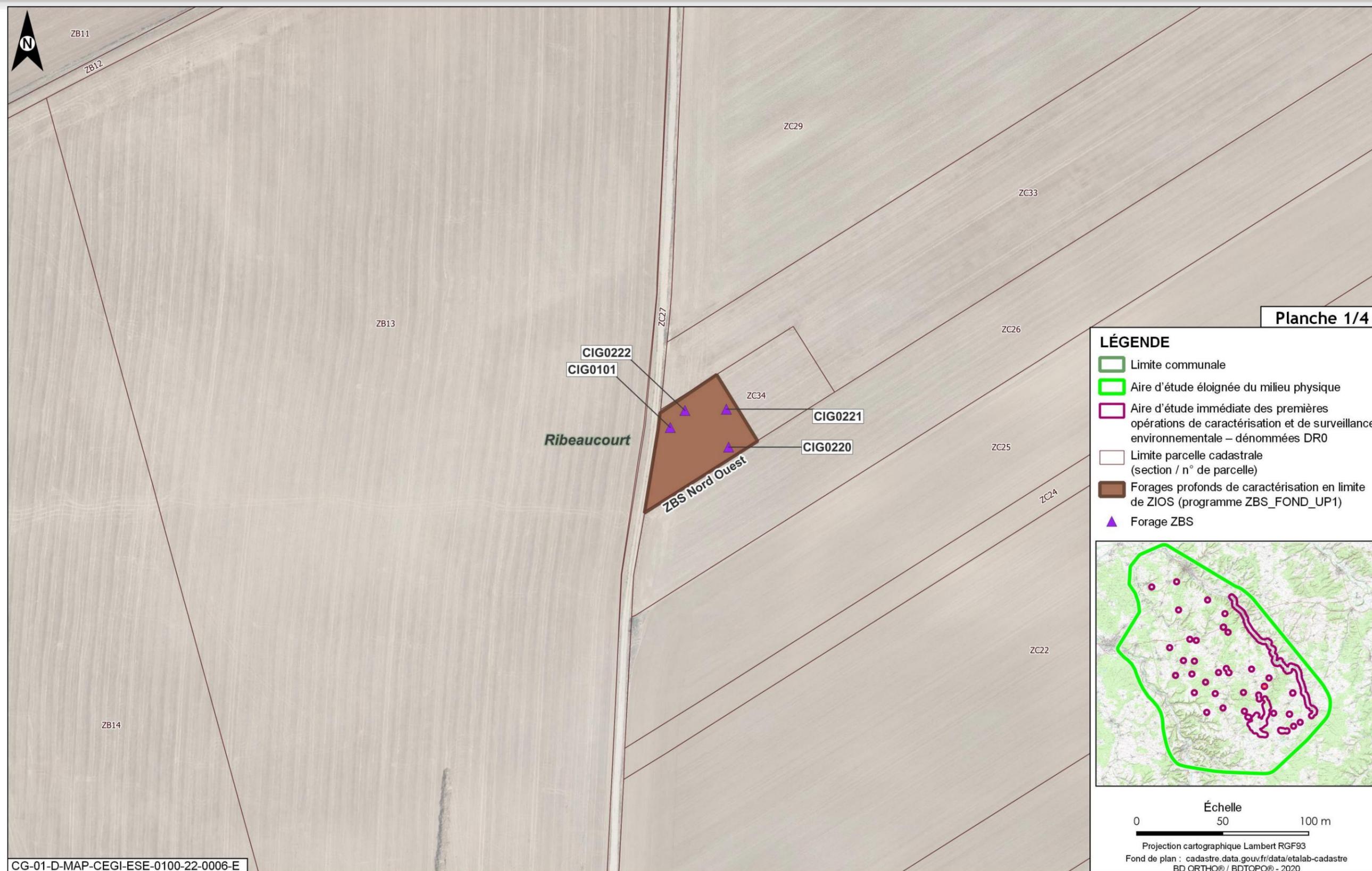


Figure 3-23 Emprise de la plateforme nord-ouest



Figure 3-24 Emprise de la plateforme nord-est

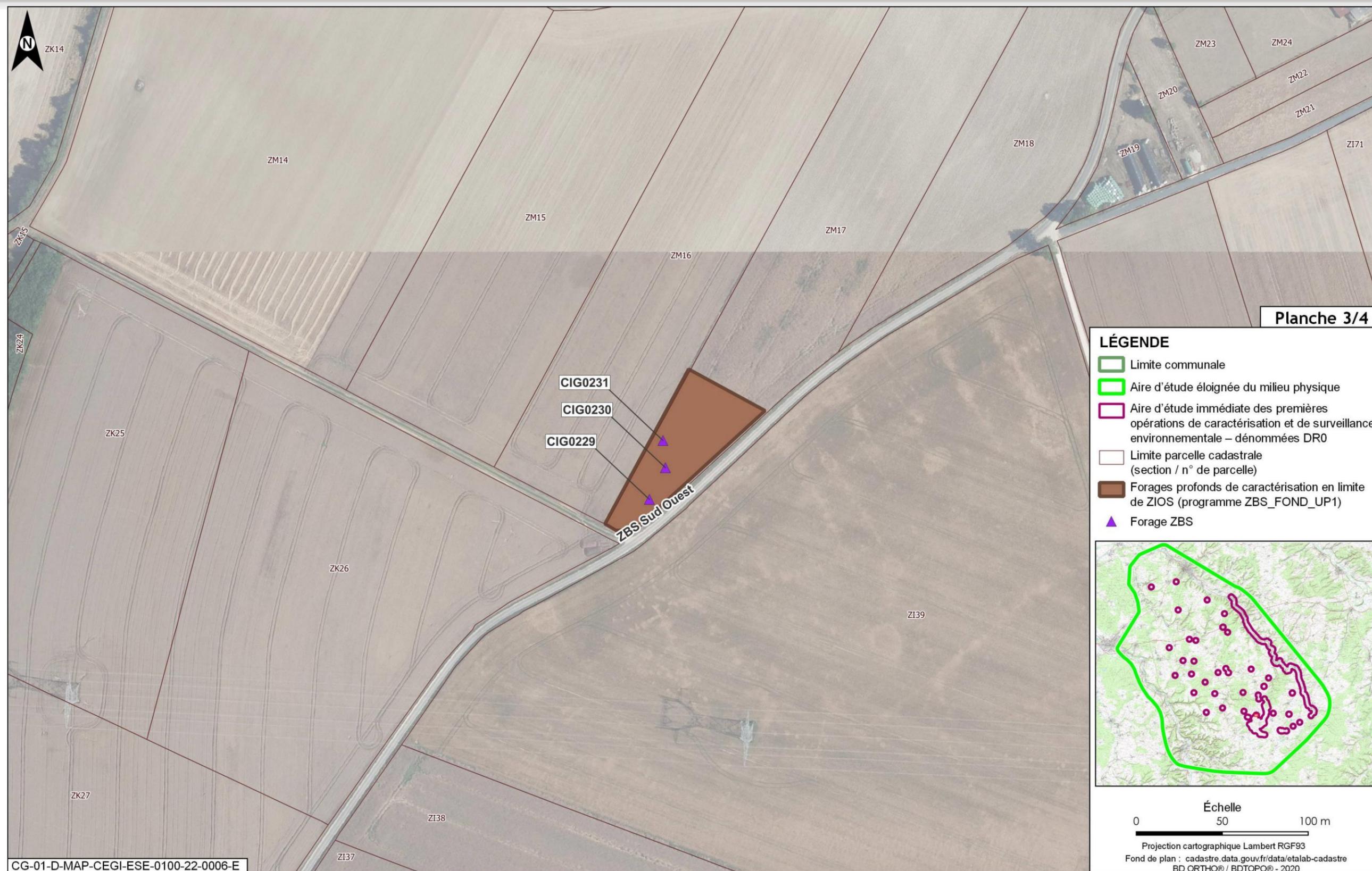


Figure 3-25 Emprise de la plateforme sud-ouest



Figure 3-26 Emprise de la plateforme sud-est

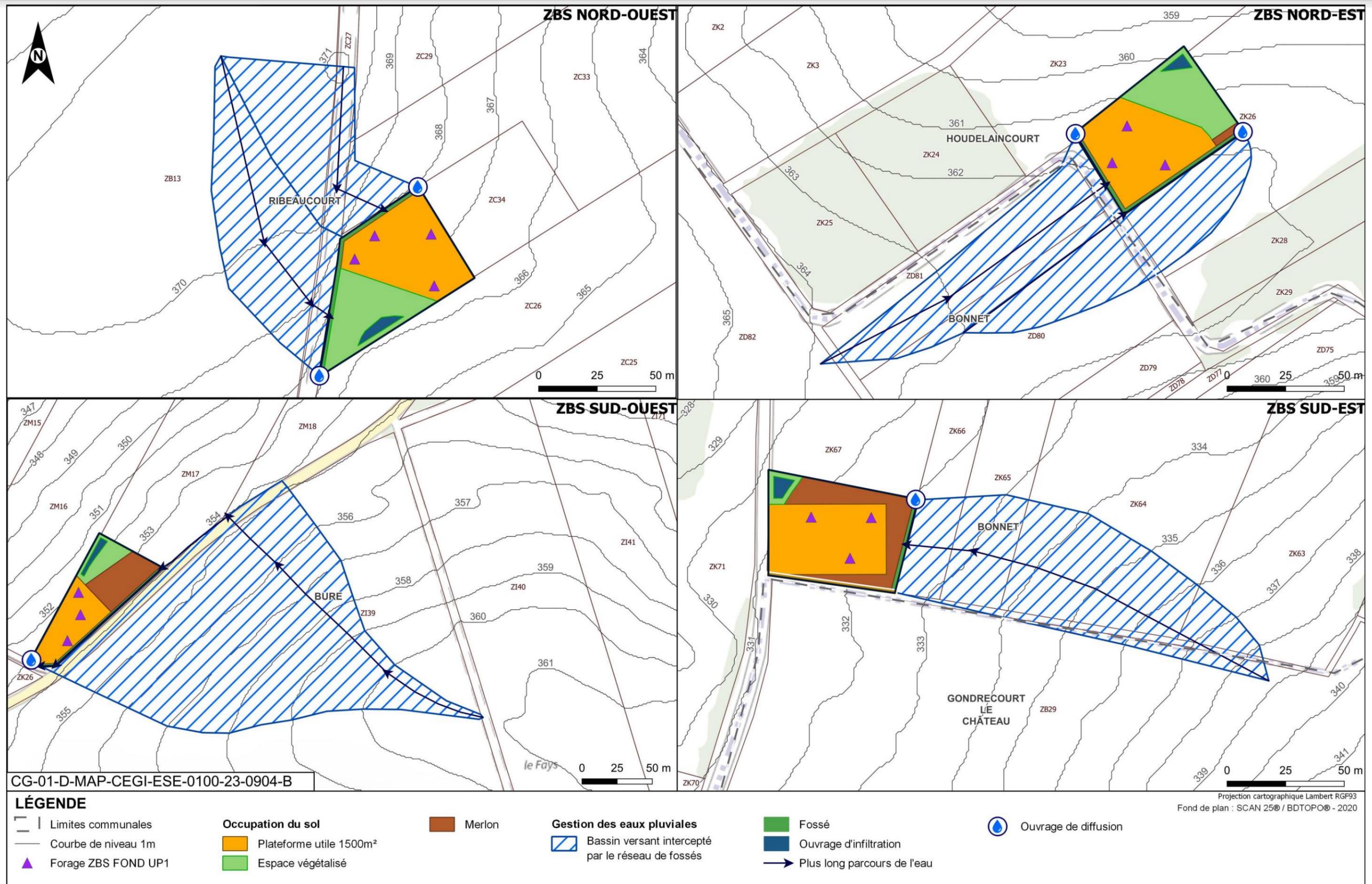


Figure 3-27 Principe de gestion des eaux pluviales sur les plateformes ZBS

Les plateformes seront réalisées selon le déroulement suivant :

- dégagement des emprises et décapage de la terre végétale ;
- terrassement en déblai/remblai éventuel pour obtenir après pose des revêtements une pente inférieure à 2 % s'écoulant vers l'extérieur. Les déblais et la terre végétale seront disposés en merlons tout autour des plateformes ;
- fourniture et mise en œuvre de :
  - ✓ géotextile classe 6 ;
  - ✓ GNT<sup>6</sup> 0/80 sur 0,3 mètre épaisseur minimum, y compris compactage ;
  - ✓ GNT 0/31.5 sur 0,2 mètre épaisseur minimum, y compris compactage.
- sur l'emprise des machines, bacs et pompes recevant de la boue à base d'huile, deux solutions sont envisagées :
  - ✓ soit construction de dalle en béton d'environ 240 m<sup>2</sup> de superficie sur seulement quelques centimètres d'épaisseur, avec caniveaux périphériques pour recueillir les eaux de ruissellement et reprise des égouttures et fuites éventuelles dirigées vers la fosse (cf. Figure 3-29). Le volume des caniveaux et de la fosse doit pouvoir recevoir le volume d'huile en circulation dans les bacs ;
  - ✓ soit mise en place de bâches et pompes de reprise (ainsi que sous les bacs d'entreposage situés loin des caves), le minimum étant une dalle en béton de 3 m x 3 m et d'épaisseur 30 cm pour servir ultérieurement à l'installation des édifices de protection des équipements de mesure.

Les eaux de ruissellement recueillies dans les fossés périphériques seront évacuées en centre de traitement agréé.

Les plateformes sont équipées de fosses (ou caves), au nombre de trois pour les plateformes de Bure, Houdelaincourt et Bonnet et de quatre pour la plateforme de Ribeaucourt. Les spécifications de ces fosses sont les suivantes :

- anneau en béton de 1,5 mètre de diamètre sur une hauteur de 2 mètres, au sein d'une dalle de béton de 2,2 m x 2,2 m ;
- fond de fosse bétonné sur 0,2 mètre d'épaisseur permettant le passage des outils en diamètre 12"1/4, soit environ 31 cm (17"1/2, soit environ 44 cm si le prestataire souhaite un avant trou tubé), et équipé d'un couvercle acier antidérapant posé avant l'arrivée des machines et soudé après leur départ sur le tubage définitif 7'.

Elles sont espacées au minimum de 10 mètres et seront remplies de béton jusqu'au niveau de la plateforme à l'issue des travaux.

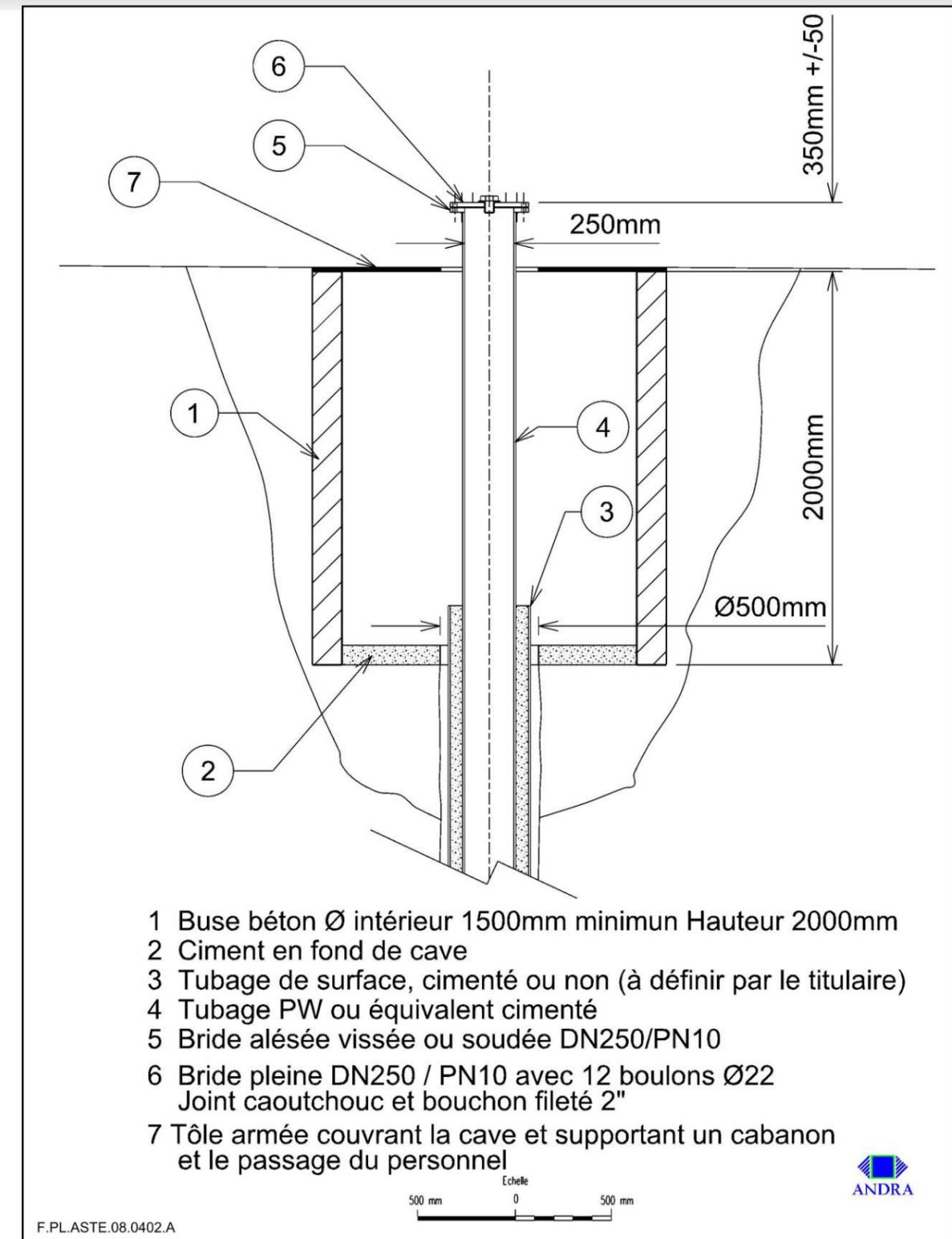


Figure 3-28

Schéma du fond de la fosse

<sup>6</sup> GNT : Grave Non Traitée



Figure 3-29 Photographie de la cave du fond de fosse

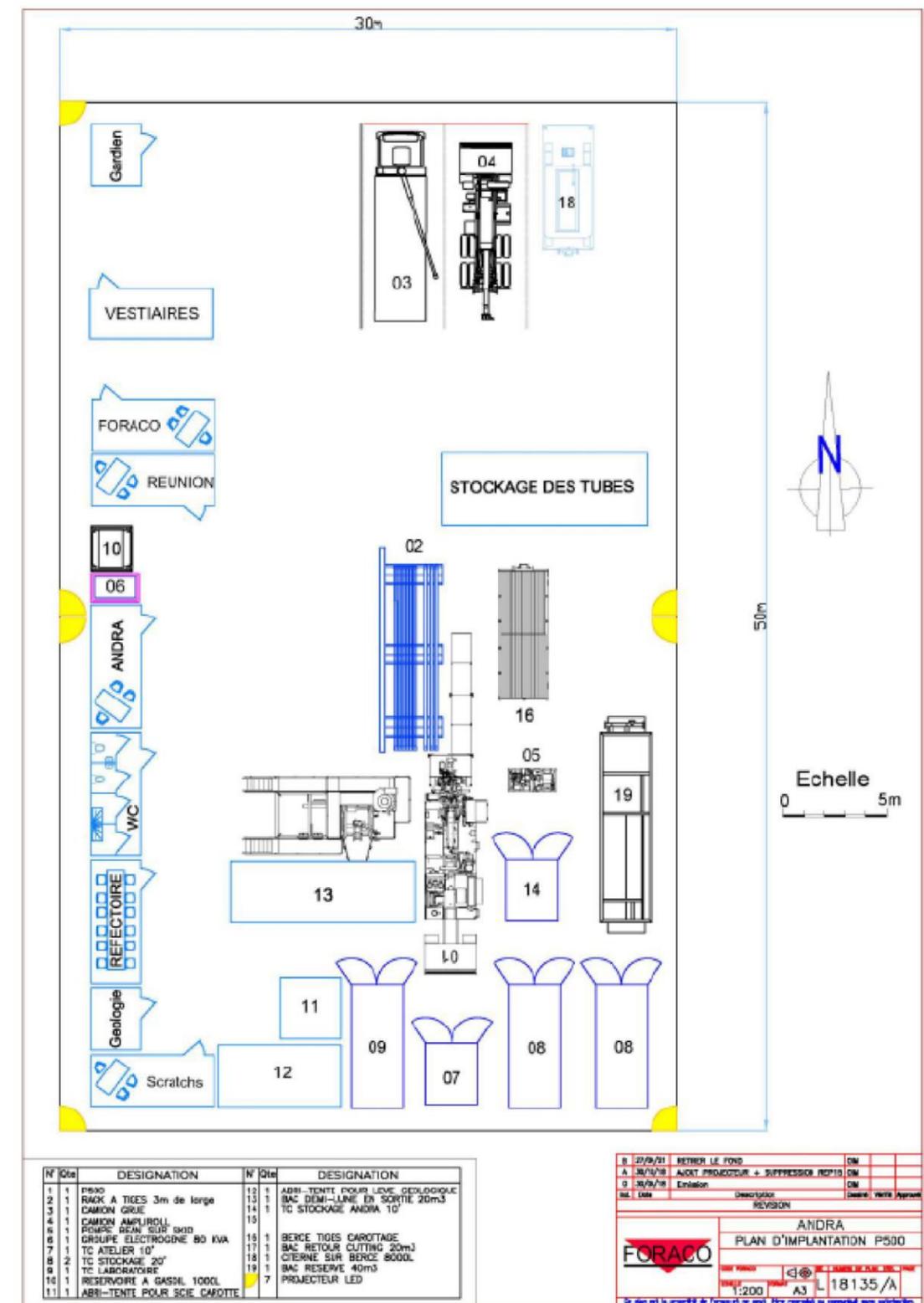
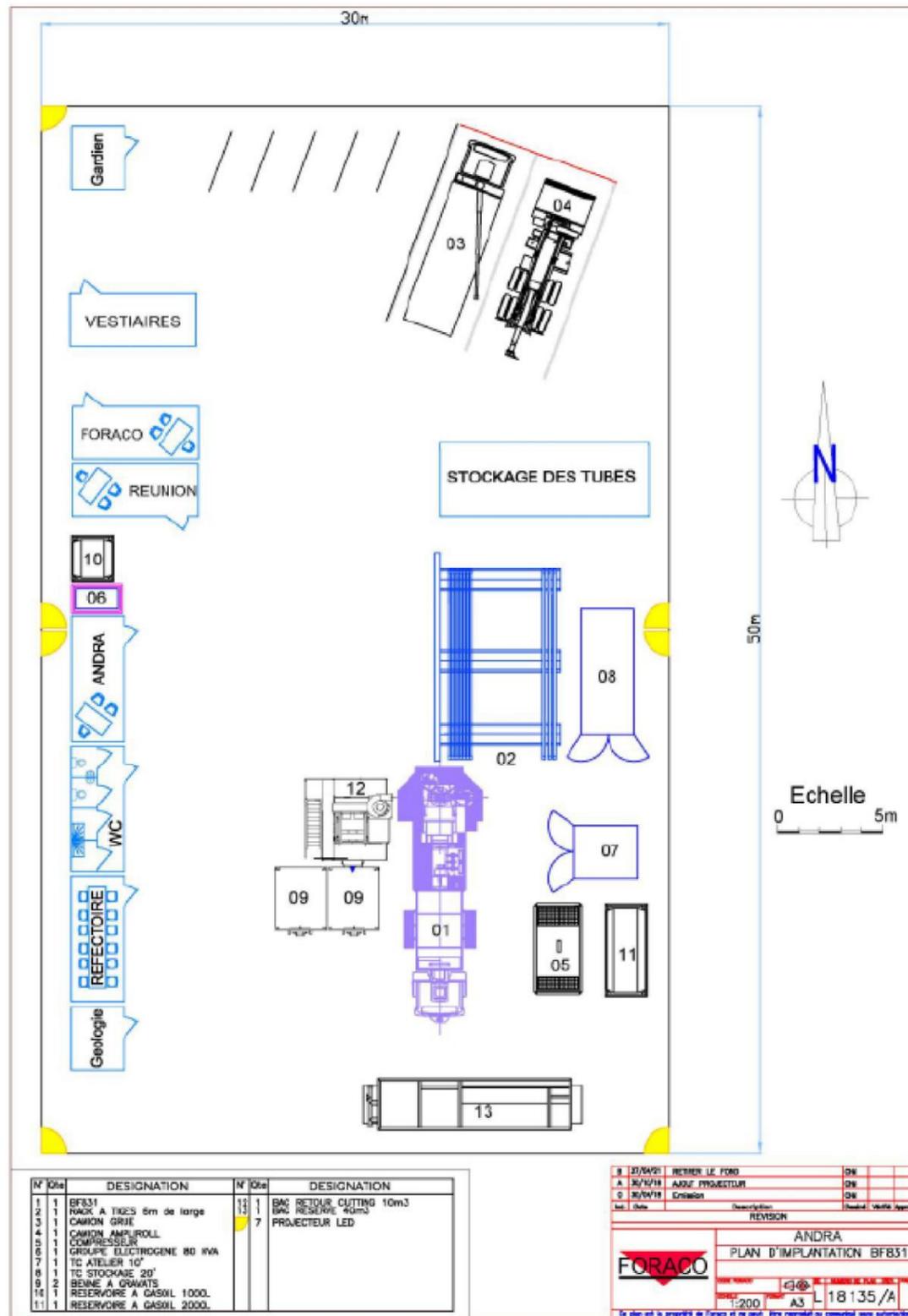
En fin de travaux, les plateformes sont conservées avec leur clôture définitive. Elles seront conservées durant toute la phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo. Elles seront démantelées (retrait des édicules, démolition des dalles béton, retrait de la GNT...) durant la phase de fermeture du centre de stockage Cigéo et les terrains seront remis en état (remise en place des déblais et de la terre végétale...).

Des plans d'implantation « génériques » du chantier de forage et du chantier de carottage, ainsi que du merlon périphérique sur une plateforme de 1 500 m<sup>2</sup> utiles sont présentés respectivement figure 3-30. Ils sont donnés à titre d'exemple sur la base d'une campagne de forages similaire précédente. Les équipements sont déplacés sur la plateforme en fonction de l'implantation des forages à réaliser (10 mètres de distance entre-axes et orientation spécifique à Ribeaucourt pour le carottage non pérenne) de façon à minimiser les transferts et les risques d'accident associés.

En cas de nécessité, l'Andra met à disposition une aire « entreprises » clôturée mais non gardiennée, à proximité du centre technologique du Laboratoire de Meuse et Haute-Marne localisé à Saudron (une solution alternative est en cours d'étude sur un site à Gondrecourt-le-Château). Cette aire permet une alimentation électrique et une alimentation en eau potable :

- électricité : deux coffrets de chantiers étanches avec trois prises de courant 16A+T (terre) notés « coffret prise à installer » ;
- eau : mise en place de deux poteaux équipés d'un robinet d'arrosage classique et tête de chat, à proximité des coffrets de chantier.

Elle pourra être utilisée pour l'entreposage des tubages, la « base vie », le stationnement des véhicules personnels et des engins de chantier, les transferts de boue à base d'huile par exemple.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0041-A

Figure 3-30 Principes d'aménagement de plateforme

### 3.3.2.2.2 Les forages

Après la construction des quatre plateformes, les travaux à réaliser sont les 13 forages. Ils sont réalisés par deux machines en raison des spécificités techniques des forages nécessitant des équipements et des compétences en personnel spécifiques :

- machine de forage : forage au marteau fond de trou de préférence en circulation inverse ou air-lift :
  - ✓ des phases 12"1/4 (environ 31 cm), 8"1/2 (environ 22 cm) et 6"1/4 (environ 16 cm) des quatre forages au Dogger et quatre forages Oxfordien ;
  - ✓ des phases 12"1/4 (environ 31 cm) et 8"1/2 (environ 22 cm) des quatre forages au Callovo-Oxfordien (phase 6"1/4 (environ 16 cm) par machine de carottage).
- machine de carottage :
  - ✓ carottage au câble type minier en boue à base d'eau des phases SQ, PQ et HQ puis abandon par cimentation du forage CIG0101 (Ribeaucourt - Oxfordien - Carotté) à Ribeaucourt ;
  - ✓ carottage au câble de la phase 6"1/4 (environ 16 cm) des quatre forages Callovo-Oxfordien (carottage PQ puis alésage) en boue à base d'huile.

Les phases SQ, PQ et HQ correspondent à des dimensions du carottier. Ces dimensions sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 3-17 Dimensions de carottier

Dimensions	Diamètre externe (mm)
HQ	96
PQ	122,5
SQ	150

Les spécifications techniques générales des forages sont les suivantes :

- les quatre forages équipés au Dogger sont forés en destructif, à l'air et font l'objet de diagraphies de contrôle (lithologie et cimentation de tubage). Le diamètre final est de 6"1/4 (environ 16 cm) ;
- les quatre forages équipés au Callovo-Oxfordien doivent atteindre le Dogger et s'y enfoncer de la profondeur nécessaire à l'acquisition par diagraphie et Profil sismique vertical (PSV) du contact entre les deux formations, soit 10 m à 15 m :
  - ✓ ces quatre forages sont carottés en boue à l'huile dans le Callovo-Oxfordien. Le Kimméridgien et l'Oxfordien carbonaté sont forés en destructif. Il est proposé de stopper la phase destructive 15 mètres avant la position supposée du repère stratigraphique marquant la limite Oxfordien carbonaté/Callovo-Oxfordien ;
  - ✓ ces forages ont un diamètre final de 6"1/4 (environ 16 cm) pour permettre le passage de tous les types d'outils de diagraphies standards pétroliers et la mise en place de l'équipement.
- les quatre forages équipés à l'Oxfordien carbonaté sont forés en destructif, à l'air et font l'objet de diagraphies de contrôle (lithologie et cimentation de tubage). Le diamètre final sera de 6"1/4 (environ 16 cm) ;
- le forage à l'Oxfordien carbonaté CIG0101 (Ribeaucourt - Oxfordien - Carotté) est carotté intégralement au niveau du Kimméridgien et de l'Oxfordien carbonaté en boue à l'eau additionnée de polymères. Il s'enfonce de 80 mètres dans l'USC afin de réaliser des mesures de contraintes naturelles. Il est rebouché à l'issue des mesures.

Pour optimiser la conception des équipements, il a été décidé que tous les forages auront un diamètre foré de 6"1/4.

Le nombre de chambres de mesures (intervalles verticaux de mesures) prévu est de deux dans le Dogger, de dix dans le Callovo-Oxfordien et de cinq dans l'Oxfordien. Ce nombre pourra être ajusté.

L'équipement pour chaque forage est une complétion multi-obturateurs permettant d'isoler des chambres de mesure de pression et de température. Cette complétion comprendra une partie installée à demeure dans le forage (le « dormant ») permettant de délimiter les chambres de mesure et de mettre en place et de retirer, en toute sécurité, les capteurs ou les dispositifs de pompage et/ou de prélèvement.

Ces équipements sont prévus pour rester en fonctionnement, pour le dormant, au minimum une trentaine d'années et potentiellement toute la durée de fonctionnement du centre de stockage Cigéo. En conséquence, le dormant sera en acier Inox. Ces forages pourraient en effet être intégrés au réseau de surveillance générale de l'INB sous réserve de l'acceptation de l'ANS, moyennant des modifications ou adaptations éventuelles.

La boue à base d'eau ne concerne que le forage CIG0101 sur la plate-forme de Ribeaucourt. Le volume maximal sera de 20 m<sup>3</sup> qui seront évacués après cimentation d'abandon de CIG0101. Elle sera composée d'eau et *a minima* de polymères biodégradables à une concentration de 4 L/m<sup>3</sup> d'eau maximum. Si les conditions de carottage à l'eau se dégradent, l'utilisation de produits tels que ceux listés ci-dessous, déjà utilisés pour des forages précédents de l'Andra, sera autorisée :

- soude : 0,5 kg/m<sup>3</sup> ;
- acide citrique : 3 kg/m<sup>3</sup> ;
- bentonite : 20 kg/m<sup>3</sup> à 60 kg/m<sup>3</sup> ;
- viscosifiant CMC (Carboxy Methyl Cellulose) : 1 kg/m<sup>3</sup> ;
- réducteur de filtrat : 3 kg/m<sup>3</sup> à 11 kg/m<sup>3</sup> ;
- dispersant : 2 kg/m<sup>3</sup> à 3 kg/m<sup>3</sup> ;
- contrôleur d'alcalinité : 0,5 kg/m<sup>3</sup> ;
- lubrifiant : 10 kg/m<sup>3</sup> ;
- bio-polymère : 1 kg/m<sup>3</sup> à 2 kg/m<sup>3</sup> ;
- anti-mousse : 1 kg/m<sup>3</sup> ;
- CaCO<sub>3</sub> : 20 kg/m<sup>3</sup> ;
- inhibiteur d'argile : 15 L/m<sup>3</sup> à 20 L/m<sup>3</sup>.

La boue à base d'eau est utilisée en circuit fermé jusqu'à la profondeur finale, sans épandage et avec récupération des égouttures éventuelles dans les rigoles des radiers et dans les bâches sous les équipements. Elle est évacuée en centre de traitement agréé.

À titre d'exemple, la figure 3-31 est un extrait de la fiche de données de sécurité du viscosifiant au nom commercial SC VIS HVC.

**11. INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES**

**Toxicité aigüe**  
 - DL50, Orale (rat) : > 2000 mg/l. Pas de symptômes d'intoxication.  
**Irritation**  
 - Cutanée (lapin) : Non irritant.  
 - Oculaire (lapin) : Faiblement irritant.

---

**12. INFORMATIONS ECOLOGIQUES**

- Toxicité aigüe sur les poissons : *Brachydanio rerio* : CL0 : > 2000 mg/l à 96 h
- Toxicité aigüe sur les poissons : *Brachydanio rerio* : CL100 : > 4000 mg/l à 96 h
- Toxicité aigüe sur les bactéries : CE50 : > 10000 mg/l (Directive CCDE pour les essais de produits chimiques, No 209)
- Bioaccumulation : Log P n octanol/eau < 0 - non lipophile, absence de potentiel de bioaccumulation
- Dégradabilité : 28 jours = 0 % pour 1 g/l
- DCO : 900 mg/g
- DBO5 : 0 mg O<sub>2</sub>/l

Le produit est biodégradable dans des conditions appropriées.

---

Identifiant : AN 200 Page 2 sur 3

CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0039-A

Figure 3-31 Exemple de viscosifiant constituant la boue de forage

Une lettre du fournisseur montre que ce produit est utilisé classiquement pour des forages d'alimentation en eau potable, qu'il n'est pas toxique et est biodégradable.

Clariant SE (France)  
Succursale de Portes-lès-Valence  
Adresse postale :  
Zone Industrielle et Portuaire  
Rue Louis Salliant  
F - 26800 Portes-lès-Valence  
Tel +33 475 57 81 01

**CLARIANT**

BU FUNCTIONAL MINERALS

LAURENT NICOLAS  
Head Sales Civil Engineering EMEA  
Tél +33 (0)4 75 57 81 04  
Portable +33 (0)6 08 72 53 71  
Fax +33 (0)4 75 57 44 89  
laurent.nicolas@clariant.com

Objet: Utilisation SC VIS HVP en forages d'eau potable  
Pièce jointe : FDS SC VIS HVP/GSTP (AquaGS)

Portes lès Valence, 21.05.2014

Notre additif AQUA GS commercialisé depuis plusieurs années sous l'appellation SC VIS HVP /GSTP suite au rachat du groupe SUD CHEMIE est recommandé pour la formulation de fluides de forage mis en œuvre lors de la construction d'ouvrages géotechniques et en particulier de forages d'eau.

Une attention toute particulière a été portée sur le choix de la chimie de ce produit afin de minimiser les effets sur l'environnement considérant le contact avec les aquifères ; le produit retenu est ainsi depuis l'origine un éther de cellulose hautement purifié (>98%) issu de matières premières satisfaisant des exigences élevées en termes de teneurs en métaux lourds notamment.

Les procédés de transformation de cette matière première n'incluent pas d'ajout de substances chimiques dangereuses, catalyseurs en particulier; au contraire, ils assurent l'obtention d'un éther de cellulose performant et fortement purifié comme précédemment souligné. SC VIS HVP/GSTP répond ainsi aux exigences de l'industrie pharmaceutique à la différence d'éthers de cellulose possiblement utilisés dans ce domaine, les carboxy méthyl cellulose de sodium techniques (CMC HVT) qui contiennent des teneurs en « sels » très élevées

La nature chimique du SC VIS HVP/GSTP en fait une substance lentement biodégradable et très peu nocive pour les organismes aquatiques comme rappelé dans la fiche de données de sécurité jointe à ce document.

CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0040-A

Figure 3-32 Lettre du fournisseur du viscosifiant

La boue à base d'huile est utilisée pour carotter et élargir les phases 6"1/4 des quatre forages au Callovo-Oxfordien.

Un maximum de 50 m<sup>3</sup> sera fabriqué pour toute la campagne après une étude de formulation détaillée qui sera à réaliser par l'entreprise de travaux. La boue à l'huile soit minérale à faible toxicité soit dite « synthétique » ne contenant pas d'hydrocarbures. Lors de forages précédents, la boue à base d'huile utilisée était une émulsion dite « inverse 70/30 » (inverse car 70 % d'huile et d'additifs est plus élevé que 30 % de saumure) contenant tout ou partie des produits suivants :

- saumure (eau et CaCl<sub>2</sub> à raison de 300 kg/m<sup>3</sup> d'eau) : 300 L/m<sup>3</sup> de boue ;
- gazole : 660 L/m<sup>3</sup> ;
- viscosifiant : 10 kg/m<sup>3</sup> ;
- chaux : 25 kg/m<sup>3</sup> ;
- émulsifiant : 20 L/m<sup>3</sup> ;
- émulsifiant, agent mouillant et réducteur de filtrat : 10 L/m<sup>3</sup> ;
- réducteur de filtrat : 10 kg/m<sup>3</sup> ;
- alourdissant CaCO<sub>3</sub> : 0 kg/m<sup>3</sup> à 20 kg/m<sup>3</sup> ;
- colmatant : 20 kg/m<sup>3</sup>.

Les boues à base d'huile comportent une phase aqueuse. Elles sont utilisées en circuit fermé jusqu'à la profondeur finale de chacune des quatre phases 6"1/4 du programme, sans épandage et avec récupération des égouttures éventuelles dans les rigoles des radiers et dans les bâches sous les équipements. Les boues, comme les volumes de déblais imprégnés de cette boue, seront évacuées en centre de traitement agréé, la grande majorité du volume utilisé restant dans les quatre forages au Callovo-Oxfordien.

Les volumes de pompage s'élèveront à :

- un pompage longue durée à faible débit dans la formation de l'Oxfordien Carbonaté : 10 m<sup>3</sup>/forage/semaine, soit 40 m<sup>3</sup>/semaine au total, soit environ 2 080 m<sup>3</sup>/an ;
- dans la formation du Dogger au maximum sur le même débit : environ 2 080 m<sup>3</sup>/an.

### 3.3.2.2.3 Les édicules

Chacun des 12 forages pérennes sera surmonté d'un édicule posé sur une dalle béton de 9 m<sup>2</sup> environ de superficie (3 m x 3 m) et de 30 cm d'épaisseur. Des gaines pour passer les câbles d'alimentation électrique et de transmission de données de la limite de propriété vers les caves de puits puis jusqu'aux édicules seront également mises en place.

Les édicules devront :

- assurer la protection de la tête de puits ;
- abriter les coffrets d'arrivée électriques/câble téléphonique/fibre optique ;
- supporter les panneaux solaires en cas de configuration autonome.

À ce stade, il est envisagé des édicules de type conteneur maritime aménagé de 6 m<sup>3</sup> à 9 m<sup>3</sup>.

### 3.3.2.2.4 Durée des travaux

L'ensemble des travaux (terrassements des plateformes, gestion des eaux pluviales, foration des forages et aménagements) durent environ 18 mois.

### 3.3.2.2.5 Remise en état

Pour rappel, le programme ZBS\_FOND\_UP1 s'inscrit sur des terres agricoles. Les plateformes de réalisation des forages (dalles béton accueillant le matériel et les équipements de forage, clôtures...) sont conservées durant toute la phase de fonctionnement du projet global Cigéo. Les engins, équipements et bungalows sont en revanche démobiliés à l'issue des travaux.

Le forage non équipé (celui de l'Oxfordien carbonaté carotté) est rebouché avec un bouchon de ciment sur toute la hauteur du découvert à l'issue des relevés géotechniques.

Les 12 autres forages sont équipés et maintenus durant toute la durée de fonctionnement du projet global Cigéo. Aussi, les édicules mis en place afin de protéger les dormants ainsi que les dalles bétons construites pour les accueillir sont conservés sur la même période.

Ils sont ensuite éventuellement déposés, démolis, et les terrains remis en état lors de la phase de fermeture et de remise en état du projet global Cigéo, en fonction des résultats de l'instruction du dossier de demande de fermeture et de passage en phase de surveillance.

Les équipements des forages sont alors retirés et les forages rebouchés par un bouchon de ciment.

Les dalles bétons d'accueil des équipements et matériels sont également détruites et évacuées durant la phase de fermeture. Les matériaux mis en place sont décapés et évacués dans la filière adaptée. Les terres stockées en merlon autour des plateformes sont remises en place, revégétalisées et les clôtures déposées.

### 3.3.2.2.6 Réalisation des lignes sismique réflexion

La sismique réflexion utilise la réflexion des ondes sur les interfaces entre plusieurs niveaux géologiques

La méthode de sismique réflexion consiste à induire une onde sismique dans le sol puis à enregistrer les ondes qui sont réfléchies par les diverses interfaces entre les horizons se trouvant sous la zone étudiée. La sismique réflexion est généralement utilisée pour des profondeurs de 50 mètres et plus.

Un des objectifs scientifiques majeurs de cette campagne étant de recalibrer le bloc 3D acquis en 2010, il faut d'une part, acquérir des profils sismiques reliant les nouveaux forages au bloc 3D enregistré en 2010, en assurant la couverture nominale au niveau des forages et de la 3D, et d'autre part, procéder à des profils sismiques verticaux (PSV).

Ainsi, quatre profils sismiques de surface par réflexion sont réalisés, dans le cadre du programme ZBS\_FOND\_UP1 (cf. Chapitre 3.3.1 du présent document). D'une longueur de 3 km à 5 km, ces quatre lignes sismiques passent par chacune des plateformes de forages ZPS profonds, au plus près des quatre forages du Callovo-Oxfordien. On disposera ainsi en plus du bloc 3D de sept lignes de calage dont trois ont été réalisées en 2010. Ils permettront de recalibrer les informations de forages avec la sismique 3D de la ZIOS.

Les quatre profils commencent à 1,2 km du forage à l'opposé de la ZIOS et pénètrent d'autant à l'intérieur de la ZIOS, afin d'être en couverture nominale (60 = 6 000 %) au niveau du forage et à l'entrée de la ZIOS.

De plus, la mise en œuvre de PSV (profil sismique vertical) dans les quatre forages au Callovo-Oxfordien permettra d'affiner le calage du bloc sismique 3D acquis sur la ZIOS. Cette technique permet d'obtenir une image sismique de qualité des formations au niveau de chaque forage. L'enregistrement des trajets réels entre la surface et le forage permet de remonter à une loi temps-profondeur de résolution optimale permettant ainsi la conversion en profondeur des profils sismiques 2D et du bloc sismique 3D.

Les PSV se feront en dernier après les diagraphies, en trou tubé cimenté ou en trou nu avec un léger offset pour réduire l'effet « guide d'ondes » du tubage.

Les paramètres d'acquisition et de traitement sont déterminés en fonction de ceux utilisés pour la sismique réflexion de surface de sorte à posséder le même contenu fréquentiel que la sismique 3D. La profondeur du forage doit être suffisante pour que le PSV enregistre bien la transition entre le Dogger calcaire et les argilites du Callovo-Oxfordien.

### 3.3.3 Campagne géotechnique en ZP et LIS

#### 3.3.3.1 Objectifs, caractéristiques et modalités de réalisation de la campagne géotechnique en zone puits (ZP)

Au total, 42 forages sont prévus dans la zone puits (ZP). La localisation de ces forages a été définie dans une logique de moindre incidence environnementale et donc au plus proche des différents chemins blancs quadrillant le bois Lejuc. La campagne a pour objectif de caractériser la zone d'implantation des futurs ouvrages et bâtiments de la zone puits et ainsi composé de différents types de forages.

La campagne en ZP comprend :

- deux quadruplets de piézomètres composés chacun d'un forage de pompage (CIG1032 et CIG1036) et de trois piézomètres d'observation carottés dans l'horizon capté, soit les calcaires sublithographiques, soit les calcaires de Dommartin ;
- trois doublets de deux piézomètres, captant chacun soit les calcaires sublithographiques soit les calcaires de Dommartin et carottés dans l'horizon capté ;
- trois forages pour essais d'eau ;
- six forages carottés dont cinq avec essais dilatométriques ;
- deux quadruplets de forages pour mesures *cross-hole* ;
- onze forages pour essais pressiométriques.

Les forages de caractérisation hydrogéologique (piézomètres et forages pour essais d'eau) servent à mesurer le niveau des eaux souterraines circulant dans les calcaires sublithographiques et dans les calcaires de Dommartin, à faire des prélèvements ponctuels pour analyse chimique et à déterminer la perméabilité des terrains traversés.

Les forages de caractérisation géomécanique (carottages partiels ou intégraux, avec et sans essais dilatométriques, forages pour essais pressiométriques, forages pour mesures *cross-hole*) permettent de déterminer les caractéristiques des terrains traversés :

Les carottages permettent de déterminer la coupe géologique et de prélever des échantillons. Ces échantillons sont envoyés pour analyse et essais en laboratoire. Ces essais permettent de mesurer des paramètres mécaniques et

hydromécaniques ; il s'agit notamment du poids volumique, de la teneur en eau, de la rigidité, de la résistance en compression, de la résistance au cisaillement, de la perméabilité à l'eau ;

Les essais pressiométriques et dilatométriques permettent de déterminer *in situ* la rigidité des terrains par intervalles de profondeur ;

Les mesures géophysiques « *cross-hole* » permettent également d'acquérir des données *in situ* permettant de mesurer les propriétés dynamiques des terrains situés entre les forages.

Les résultats des mesures *in situ* et en laboratoire sont des données d'entrée fondamentales pour la conception des fondations des bâtiments et des ouvrages souterrains en zone puits, en particulier les cinq puits envisagés dans le sud du bois Lejuc qui doivent atteindre les installations souterraines à 500 mètres de profondeur.

En complément de cette campagne, six linéaires de sismiques réfraction seront réalisés. Les objectifs sont de compléter le modèle de terrain en trois couches de vitesses sismiques  $V_p$ , et compléter les phénomènes ponctuels de fracturations et/ou karstifications qui affecteraient le massif rocheux, révélées lors de profils réalisés précédemment en 2016.

La figure 3-33 suivante présente la localisation générale des forages en ZP et les linéaires de sismiques réfraction.

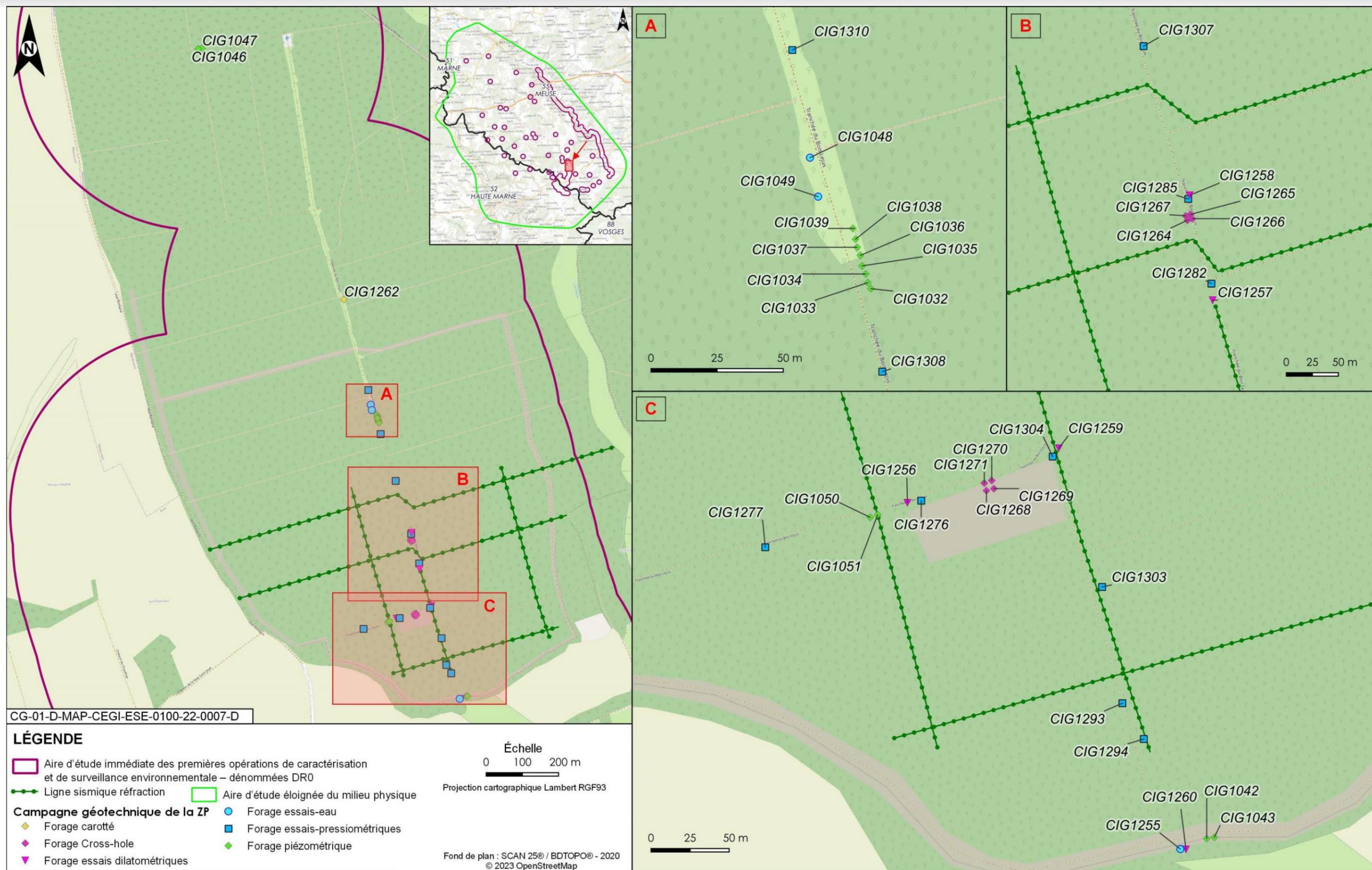


Figure 3-33 Localisation générale des forages en ZP et des lignes sismiques réfraction

### 3.3.3.1.1 Emprises chantier et accès

Les travaux ayant lieu sur les accotements des chemins blancs ou en bordure des chemins d'exploitation du bois Lejuc, l'aménagement de plateforme n'est pas nécessaire. Les chemins ont en effet une portance suffisante pour recevoir tous les équipements. Si les conditions météorologiques ne permettent pas la pose des équipements en condition normale, des platelages pourront être mis en place sur le terrain, pour permettre le roulage des engins sans s'enfoncer. Ils sont retirés après le départ des équipements.

Les emprises nécessaires à la réalisation des ouvrages, le stockage des équipements et matériels et l'évolution des engins ont été évaluées par ouvrage ou groupement d'ouvrage (lorsque que plusieurs ouvrages sont situés à une distance inférieure à 10 mètres les uns des autres) à :

- un ouvrage : 200 m<sup>2</sup> ;
- deux ouvrages : 250 m<sup>2</sup> ;
- quatre ouvrages : 350 m<sup>2</sup>.

### 3.3.3.1.2 Le carottage

Les machines de carottage permettent d'appliquer trois paramètres sur le type d'outil pour creuser : mettre du poids avec des tubes vissés les uns au bout des autres au fur et à mesure de l'avancement, mettre de la rotation pour détruire la roche sur la section de la couronne et circuler un fluide pour nettoyer la couronne, remonter les morceaux de roche détruits et maintenir les parois du trou.

Ce fluide est de l'eau claire, additionnée de polymère biodégradable (viscosifiant) identique au programme ZBS\_FOND\_UP1 (cf. Chapitre 3.3.2.2.2 du présent document, figure 3-31 et figure 3-32). Les carottes sont analysées peu de temps après leur extraction. Certains morceaux sont conditionnés pour être envoyés dans des laboratoires de géotechnique et de géomécanique pour mesurer les paramètres des terrains traversés. En fin de carottage, il est descendu au bout d'un câble électro porteur des sondes telles qu'une caméra, un diamètreur ou un « gamma ray » qui permettent de visualiser les parois et de mesurer le diamètre du trou et la radioactivité naturelle des terrains.



Figure 3-34 Couronne de carottage vissée sur un carottier

Les machines de carottage sont variables en fonction de la profondeur recherchée du forage. Les machines « sondeuses géotechniques » sont de petite taille et montées sur chenilles pour faciliter leur déplacement.

Le carottage se fait avec de la « boue » composée d'eau éventuellement additionnée de viscosifiant. Sa concentration est de maximum 4 kg/m<sup>3</sup> d'eau.

Des mesures dilatométriques sont prévues en fin de phase dans cinq carottages (code Cdi). Elles sont mises en œuvre par des équipements et du personnel spécialisé qui intervient ponctuellement. Les forages concernés auront un diamètre maximal de 150 mm et seront donc forés à boues à base d'eau ajoutée d'un polymère biodégradable (viscosifiant).

La boue à base d'eau est utilisée en circuit fermé jusqu'à la profondeur finale, sans épandage et avec récupération des égouttures éventuelles dans les rigoles des radiers et dans les bâches sous les équipements. Elle est évacuée en centre de traitement agréé.

Les volumes de déblais issus du carottage à base d'eau et uniquement imprégnés de polymères biodégradables sont entreposés sur les terres décapées en limite de plate-forme.

### 3.3.3.1.3 Le forage à l'air

Certains forages et certaines phases de forages sont creusés avec la technique de forage à l'air. Son fonctionnement est très similaire à celui d'un marteau-piqueur utilisé en génie civil.



Figure 3-35 Taillant connecté à un marteau fond de trou pour forage à l'air

La machine de forage à l'air dans ce cas ne peut pas maintenir les parois du trou donc cette technique n'est utilisable que dans des terrains qui se « tiennent » bien, ce qui est le cas dans les calcaires de la ZP.

### 3.3.3.1.4 Les piézomètres

Les piézomètres en ZP sont creusés soit avec la technique du forage à l'air (cas des deux forages de pompage de gros diamètre impossibles à carotter simplement) soit carottés à la boue d'eau claire additionnée de viscosifiant au droit de l'horizon à capter. Ils sont basés sur le schéma d'un forage dans un aquifère de surface pour ceux qui captent les calcaires de Dommartin et sur le schéma d'un forage dans un aquifère sous couverture pour ceux qui captent les calcaires sublithographiques, comme présenté en figure 3-36.

Les forages auront un diamètre maximal de 150 mm hormis les deux forages de gros diamètre pour essais de pompage, qui sera de 12"1/4 (soit environ 310 mm).

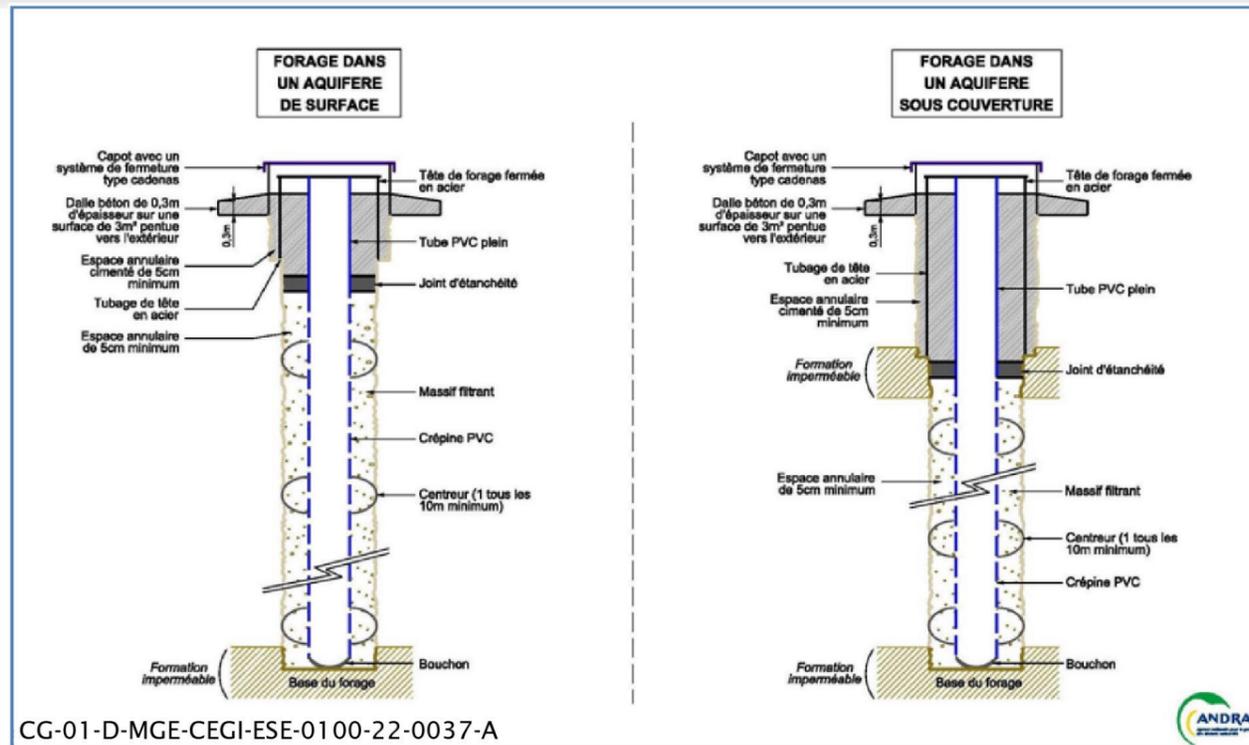


Figure 3-36 Principes de forages équipés de piézomètre

En fin de creusement et après test en pompage, un tubage PVC crépiné est mis en place et l'espace annulaire PVC/terrain et PVC/tubage est rempli avec du gravier et un bouchon d'argile. Si les terrains de surface ne se tiennent pas bien, un tubage en acier supplémentaire peut être mis en place sur quelques mètres de hauteur et cimenté.

Après démobilisation des équipements de forage, une dalle béton est coulée autour du tube en acier dépassant du sol et un fourreau est noyé dans le béton, posé dans une tranchée à 0,5 mètre de profondeur entre deux dalles pour déboucher sur le tube. Toutes font au minimum 2 m x 2,2 m x 0,3 m de hauteur pour les standardiser et respecter l'arrêté préfectoral du 11 septembre 2003 (30) (article 8 : minimum 3 m<sup>2</sup> et 0,3 mètre de hauteur autour de chaque tête). Le fourreau sert à passer le câble de mesures depuis un piézomètre jusqu'à un autre où se situe la centrale d'acquisition.

Un édicule est ensuite fixé sur la dalle. Il peut être de deux types :

- 2 m x 1,5 m x 2 m hauteur pour recevoir la centrale d'acquisition et de transmission et les panneaux solaires d'alimentation électrique (cf. Figure 3-37) ;



Figure 3-37 Édicule de grande dimension

- 0,9 m x 0,9 m x 0,6 m hauteur pour protéger la tête et le câble qui en sort (cf. Figure 3-38)



Figure 3-38 Édicule petite dimension

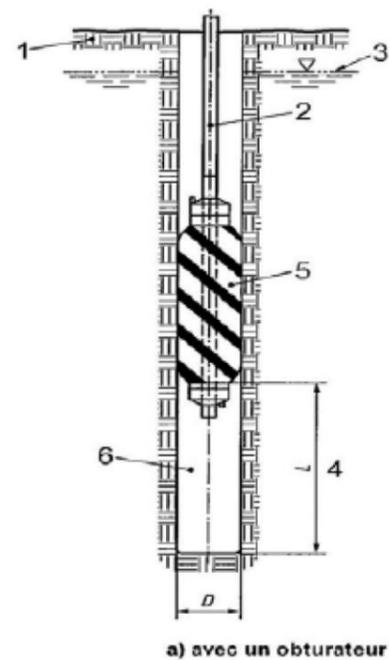
### 3.3.3.1.5 Les forages pour essais d'eau

Les forages pour essai d'eau sont creusés à l'eau, en destructif et en diamètre maximal de 115 mm. Ils sont arrêtés tous les mètres pour un essai d'infiltration d'eau dans la chambre ainsi créée. Un essai d'infiltration est soit un test à niveau d'eau constant, soit à niveau variable, soit un essai de pression. Le choix est fonction du coefficient de perméabilité du terrain et suivant son type, essentiellement argile ou calcaire. L'essai est fait avec un « obturateur » ou « packer », sorte de membrane en caoutchouc gonflée à l'eau pour isoler la chambre de mesure, comme schématisé en figure 3-39.

Les autres éléments du dispositif sont une pompe équipée d'un débitmètre et des capteurs de pression descendus dans le forage.

En fin de forage, il est réalisé un passage dans le trou d'une sonde dite « gamma ray » afin de mesurer la radioactivité naturelle des terrains.

Ces essais permettent de calculer une pression dite Lugeon<sup>7</sup> et une perméabilité de chacune des couches de terrain testées.



- Légende**
- 1 sol
  - 2 tube de mesure
  - 3 toit de la nappe
  - 4 section d'essai
  - 5 obturateur
  - 6 cavité
  - L longueur de la section d'essai
  - D diamètre de la section d'essai

CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0042-A

Figure 3-39 Équipement d'un forage pour essai d'eau

<sup>7</sup> 1 Lugeon = débit de 1 litre par minute injecté dans un tronçon de forage de 1,00 mètre sous une pression de 1 MPa (10 bars), maintenue constante pendant 10 minutes

### 3.3.3.1.6 Les forages pour mesures *cross-hole*

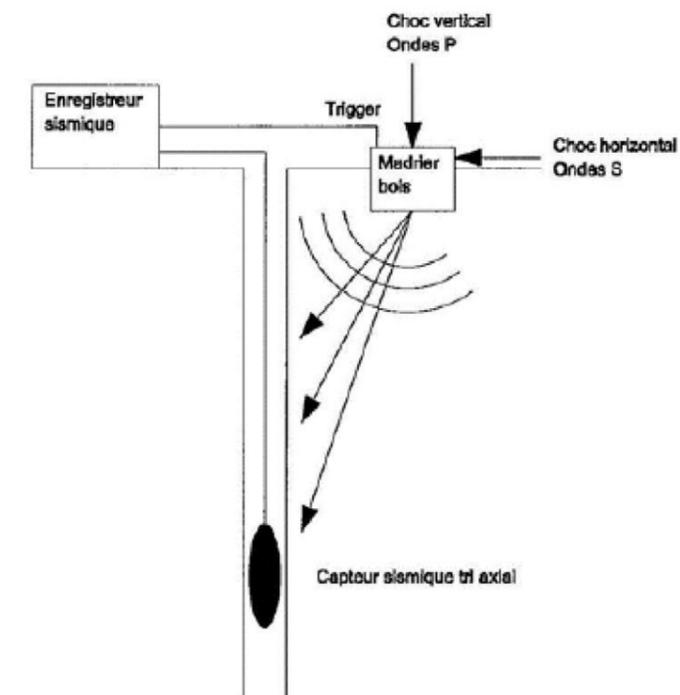
Le principe des mesures *cross-hole* est d'émettre un signal à un niveau déterminé dans un forage et de réceptionner ce signal au même niveau dans plusieurs forages proches. Ce dispositif permet de mesurer les ondes P et S (*Pressure et Shear* pour pression et cisaillement) qui permettent de calculer les paramètres dynamiques des terrains traversés, coefficient de Poisson<sup>8</sup>, module de compression et module de cisaillement. Des mesures « *up-Hole* » sont aussi possibles en positionnant un récepteur en surface.

Le dispositif de mesures *cross-hole* utilisé comporte quatre forages espacés de 5 mètres, forés à l'air et en diamètre 150 mm, équipés d'un PVC 80 x 90 mm cimenté au terrain.

Après prise du ciment, sont ensuite descendus des sondes magnétométriques pour avoir la trajectoire exacte des forages, des sondes d'émission d'ondes et des capteurs géophones triaxiaux.

Le dispositif est complété par un enregistreur sismique qui fait l'acquisition des ondes de cisaillement et des ondes de compression au fur et à mesure que les capteurs et sondes sont activés selon un pas de 1 m à 2 m.

Des mesures « *down-Hole* », qui sont une variante des mesures *cross-hole* en positionnant la source de bruit en surface, sont envisagées comme indiqué en figure 3-40.



Down Hole | Schéma de principe de l'essai  
CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0043-A

Figure 3-40 Schéma de principe d'un essai *cross-hole*

Ces forages d'un diamètre maximal de 150 mm sont forés à l'air en destructif.

<sup>8</sup> Le coefficient de Poisson permet de caractériser la contraction de la matière perpendiculairement à la direction de l'effort appliqué.

### 3.3.3.1.7 Les forages pour essais pressiométriques

Des mesures pressiométriques dites Ménard sont mises en œuvre, normalisées et adaptées aux sols naturels et aux remblais, ainsi que dans les sols indurés, voir dans la roche.

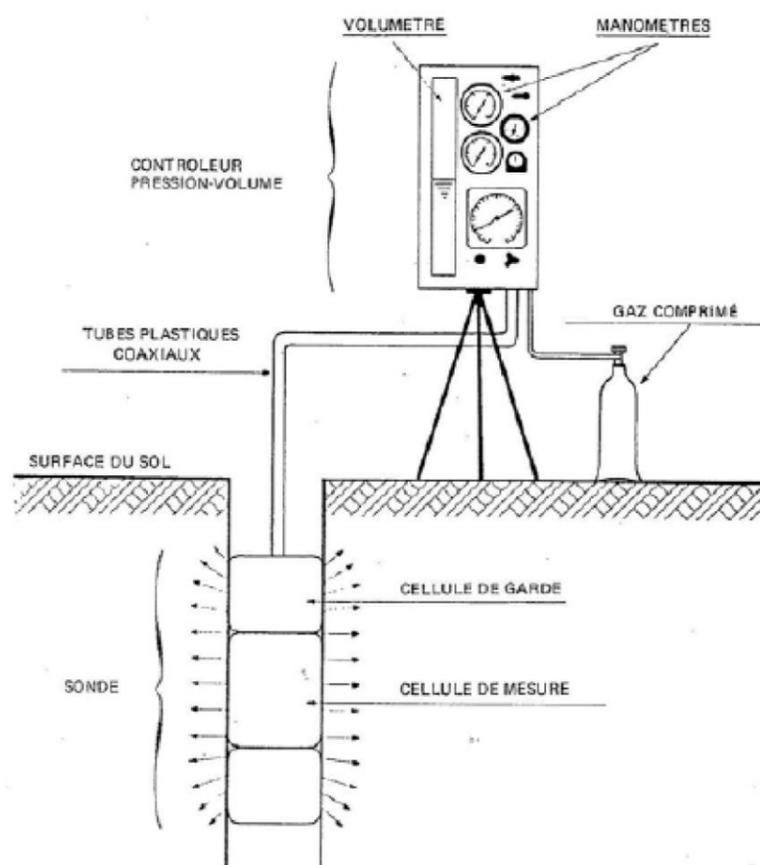
Les forages sont creusés à l'eau claire éventuellement additionnée de polymère biodégradable (viscosifiant), en diamètre 64 mm à 70 mm. Ils sont arrêtés tous les mètres environ pour réaliser un essai pressiométrique.

Cet essai consiste à descendre dans la chambre de 1 mètre de hauteur une sonde cylindrique tricellulaire dilatable radialement.

L'essai pressiométrique permet de mesurer et enregistrer les pressions appliquées par la sonde et les variations de volume de cette dernière afin de déterminer la relation entre la pression appliquée et l'expansion de la sonde.

Trois caractéristiques de chaque couche de sol sont ensuite calculées :

- ✓ le module pressiométrique  $E_M$  qui définit le comportement pseudo-élastique du sol ;
- ✓ la pression limite  $p_l$  qui caractérise la résistance de rupture du sol ;
- ✓ la pression de fluage  $p_f$  qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0044-A

Figure 3-41 Schéma de principe d'un essai pressiométrique



Figure 3-42 Photographie d'un sondage pour essai pressiométrique (Source : Egis, projet Pau-Canfranc)

### 3.3.3.1.8 Les diagraphies

En fin de forage ou de phase de forage ou en différé, des outils sont descendus qui permettent de mesurer des paramètres tels que la radioactivité naturelle des terrains traversés (diagraphie dite « gamma-ray), le diamètre du trou, l'orientation et la taille des fissures et de passer une caméra optique.

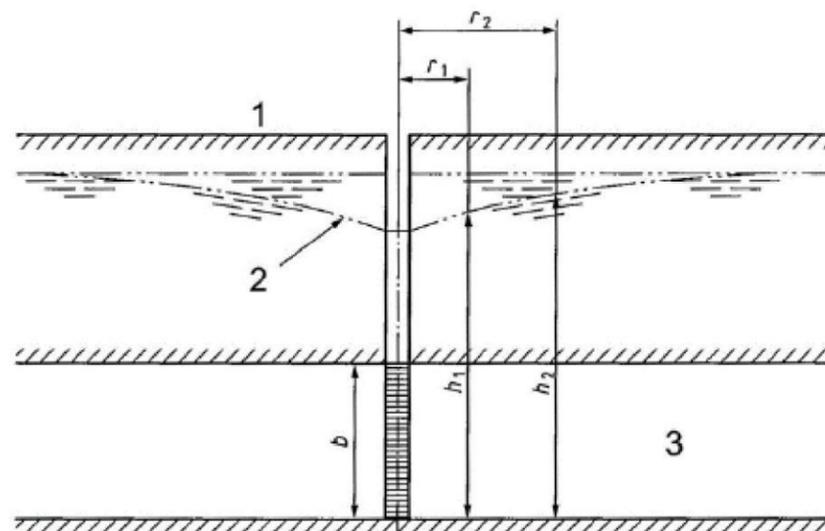
### 3.3.3.1.9 Les volumes de pompage

Des tests en pompage sont réalisés à l'aide des équipements spécifiques. Pour rappel, les deux forages réalisés pour ces tests en pompages auront un diamètre de 12"1/4 (310 mm) et seront forés à l'air uniquement.

Dans un premier temps, le forage de pompage est nettoyé par pompage jusqu'à obtenir une eau exempte de particules. En cours de forage ou pendant la phase exploitation, des tests en pompage sont réalisés comme schématisé sur la figure 3-43. Les eaux prélevées sont rejetées à une distance suffisante pour ne pas perturber l'essai de pompage. Les eaux pompées n'ayant pas subi de modification, sont rejetées en limite d'emprises travaux pour infiltration dans le sol, après un traitement de filtration type filtre à paille.

Les volumes pompés sont très largement inférieurs à 1 680 m<sup>3</sup>/an.

Le test schématisé consiste à descendre une pompe dans le trou qui va permettre de baisser le niveau statique [1] à un niveau d'eau à l'équilibre [2]. La vitesse de rabattement du niveau d'eau et sa vitesse de remontée à l'arrêt de la pompe permettent de déterminer des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère [3] tel que le coefficient de perméabilité. Des sondes telles qu'un micromoulinet ou un « gamma ray » ou des sondes géochimiques peuvent être aussi utilisés pour mieux caractériser ponctuellement l'horizon aquifère.



#### Légende

- 1 niveau d'eau statique
- 2 niveau d'eau à l'équilibre
- 3 formation aquifère captive

CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0045-A

Figure 3-43 Schéma de principe d'un test en pompage

### 3.3.3.1.10 Durée des travaux

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

### 3.3.3.1.11 Remise en état

Pour rappel, la campagne géotechnique en ZP s'inscrit en milieu boisé mais les forages et emprises travaux sont situées aux abords des chemins blancs, leur réalisation ne nécessitant aucun abattage d'arbre. Il n'est pas prévu d'aménagement de plateforme pour la réalisation de ces forages.

Les forages équipés de piézomètre sont conservés et protégés par une margelle en béton surmontée d'un édicule jusqu'à la phase de fermeture et de remise en état du projet global Cigéo (sauf si leur retrait s'avère nécessaire pour des travaux ultérieurs). Les édicules sont alors déposés, les dalles démolies, évacuées et les terrains remis en état. Les équipements des forages sont retirés et les forages rebouchés.

Tous les autres forages sont rebouchés par cimentation.

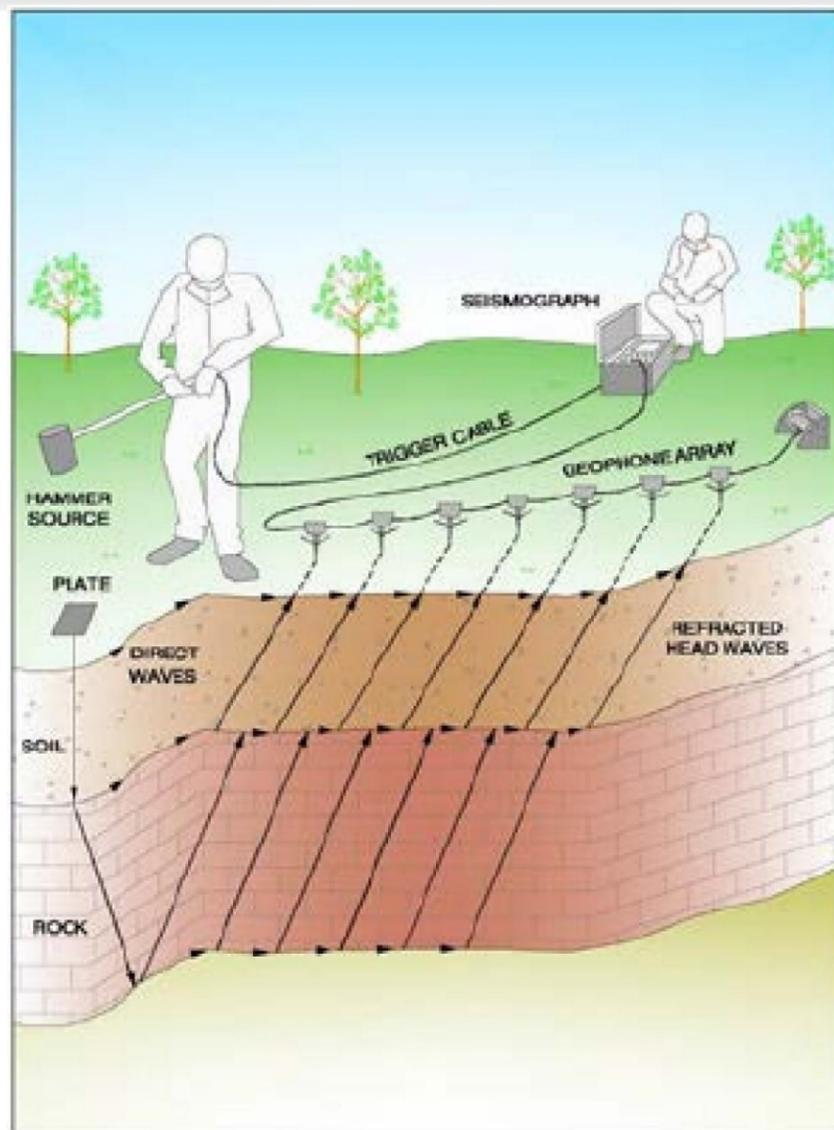
### 3.3.3.1.12 Les lignes sismiques réfraction

En complément des forages précédemment décrits, une campagne d'étude de sismique réfraction est conduite en zone puits. La méthode de la sismique réfraction permet d'étudier la répartition dans le sol de la grandeur physique vitesse sismique des ondes réfractées.

On détermine, à partir de la mesure des temps de propagation des ondes P sismiques, la vitesse et l'épaisseur des différentes couches du sous-sol. La profondeur d'investigation dépend de la géométrie du dispositif de mesure et des vitesses sismiques en présence.

En pratique, on dispose sur le sol une ligne (flûte sismique) de capteurs sismiques (géophones) régulièrement espacés suivant un profil rectiligne. On produit un choc en différents points qui se propage dans le sol sous forme d'ondes et qui est enregistré par les différents capteurs.

Les temps de propagation, mesurés aux différents géophones, sont enregistrés avec un enregistreur sismique synchronisé avec la source sismique. Ces données sont reportées sur un graphique temps/distance (hodochrone) à partir duquel on détermine la vitesse et l'épaisseur des différentes couches atteintes par le train d'onde.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0050-A

Figure 3-44 Principe d'acquisition sismique réfraction

Six linéaires seront prospectés au sud du bois Lejuc au niveau des chemins blancs existants et layons forestiers, dans le massif forestier sur la commune de Mandres-en-Barrois.

Cette opération pourra nécessiter un débroussaillage léger sur 50 cm de part et d'autre de chaque ligne pour la mise en sécurité du personnel à pied.

### 3.3.3.2 Objectifs, caractéristiques techniques et modalités de réalisation en liaison intersites (LIS)

Les ouvrages concernés par les reconnaissances, sont :

- la réalisation de la liaison intersites routières comprenant des déblais/remblais ;
- la réalisation de trois ouvrages d'art sur le tracé.

La campagne géotechnique a pour objectif de caractériser la zone d'implantation de cet ouvrage. Cette campagne comprend 37 forages géotechniques (dont 13 équipés de piézomètres) compris entre 15 m et 77 m de profondeur et 27 sondages à la pelle mécanique, qui se décompose ainsi :

- 8 forages carottés ;
- 13 forages carottés équipés en piézomètre ;
- 16 forages pour essais pressiométriques ;
- 27 sondages à la pelle mécanique avec prélèvements d'échantillons et réalisation d'essais d'infiltration Matsuo.

La figure 3-45 suivante présente la localisation générale des forages en LIS.

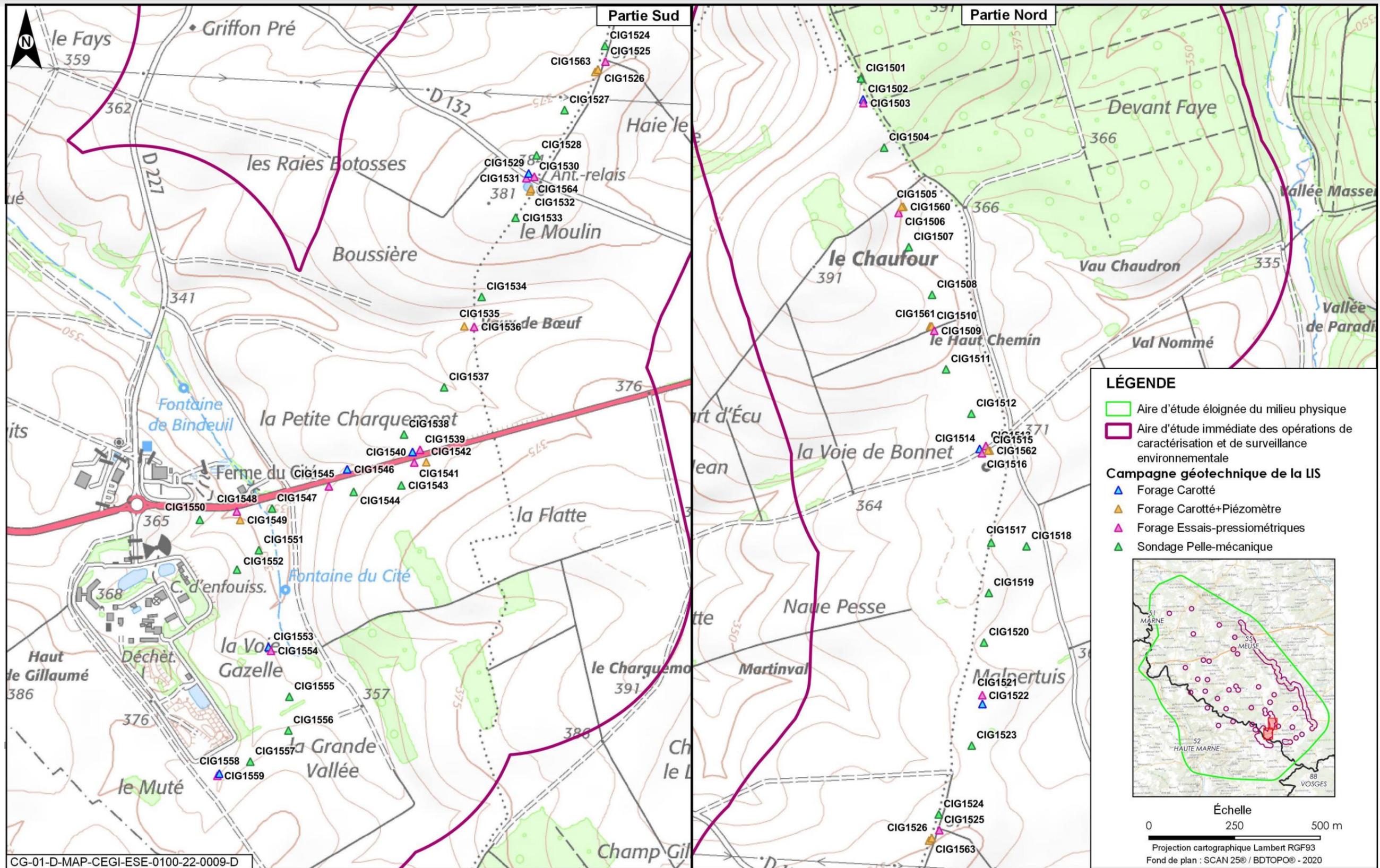


Figure 3-45 Localisation de la campagne géotechnique de la LIS

### 3.3.3.3 Principes généraux

Concernant les reconnaissances des sols de fondations des ouvrages d'art courants à deux et trois travées, les sondages et essais suivants sont prévus :

- un sondage pressiométrique (avec essais tous les mètres et enregistrements des paramètres de forage) et un sondage carotté au droit de chaque appui afin de définir la coupe de sol et les caractéristiques mécaniques des terrains pour le dimensionnement des fondations ;
- pour les ouvrages situés en remblais (zones compressibles), un sondage carotté équipé de piézomètres est réalisé en dehors de l'emprise des travaux afin de les conserver durant la période du chantier.

Chaque appui d'ouvrage d'art est reconnu par un sondage pressiométrique et un sondage carotté. Les profondeurs des sondages sont définies conformément à l'annexe B de la partie 2 de l'Eurocode 7 (31). Pour les ouvrages fondés sur semelles, à ce stade, le mode de fondation envisagé est de type superficiel.

Certains sondages carottés ou destructifs sont équipés de piézomètres.

Concernant les déblais, l'objectif des reconnaissances est principalement de définir une coupe précise des terrains afin de vérifier la stabilité des pentes et de compléter les classifications d'arase.

La reconnaissance des déblais meubles est basée sur les sondages et essais suivants (déblais de profondeur supérieure à 6-8 m) :

- sondages carottés avec prélèvement d'échantillons intacts pour essais de laboratoire (étude de stabilité) ;
- pose d'équipement piézométrique dans les sondages carottés préférentiellement afin de caractériser le déblai (déblai humide/déblai sec) ;
- essais de laboratoire avec essais d'identifications GTR, teneurs en carbonates, résistance mécanique (essais triaxiaux), essais de portance, essais de gonflement, essais de fragmentabilité et dégradabilité des calcaires ;
- réalisation de sondages à la pelle profonds (pelle long bras ou benne preneuse) descendus à un mètre sous l'arase. Le sondage, la coupe de sol, le prélèvement des échantillons et les essais en laboratoire de ces sondages sont réalisés ;
- pose de piézomètre ;
- essais de perméabilité au niveau de l'arase terrassement (essais Lefranc si présence de nappe, sinon essais d'infiltration) ;
- teneurs en eau tous les mètres.

Les profondeurs des sondages sont définies conformément à l'annexe B de la partie 2 de l'Eurocode 7, soit :

Profondeur du sondage sous arase terrassement =  $0.4 * h$  (avec  $h$  la profondeur du déblai) avec un minimum de 5 mètres sous l'arase terrassement.

La reconnaissance de l'assise des remblais est basée sur les sondages et essais suivants :

- sondages carottés avec prélèvements d'échantillons intacts dans les secteurs à risque de tassement (utilisation des sondages réalisés au droit des ouvrages d'art) ;
- sondages pressiométriques (avec essais tous les mètres et enregistrements des paramètres de forage) afin de définir la coupe de sol et les caractéristiques mécaniques des terrains pour la vérification de la portance des sols support des remblais ;
- sondages à la pelle mécanique forte puissance avec prélèvements d'échantillons remaniés ;
- essais d'identification pour classification GTR ;
- essais de portance.

Les profondeurs des sondages sont définies selon les principes suivants :

- traverser la totalité des couches potentiellement compressibles ;
- descendre 1 mètre minimum dans le substratum non compressible.

Afin de conserver les piézomètres pendant la durée du chantier, ils sont installés dans la mesure du possible dans des sondages destructifs réalisés en dehors des emprises de la LIS.

#### 3.3.3.3.1 Emprises chantier, accès, machines utilisées et fluides de foration

Comme pour la campagne géotechnique en ZP, il n'est pas prévu la réalisation de plateforme et, exception faite des sondages à la pelle mécanique, les emprises nécessaires à la réalisation des ouvrages, le stockage des équipements et matériels et l'évolution des engins ont été évalués par ouvrage ou groupement d'ouvrage (lorsque plusieurs ouvrages sont situés à une distance inférieure à 10 mètres les uns des autres) à :

- un ouvrage : 200 m<sup>2</sup> ;
- deux ouvrages : 250 m<sup>2</sup> ;

Concernant les sondages à la pelle mécaniques, il est considéré une emprise au sol, incluant le sondage, le stockage des terres et l'évolution de l'engin de chantier, de 50 m<sup>2</sup> par sondage.

Les forations sont réalisées de manière à éviter tout éboulement et permettre la réalisation de toutes les mesures et équipements prévus. Le maintien de la paroi pourra être réalisé selon la nature des terrains traversés :

- par tubage provisoire ;
- par fluide de forage (boue à base d'eau additionnée d'un polymère biodégradable ou eau claire).

L'utilisation d'une boue bentonitique est proscrite pour les essais d'eau ainsi que pour le prélèvement d'échantillons intacts. Les sondages réalisés dans le périmètre de captages d'eau potable seront réalisés à l'eau claire ou à l'air.

Les eaux pompées, n'ayant pas subi de modification, sont rejetées en limite d'emprises travaux pour infiltration dans le sol, après un traitement de filtration type filtre à paille.

#### 3.3.3.3.2 Reconnaissance géologique à la pelle mécanique

Le matériel utilisé, pelle mécanique montée sur pneus ou sur chenille, doit permettre de descendre à une profondeur de cinq mètres maximum à moins d'un refus par rencontre du toit du rocher. Le matériel est à adapter aux conditions d'accès aux différents points de reconnaissance afin de minimiser les dégâts.

La terre végétale décapée est stockée à part.

Des prélèvements d'échantillons sont réalisés tous les mètres et à chaque changement de faciès afin d'établir le profil hydrique de la fouille. Des prélèvements plus importants sont réalisés pour les autres essais de laboratoire (identification GTR, IPI, Proctor, traitement...). Chaque échantillon est étiqueté de façon indélébile avec la référence du chantier, le numéro de sondage, la profondeur de l'échantillon, la date de prélèvement.

À titre indicatif, est retenu l'échantillonnage suivant :

- un sac de 10 kg à 15 kg dans les sols argileux, sableux et limoneux ;
- un sac de 40 kg à 50 kg dans les formations de blocs à matrice argileuse.

Les puits à la pelle sont obligatoirement rebouchés une fois terminés et le terrain naturel remis en état.

#### 3.3.3.3.3 Sondages carottés

Les sondages carottés ont pour but de dresser la coupe lithologique du site et de prélever des échantillons intacts des différentes couches de sols identifiées. Ils auront un diamètre maximal de 150 mm et seront forés à la boue à base d'eau ajoutée d'un polymère biodégradable (ou eau claire uniquement si le forage est au sein d'un périmètre de protection de captage AEP) comme pour les programmes précédemment présentés (programme ZBS\_FOND\_UP1 et campagne géotechnique en ZP). Le carottage doit être continu sur toute la hauteur quelle que soit la nature du sol traversé. La méthode de carottage (fonçage, battage, rotatif, tubage provisoire, couronne diamant...) est choisie de façon à préserver les qualités de l'aquifère et permettre des essais d'aquifère.

Le matériel utilisé est à adapter aux conditions d'accès aux différents points de reconnaissance.

Le diamètre des carottes est supérieur ou égal à 85 mm, quel que soit le nombre de télescopes nécessaires à la réalisation du forage.

La récupération moyenne par sondage ne peut pas être inférieure à 90 %. Dans le massif rocheux, le pourcentage de récupération est au moins de 95 %. En cas de passage dans des zones de matériaux fins argileux ou sans cohésion, le pourcentage de récupération au niveau de ces zones est au moins de 85 % par passe de carottier.

Les sondages non équipés en piézomètre sont obligatoirement rebouchés une fois terminés, sur toute leur hauteur.



Figure 3-46 Photographie d'un sondage carotté (Source : Egis, projet Pau-Canfranc)

### 3.3.3.4 Sondages destructifs

Les sondages destructifs permettent de réaliser des essais *in situ* (essais pressiométriques, essais d'eau) et/ou de mettre en place des équipements particuliers (piézomètres...). Ils seront réalisés à l'air et/ou à la boue à base d'eau ajoutée d'un polymère biodégradable (eau claire uniquement au sein des périmètres de protection de captage AEP) et auront un diamètre maximal de 12"1/4 (310 mm).

Les sondages destructifs pour essais pressiométriques, sont réalisés conformément aux règles de l'art. Le mode de foration est à adapter aux terrains rencontrés afin de garantir la bonne qualité des essais pressiométriques. Les « *cuttings*<sup>9</sup> » sont échantillonnés pour la description des formations traversées et l'établissement de la coupe géologique, à raison d'un prélèvement par passe de 1 mètre et à chaque changement de faciès, dans des sacs en plastique avec étiquette.

Les paramètres de forage sont enregistrés.

Une fois terminés, les sondages destructifs non équipés en piézomètre sont obligatoirement rebouchés, sur toute leur hauteur.

### 3.3.3.5 Essais pressiométriques

Les essais pressiométriques permettent d'apprécier la compacité des sols en place selon un pas de mesure défini (généralement un mètre).

L'espacement entre essais est d'un mètre. Le type de sonde est à adapter aux terrains rencontrés. Les essais sont systématiquement enregistrés avec un dispositif d'enregistrement automatique.

La pression d'essai est poussée jusqu'à rupture du sol ou jusqu'à la une pression de 5 MPa (essais standards) ou de 8 MPa (essais haute pression). Les essais sont poussés à haute pression en présence de rocher sain et uniquement au droit des ouvrages d'arts.

### 3.3.3.6 Piézomètres et volumes de pompage

Certains sondages carottés ou destructifs sont équipés en piézomètres afin de suivre les fluctuations des nappes aquifères mises en évidence. Les forages concernés auront un diamètre maximal de 150 mm.

Un tube piézométrique en PVC crépiné, de 50 mm jusqu'à 72 mm de diamètre intérieur, est mis en place dans les forages (les forages d'environ 100 mm de diamètre peuvent utiliser par exemple un PVC 52/60 mm, les forages inférieurs à 100 mm de diamètre doivent être réalisés, *i.e.* Reforés). Dans tous les cas, le diamètre interne du tube piézométrique est à adapter au diamètre d'échantillonneur pour prélèvement d'eau souterraine (en principe Ø externe du bailler de prélèvement d'eau de l'ordre de 41 mm). La partie crépinée pourra régner sur tout ou partie de la longueur du tube (piézomètre sélectif).

La partie crépinée de chaque piézomètre doit être gravillonnée avec des matériaux siliceux drainants (gravillons ou sables grossiers propres de fourniture extérieure), sur tout le pourtour entre la paroi du forage et la crépine et sur une épaisseur d'au moins 20 mm.

Deux bouchons, de pied et de tête, sont réalisés sur chaque piézomètre en matériaux d'apport (peltonite, bentonite, sobranite ou similaire).

La partie supérieure est protégée par un tube métallique scellé au sol et coiffé d'un couvercle muni d'un cadenas d'artillerie, immédiatement après la fin du sondage. Selon les cas, le tube métallique peut dépasser le niveau du sol d'une hauteur allant de 0,60 m jusqu'à 1,2 m.

Les volumes pompés sont de 1 560 m<sup>3</sup>.

Ils seront équipés d'une dalle béton de dimensions 2,2 m x 2 m x 0,3 m et surmontés d'un édifice et seront conservés durant toute la phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo, sauf si leur comblement (retrait des équipements, rebouchage, démolition dalle béton) est nécessaire pour les besoins de la construction de la liaison intersites (LIS).

<sup>9</sup> *Cuttings* : déblais de forage

#### 3.3.3.3.7 **Durée des travaux**

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

#### 3.3.3.3.8 **Remise en état**

Pour rappel, la campagne géotechnique en LIS est principalement située sur des terres agricoles. Il n'est pas prévu l'aménagement de plateformes pour la réalisation de ces forages et sondages. Les terrains impactés par la circulation des engins sont remis en état si nécessaire.

Comme pour la campagne géotechnique en ZP, les forages équipés en piézomètre sont conservés et protégés par une margelle en béton surmontée d'un édicule jusqu'à la phase de fermeture et de remise en état du projet global Cigéo (sauf si leur retrait s'avère nécessaire pour des travaux ultérieurs). Les édicules sont alors déposés, les margelles démolies et les terrains remis en état. Les équipements des forages sont retirés et les forages rebouchés.

Tous les autres forages sont rebouchés par cimentation.

Les terrains sont remis en état, et les équipements et dalles sont retirés à l'issue des travaux.

### 3.3.4 **Piézomètres de l'ITE**

#### 3.3.4.1 **Objectifs des piézomètres complémentaires**

Cette campagne comprend quatre forages équipés de piézomètres implantés à 30 mètres de profondeur maximum (arrêt au premier aquifère rencontré) et elle a pour objectif de caractériser la zone d'implantation de cet ouvrage. Cette campagne vient compléter la campagne déjà réalisée en 2019.

#### 3.3.4.2 **Campagne géotechnique et piézomètres complémentaires sur l'ITE**

La figure 3-47 en page suivante présente la localisation générale des piézomètres de l'ITE.

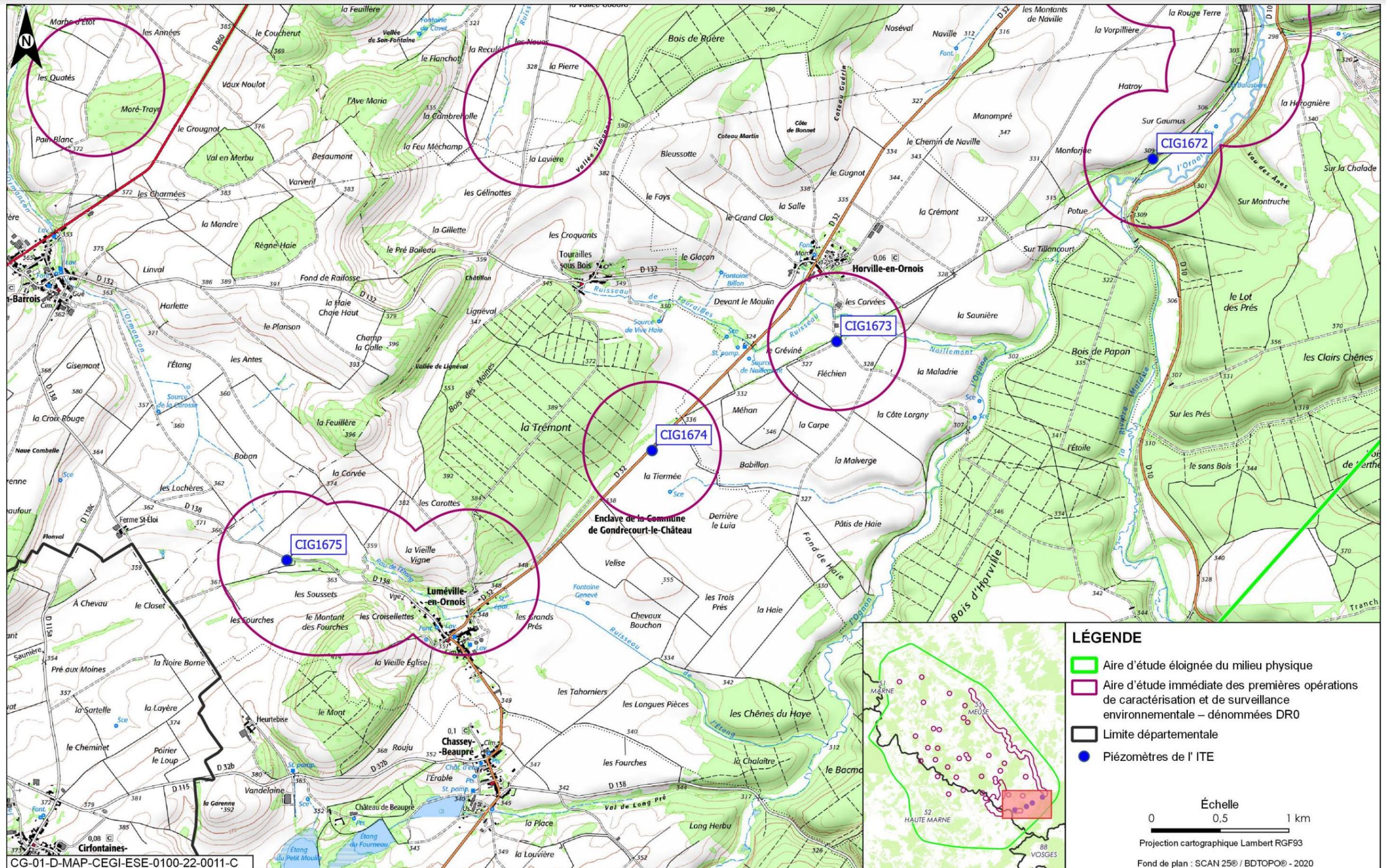


Figure 3-47 Localisation générale des piézomètres de l'ITE

### 3.3.4.3 Caractéristiques techniques et modalités de réalisation

La réalisation plateforme de travail pour la pose de ces piézomètres n'est pas nécessaire en regard de leur localisation au droit de l'ancienne ITE et généralement en bordure de chemin. Il est toutefois considéré une emprise temporaire au sol pour la réalisation des forages, le stockage du matériel et l'évolution des engins de chantier de 200 m<sup>2</sup> par piézomètre.

Les carottages sont réalisés avec un carottier équipé d'une couronne à prisme ou d'une couronne diamantée et à l'eau additionnée éventuellement de polymères biodégradables depuis la surface jusqu'à la profondeur finale maximale de 30 mètres (arrêt au premier aquifère rencontré). Le diamètre sera au maximum de 150 mm. Ils seront réalisés à l'eau additionnée éventuellement d'un polymère biodégradable (viscosifiant) comme pour les autres opérations précédemment présentées.

Le niveau d'eau est contrôlé périodiquement grâce à une sonde manuelle pendant la durée de réalisation des ouvrages.

Un tube en acier cimenté au terrain sur 1,2 mètre de profondeur minimum est mis en place pour isoler l'aquifère de la surface. Ce tube est équipé d'un couvercle avec cadenas et l'ensemble est protégé par une dalle sur laquelle est fixé un cabanon. Ce cabanon protège également les équipements et coffres d'enregistrement et de transmission des mesures.

Pour éviter les infiltrations d'eau superficielles ou météoriques, une dalle béton de surface 2 m x 2,20 m et de 0,30 mètre d'épaisseur minimum et un édicule sont mis en place autour de la tête de forage.

Il n'est pas prévu de pompage.

### 3.3.4.4 Durée des travaux

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

### 3.3.4.5 Remise en état

Les piézomètres de l'ITE s'inscrivent au niveau de l'ancienne plateforme ferroviaire. Ces ouvrages sont conservés jusqu'à la phase de fermeture et de remise en état du projet global Cigéo (sauf si leur retrait s'avère nécessaire pour des travaux ultérieurs). Les édicules de protection sont alors déposés, les margelles démolies et les terrains remis en état. Les équipements des forages sont retirés et les forages rebouchés par cimentation.



Figure 3-48

En haut : dalle béton ; en bas à gauche : système d'acquisition et protection du tube ; en bas à droite : édicule

### 3.3.5 Piézomètres de caractérisation des ZH

#### 3.3.5.1 Objectifs du programme

Le programme prévoit la création de neuf piézomètres d'une profondeur utile de 4 mètres (4,2 mètres en profondeur forée), implantés au sein ou à proximité de zones humides reconnues.

Ces piézomètres ont pour objectif d'identifier une nappe plus profonde que la nappe superficielle et de suivre ses fluctuations dans le temps, dans le but de caractériser les fonctionnalités hydrologiques des zones humides.

#### 3.3.5.2 Caractéristiques techniques et modalités de réalisation

Les forages auront un diamètre maximal de 110 mm et seront réalisés à la tarière mécanique qui permet de percer le sol avec une vis sans fin. Les piézomètres sont équipés de bas en haut :

- d'un tube vissé en 52/60 mm entre 4,2 m et 4,0 m de profondeur (tube décanteur) ;
- d'un tube PVC crépiné en 52/60 mm slot 0,5 mm de 4,0 m de profondeur jusqu'à 0,3 m au-dessus du terrain naturel.

Les piézomètres seront crépinés de -4 m à -2 m de profondeur avec massif filtrant puis équipés d'un tube PVC plein de -2 m à +0,2 m avec mise en place d'un bouchon d'argile à 2 mètres environ de profondeur pour pouvoir différencier les venues d'eau des piézomètres situés à 2 mètres de profondeur des venues d'eau des piézomètres situés à 4 mètres de profondeur.

Le massif filtrant est posé depuis le fond de forage jusqu'à 0,2 mètre au-dessus de la section crépinée. Il est composé d'un gravier siliceux, roulé, propre et calibré 2-5 mm.

La partie hors-sol des tubes PVC est coiffée d'un capot de protection cadencé en acier recouvert de peinture vernie.

L'utilisation de fluide autre que l'eau lors de la foration est proscrite.

#### 3.3.5.3 Emprises chantier, accès, machines utilisées et fluide de foration

Il n'est pas prévu la réalisation de plateforme, ni d'emprise chantier. Les ouvrages sont situés globalement en plein champs ou en bordure de chemin, leurs accès s'effectueront à travers champs sans aménagement en zone humide.

Les forages seront réalisés à l'eau claire et à l'aide de machines adaptées aux travaux et conditions.

Les bases vie et zones de stockage de la ferme du Cité de Bure et/ou de la plateforme du centre technologique du laboratoire de Meuse et de Haute-Marne de Saudron serviront également de base vie et zone de stockage pour les besoins de ces opérations.

#### 3.3.5.4 Pompage

Il n'est pas prévu de pompage.

#### 3.3.5.5 Durée des travaux

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

#### 3.3.5.6 Remise en état et durée de conservation

Pour rappel, les piézomètres en ZH s'inscrivent en milieu naturel ou agricole, en bordure des cours d'eau de l'Orge ou de la Bureau.

À la fin de la période d'acquisition (environ un an), les équipements sont démontés et le terrain remis en état. Ainsi, les capots, les équipements de mesure et les capteurs de pression sont évacués. Une extraction du tube est réalisée par traction. Le trou est rebouché avec les sols identiques à ceux du forage.

La figure 3-49 présente la localisation générale des piézomètres en ZH.

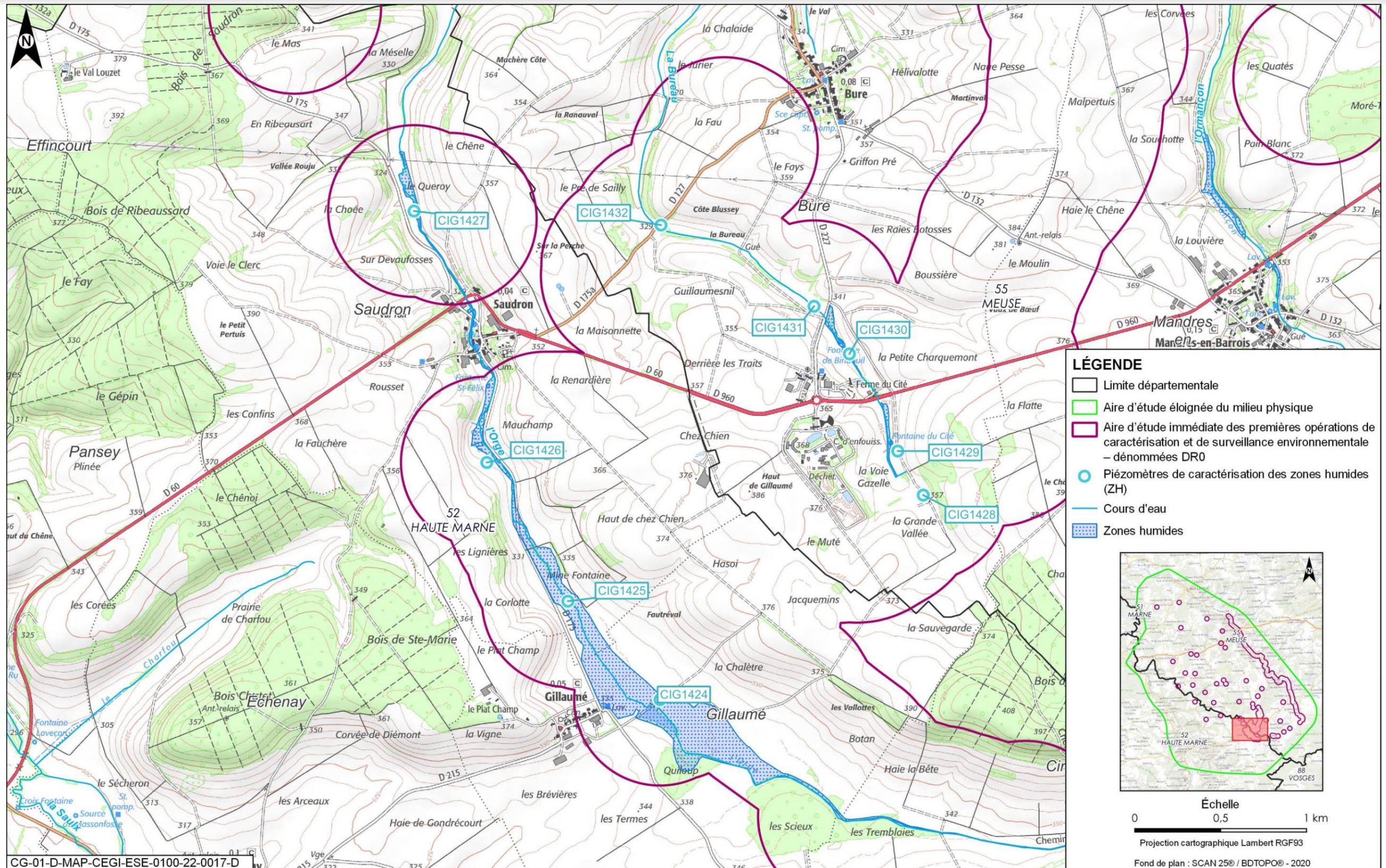


Figure 3-49 Localisation générale des piézomètres en ZH

### 3.3.6 Campagne de forages de reconnaissance des Calcaires du Barrois

#### 3.3.6.1 Objectifs de la campagne

Cette campagne prévoit la réalisation de 71 forages répartis sur 33 plateformes.

Chaque plateforme de forages comprend un, deux ou trois forages selon les niveaux aquifères des Calcaires du Barrois (Calcaires sublithographiques, Calcaires de Dommartin et Calcaires cariés et tachetés) concernés pour des investigations hydrogéologiques. Leurs profondeurs approximatives varient de quelques mètres (>10 m) à environ 200 m.

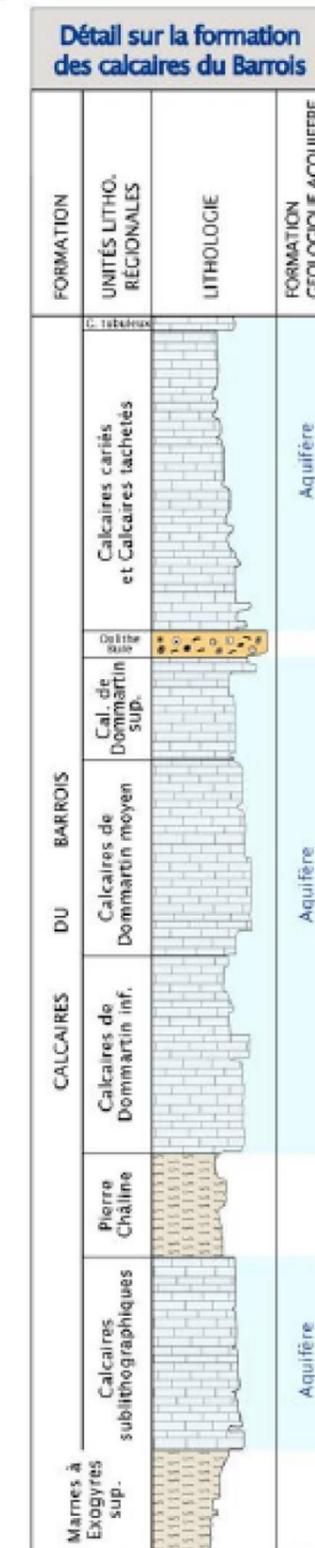
Le programme de mesures en forages prévoit :

- un suivi géologique (sondages carottés) ;
- des diagraphies (mesure de radioactivité naturelle, mesures optiques, mesures du diamètre du forage) ;
- des mesures géophysiques (diagraphies de résistivité électrique (petite normale et grande normale) ainsi que des carottages sismiques (VT) sont réalisés sur une douzaine de forages, en particulier dans les zones où des profils géophysiques sont programmés (zones humides, zones où apparaîtraient des singularités) pour caler ces profils de surface) ;
- un suivi hydrogéologique (mesures piézométriques, pompage d'essais globaux dans piézomètre, diagraphies hydrogéologiques incluant des mesures de *fluid* ou *flow logging*, prélèvements et analyses hydrochimiques).

La formation des Calcaires du Barrois, dont l'épaisseur peut atteindre 150 mètres lorsqu'elle est complète, est largement dominante à l'affleurement au droit de la zone d'installation des ouvrages souterrains (ZIOS) et sur la zone descendrière du projet global Cigéo. L'épaisseur préservée varie géographiquement sous les effets combinés du pendage vers le nord-ouest (épaisseur préservée augmentant dans cette direction) et de l'érosion du relief actuel (épaisseur préservée de la formation plus importante sur les points hauts). La géométrie de cette formation est précisément établie par modélisation calée à partir de nombreux forages réalisés sur et à proximité des zones d'intérêts (zone d'implantation des ouvrages souterrains, zone puits et zone descendrière). Les intervalles plus calcaires rencontrés dans les Calcaires du Barrois ont subi une fracturation et une karstification parfois intenses qui permettent une infiltration et des circulations rapides de l'eau ainsi que des pertes dans les cours d'eau qui les traversent.

Les Calcaires du Barrois constituent un système aquifère de type karstique structuré en trois unités aquifères (Calcaires sublithographiques, Calcaires de Dommartin et Calcaires cariés) qui s'écoulent sur des formations semi-perméables (Marnes du Kimméridgien, Pierre Châline et Oolithe de Bure), avec à la base les marnes kimméridgiennes constituant une barrière très peu perméable. Cette structuration gouverne les grands schémas d'écoulement de l'eau dans les Calcaires du Barrois.

Les écoulements sont ainsi organisés dans chacune des trois unités aquifères selon l'organisation générale de la géologie (pendage, fractures, flexures, plissements, etc.) locale et régionale, la fracturation de direction nord nord-ouest et le réseau de conduits karstiques qui s'est développé par dissolution des calcaires le long du réseau de fractures existant. Des conduits karstiques verticaux et les connections avec le réseau hydrographique de surface peuvent localement mettre en relation ces niveaux aquifères.



CG-01-D-MGE-CEGI-ESE-0100-22-0047-A

Figure 3-50

Structure de la formation des Calcaires du Barrois

À l'échelle de l'aire d'étude du milieu physique, il en résulte des écoulements globalement orientés vers le nord-nord-ouest (sens général du pendage des couches géologiques) avec l'existence de différents exutoires selon les zones d'infiltration des eaux. Les vitesses d'écoulements d'eau sont rapides du fait de l'existence de phénomènes de karstification. Ces phénomènes sont moins développés au niveau des zones descendière (ZD) et puits (ZP) car situés en tête de bassin versant et s'intensifient vers le nord à mesure que les volumes d'eau infiltrés augmentent.

Ainsi, situé en aval hydraulique des installations de Cigéo, le captage AEP de Rupt-aux-Nonains constitue l'un des principaux exutoires des eaux d'infiltrations sur l'ensemble de l'aire d'étude du milieu physique comme le montre l'extension de son périmètre de protection éloignée qui recoupe la zone descendière et passe à proximité de la zone puits. Ce captage représente donc l'un des sujets importants en termes d'évaluation des incidences.

À une échelle locale, telles que celles des zones descendière (ZD) et Puits (ZP), les phénomènes d'altération et/ou de karstification peuvent modifier les propriétés hydrodynamiques des semi-perméables (Pierre Châline, Oolithe de Bure ou Kimméridgien marneux) et leur fonctionnement hydrogéologique en connectant certains niveaux perméables (Calcaires Sublithographiques, Calcaires de Dommartin, Calcaires cariés et tachetés). Ces phénomènes ajoutent une complexité supplémentaire à la représentation locale des écoulements dans la formation des Calcaires du Barrois qu'il est nécessaire d'appréhender pour traiter les sujets relatifs à des incidences locales (Zone Humides sur l'Orge, hydrogéologie en ZP et ZD en liens avec le dimensionnement/conception des installations...).

La campagne de forages vise à améliorer la représentation du fonctionnement hydrogéologique de l'hydro-système des Calcaires du Barrois (eaux souterraines et interrelations avec les eaux superficielles) avec le développement de modèles hydrogéologiques globaux et distribués couplés à l'acquisition de données de caractérisation complémentaires. Il s'agit en particulier de conforter les connaissances :

- de l'état initial multi échelles spatiales de la formation géologique (*a minima* les aires d'étude du milieu physique et immédiate de l'étude d'impact) ;
- des propriétés hydrodynamiques et des écoulements dans le système karstique aux différentes échelles spatiales et temporelles pertinentes pour conforter l'évaluation des incidences et la conception/dimensionnement des installations de surface.

Ce programme met en œuvre des travaux de caractérisation *in situ* par forages, des travaux de conceptualisation/modélisation des écoulements, des développements numériques spécifiques à l'implémentation des modèles de comportement hydrogéologique spécifiques au caractère karstique de l'aquifère des Calcaires du Barrois et aux échelles spatiales et temporelles concernées, et des études appliquées sur le comportement hydrogéologique de l'aquifère à l'état initial et du fait de la réalisation des installations de surface à ces différentes échelles spatiales et temporelles. L'intégration des données de caractérisation de natures diverses (géologiques, géophysiques, hydrologiques et hydrogéologiques) permet la cohérence du développement des modèles hydrogéologiques conceptuels des Calcaires du Barrois.

L'alternance de formations plus ou moins perméables nécessite de combiner plusieurs forages pour caractériser les directions d'écoulement, les gradients de charges et les échanges entre les différents niveaux aquifères.

La logique d'implantation implique un ensemble de forages regroupés par secteur et répondant à des objectifs spécifiques :

- un ensemble de forages visant à investiguer les conditions limites au nord de l'aire d'étude du milieu physique. Ce secteur se distingue par le manque de données de calage du modèle géologique avec des écarts constatés entre terrain et modèle sur la géométrie de certains niveaux des Calcaires du Barrois et la proximité avec le synclinal de Savonnières/Tréveray. Cet ensemble comprendrait six plateformes dont deux seraient en dehors de l'aire d'étude du milieu physique dans le but d'étendre le modèle géologique et paramétrer/caler le modèle hydrogéologique en cours de développement dont l'emprise s'étend jusqu'à la confluence de la Saulx et de l'Ornain ;
- un ensemble de forages visant à investiguer les conditions limites à l'ouest de l'aire d'étude du milieu physique. Ce secteur se distingue par le besoin de mieux représenter les écoulements en direction de l'ouest en lien avec le synclinal de Savonnières/Tréveray dans le modèle géologique et de mieux caractériser l'interfluve Saulx - Marne. Certains traçages ayant mis en évidence des trajectoires vers la Marne, la connexion entre le bassin de la Saulx et celui de la Marne constitue un enjeu de caractérisation pour définir la limite ouest du modèle hydrogéologique. Cet ensemble de forages est constitué de 10 plateformes ;

- un ensemble de forages, constituée de deux plateformes visant à investiguer les conditions limites à l'est, plus précisément les échanges entre les bassins versant de l'Ornain et de l'Ormançon ;
- un ensemble de forages dédié à la caractérisation des échanges entre les cours d'eau (Orge, Saulx et Ormançon) et la nappe souterraine. Cet ensemble est constitué de six plateformes localisées à proximité des cours d'eau sur des points d'intérêts (zone de perte, résurgence, affleurement Pierre Châline et Oolithe de Bure) ;
- un ensemble de forages ayant pour objectifs de définir les caractéristiques géométriques et spatio-temporelles des zones saturées (« noyée ») et insaturées sur et à proximité des zones Descendière et Puits (le dispositif proposé sera complété par les forages à vocation hydrogéologique réalisés lors de la campagne géotechnique) et en relation avec la structuration des Calcaires sublithographiques, de la Pierre Châline et des Calcaires de Dommartin. Au sein de cette campagne, cet ensemble comprend quatre plateformes ;
- un ensemble de forages dédié à la caractérisation des conditions limites avec les Marnes du Kimméridgien. L'objectif sera de mieux définir les conditions limites à la base du modèle et les caractéristiques du Kimméridgien à l'affleurement en lien avec une meilleure compréhension du fonctionnement de la Zone Humide sur l'Orge. Cet ensemble comprend trois plateformes de forages ;
- un ensemble de forages dédié à surveiller les comportements hydrodynamiques au niveau des hétérogénéités identifiées dans les Calcaires sublithographiques (zone fracturées et drains horizontaux dans le niveau N4). Cet ensemble comprend deux plateformes de forages.

La figure 3-51 présente la localisation générale des plateformes de forages de reconnaissances de la formation des Calcaires du Barrois.

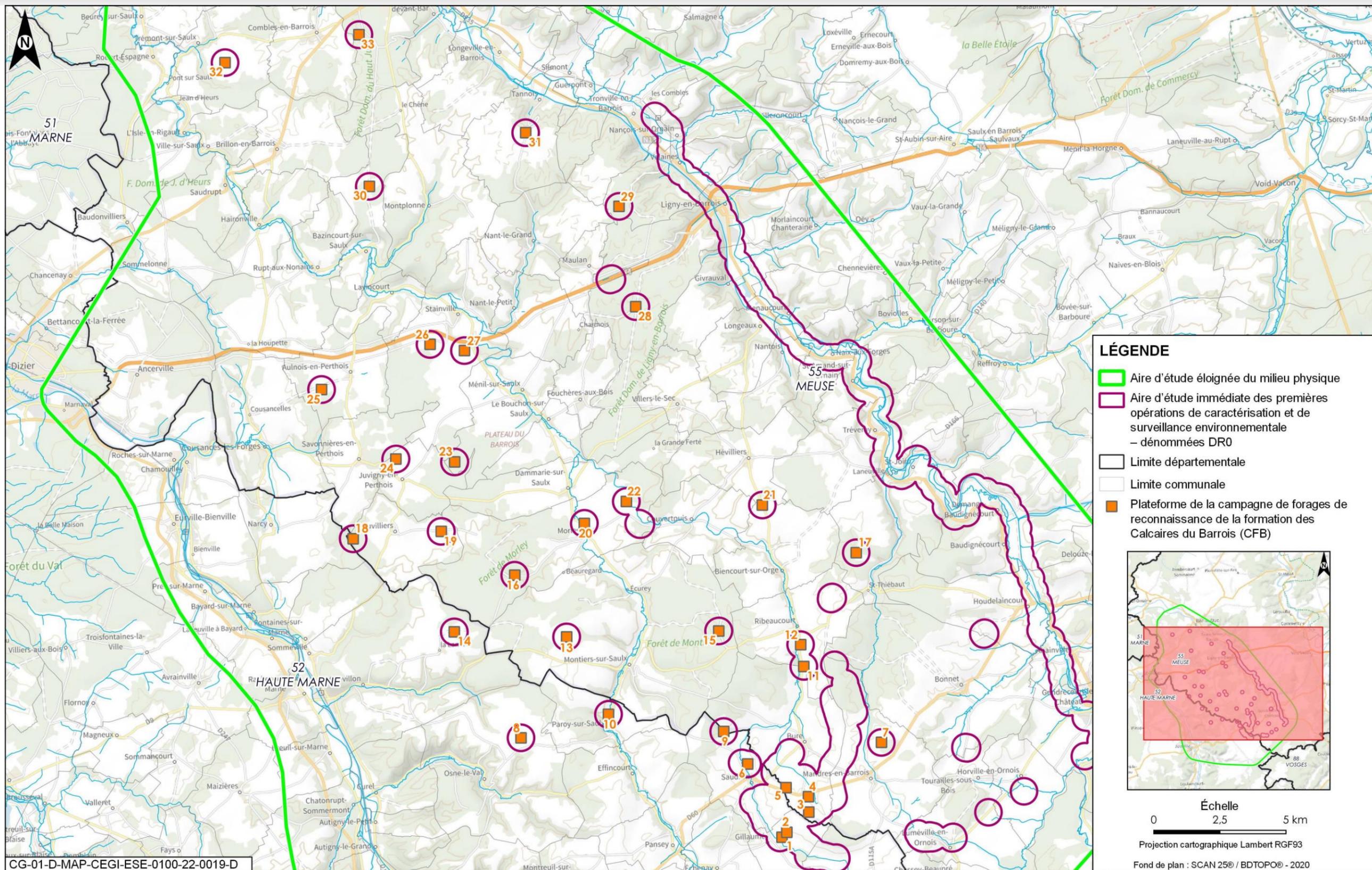


Figure 3-51 Localisation générale des plateformes de forages de reconnaissance de la formation du Calcaire du Barrois

### 3.3.6.2 Caractéristiques techniques et modalités de réalisation

#### 3.3.6.2.1 Les plateformes

Il n'est pas prévu d'aménagement particulier au niveau des plateformes ou des accès. La majorité des plateformes s'effectue en bordure de voie ou de chemin.

Les emprises nécessaires pour la réalisation des plateformes des forages, le stockage du matériel et l'évolution des engins de chantier vont de 170 m<sup>2</sup> pour une plateforme à un forage à 300 m<sup>2</sup> pour une plateforme à trois forages.

Le principe retenu est de forer à l'air les phases, qui sont isolées par tubage cimenté, et de carotter à l'eau, éventuellement additionnée d'un polymère biodégradable les phases où sont positionnées les crépines au droit des horizons à tester. Étant donné les techniques différentes, il est prévu la mobilisation de deux types de machines :

- machine de forage à l'air pour les phases forées, tubées, cimentées ;
- machine de carottage pour les phases carottées et mise en place d'équipement crépiné.

Les travaux sont prévus sans affouillements (sauf la tranchée de 0,3 m de large x 0,5 m de profondeur permettant d'enterrer un fourreau reliant les dalles béton définitives) et sans exhaussements.

Dans le cas de terrain meuble (terre agricole) qui pourrait occasionner un embourbement des engins, un aménagement des plateformes pourrait avoir lieu se limitant à un platelage.

Les emprises nécessaires pour la réalisation des forages, le stockage du matériel et l'évolution des engins de chantier vont de 170 m<sup>2</sup> pour une plateforme à un forage à 300 m<sup>2</sup> pour une plateforme à trois forages.

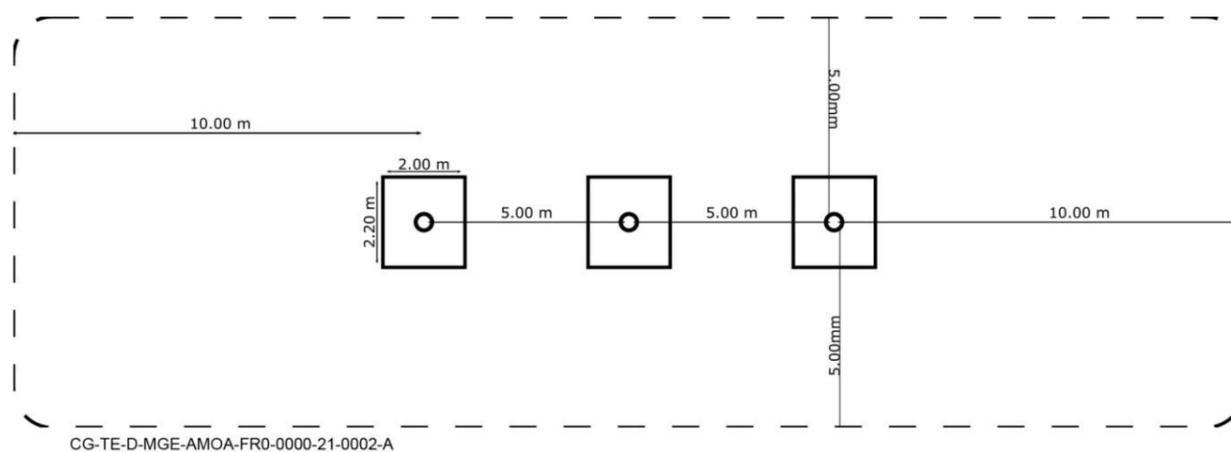


Figure 3-52 Exemple de configuration d'une plateforme à trois forages

#### 3.3.6.2.2 Les forages

Afin de capter l'intégralité de chacun des niveaux aquifères et pour empêcher leur mélange, il convient d'adapter la profondeur de tous les forages de manière à ancrer la base du forage dans la formation aquitard sous-jacente à l'aquifère capté et/ou le cas échéant d'isoler l'aquifère capté des aquifères sus-jacents traversés. Ainsi, il est également nécessaire de s'assurer que la bases des forages tels qu'ils sont initialement prévus ne traversent pas une formation aquitard sous-jacente dans laquelle ils doivent s'ancrer risquant la mise en communication de deux niveaux aquifères initialement non connectés.

Chaque plateforme de forages comprend 1, 2 (doublet) ou 3 (triplet) forages selon les niveaux aquifères des Calcaires du Barrois (Calcaires sublithographiques, Calcaires de Dommartin et Calcaires cariés et tachetés) concernés pour des investigations hydrogéologiques, ce qui conduit à la réalisation de 71 forages répartis sur 33 plateformes. Leurs profondeurs approximatives varient de quelques m (>10 m) à 190-200 m.

Sur une même plateforme, les forages sont espacés de minimum cinq mètres pour permettre la mise en place de la machine de forage. Par plateforme, le premier forage à être foré est le forage le plus profond pour permettre d'avoir les cotes d'arrêt de tous les forages d'une même plateforme à l'aide du Gamma-Ray.

Le principe retenu est de forer en destructif à l'air les phases qui sont isolées par tubage cimenté et de carotter les phases où sont positionnées les crépines au droit des horizons à tester. Étant donné les techniques différentes, il est prévu la mobilisation de deux types de machines, chaque machine passant d'un forage à l'autre sur une même plateforme, puis d'une plateforme à l'autre :

- dans un premier temps, une machine de forage à l'air pour les phases forées (de diamètre maximal de 8"1/2, soit environ 215 mm), tubées, cimentées ;
- puis une machine de carottage pour les phases carottées (de diamètre maximal de 122,6 mm) et mise en place d'équipement crépiné.

En fonction de l'organisation de l'entreprise de travaux, il pourra s'écouler un certain temps entre l'intervention de la machine de forage à l'air et la machine de carottage pour un même forage. Aussi, après cimentation de la phase tubée, le tubage sera protégé par mise en place d'une bride et d'une contre-bride, qui seront retirées au moment de l'intervention de la machine de carottage pour la deuxième phase de forage.

La précision de positionnement du sabot du tabage est de 1 m.

Conformément à l'arrêté de prescriptions IOTA du 11 septembre 2003 (30), la tête du forage s'élève au moins à 0,5 m au-dessus du terrain naturel.

La solution de cimentation envisagée est une injection du coulis du bas vers le haut.

Pour les piézomètres captant un horizon situé sous un premier aquifère, les crépines couvrent l'horizon observé uniquement, le reste étant isolé par un tubage en acier cimenté au terrain. Les crépines sont posées en fond de trou avec un cône de suspension à baïonnette permettant la mise en place du massif filtrant. Ce cône permettra le passage des sondes dans la crépine en phase exploitation.

Seules les phases de carottage utiliseront de la « boue » composée d'eau éventuellement additionnée de viscosifiant. Sa concentration est de maximum 4 kg/m<sup>3</sup> d'eau. Il sera de même type que celui présenté en exemple pour le programme ZBS\_FOND\_UP1 (cf. Chapitre 3.3.2.2.2 du présent document).

Les pompages engendreront le prélèvement de 120 m<sup>3</sup> par forage, pendant 12 h de pompage à 10 m<sup>3</sup>/h. Ainsi, un volume maximal de 360 m<sup>3</sup> sera prélevé par plateforme par an, soit un débit total maximal d'environ 8 550 m<sup>3</sup> pour 71 forages. Des prélèvements ponctuels en vue d'analyses chimiques sont également possibles, mais ne concerneront que de très faibles quantités d'eau.

#### 3.3.6.2.3 Les édicules

Après départ des équipements de forage, une dalle de béton (ou margelle béton ou margelle bétonnée) est coulée autour du tube en acier dépassant du sol et un fourreau est noyé dans le béton, posé dans une tranchée à 0,5 mètre de profondeur entre deux dalles pour déboucher sur le tube. Toutes les dalles font au minimum 2 m x 2,2 m x 0,3 m de hauteur). Le fourreau sert à passer le câble de mesures depuis un piézomètre jusqu'à un autre où se situe la centrale d'acquisition.

Un édicule est ensuite fixé sur la dalle. Comme pour le programme ZBS\_FOND\_UP1, ils sont de deux types :

- 2 m x 1,5 m X 2 m hauteur pour recevoir la centrale d'acquisition et de transmission et les panneaux solaires d'alimentation électrique ;
- 0,9 m x 0,9 m x 0,6 m hauteur pour protéger la tête et le câble qui en sort.

Les zones de travaux seront remises en état à l'issue de ces opérations. Les piézomètres sont conservés durant toute la phase de fonctionnement du centre de stockage. Ils seront démantelés en phase de fermeture (retrait édicule et équipements des forages, démolition dalle béton, cimentation des forages, remise en place de la terre végétale...).

#### 3.3.6.2.4 Bases vie et installations de chantier

Les besoins globaux de stockage et de stationnement des engins nécessaires sont :

- foreuses (rapatriées tous les week-ends quand forage localisé proche du site) ;
- camion de transfert ;
- camions (diagraphies et unité de géochimie) temporairement ;
- roulotte de chantier.

Les besoins spécifiques exportés sont :

- au maxi 4 000 mètres de tubage acier ;
- des caisses à carottes (2 500 mètres de carottes).

Les localisations envisagées sont :

- la plateforme de Gondrecourt ; totalement aménagée, gardiennage compris ;
- site de Maulan ; plateforme d'une entreprise de transport (Forages au nord de la zone) ;
- la plateforme de Morley ; ancienne plateforme de forage, pour du stockage de tubages par exemple ;
- la plateforme de l'espace technologique (suivant disponibilité en fonction d'autres travaux concomitants) de Saudron.

#### 3.3.6.2.5 Durée des travaux

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

#### 3.3.6.2.6 Remise en état et durée de conservation

Pour rappel, les ouvrages de la campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB) sont localisés en milieux naturels ou agricoles.

Ils sont conservés durant toute la phase de fonctionnement du projet global Cigéo. Les équipements sont ensuite démontés, les édifices retirés, les margelles en bétons démolis et les terrains remis en état. Les forages sont rebouchés par cimentation depuis le bas jusqu'en surface, et les tubages cimentés sont recépés à un mètre de profondeur.

### 3.3.7 Campagne géotechnique ligne 027000

#### 3.3.7.1 Objectifs des sondages de la ligne 027000

Les objectifs principaux des investigations géotechniques et hydrogéologiques complémentaires de la ligne sont les suivants :

- déterminer la nature et les caractéristiques géotechniques des plateformes ferroviaires existantes (notamment les couches intermédiaires) et sols supports ;
- obtenir une information précise sur la qualité des futurs déblais aussi bien d'un point de vue environnemental que vis-à-vis de la réglementation déchets ;
- reconnaître les fondations d'ouvrages existants au droit du projet ;
- déterminer la nature et les caractéristiques mécaniques des sols constitutifs des remblais ferroviaires et talus de déblais existants/à créer pour calculs de stabilité ;
- définir les conditions hydrogéologiques à partir de mesures piézométriques et la mise en place d'un relevé régulier pour identifier les niveaux d'eau caractéristiques à prendre en compte sur l'intégralité du linéaire de la ligne ;
- déterminer les caractéristiques de perméabilité au droit des sols rencontrés ;

- obtenir les paramètres nécessaires au dimensionnement des fondations des ouvrages d'art et des ouvrages en terre ;
- localiser les éventuelles hétérogénéités de terrains, notamment la présence de vides et de niveaux indurés.

Ces investigations consistent en :

- 90 sondages à la pelle à 2,5 mètres de profondeur à 3 mètres (soit un sondage à la pelle tous les 500 ml environ, exécutés en bordure de plateforme existante et au droit des rétablissements routier), avec prélèvements d'échantillons remaniés pour essais en laboratoire ;
- 70 sondages semi-destructifs à la tarière continue à 2,5 mètres de profondeur (soit un sondage à la tarière tous les 500 ml environ, exécutés entre traverses existantes), avec prélèvements d'échantillons remaniés pour essais en laboratoire ;
- 45 sondages carottés menés à des profondeurs comprises entre 7 m et 15 m (situés au droit des ouvrages en terre notables de la ligne), avec prélèvements d'échantillons intacts pour essais en laboratoire ;
- 32 sondages pressiométriques menés à des profondeurs comprises entre 8 m et 15 m (au droit des ouvrages en terre notables de la ligne), avec réalisation d'essais pressiométriques tous les mètres ;
- 72 piézomètres (soit un piézomètre tous les 500 ml environ) :
  - ✓ 70 sondages destructifs à 4 mètres de profondeur équipés de piézomètres crépinés entre 1 m et 4 m ;
  - ✓ 2 sondages destructifs à 7 mètres de profondeur équipés de piézomètres crépinés entre 1 m et 7 m (au droit de futurs bassins) ;
  - ✓ des essais Lefranc seront réalisés dans les sondages avant la pose des piézomètres.
- 39 carottages de maçonnerie sur ouvrages d'art.



Figure 3-53 Photographie de la ligne 027000

La figure 3-54 présente la localisation générale des investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000.

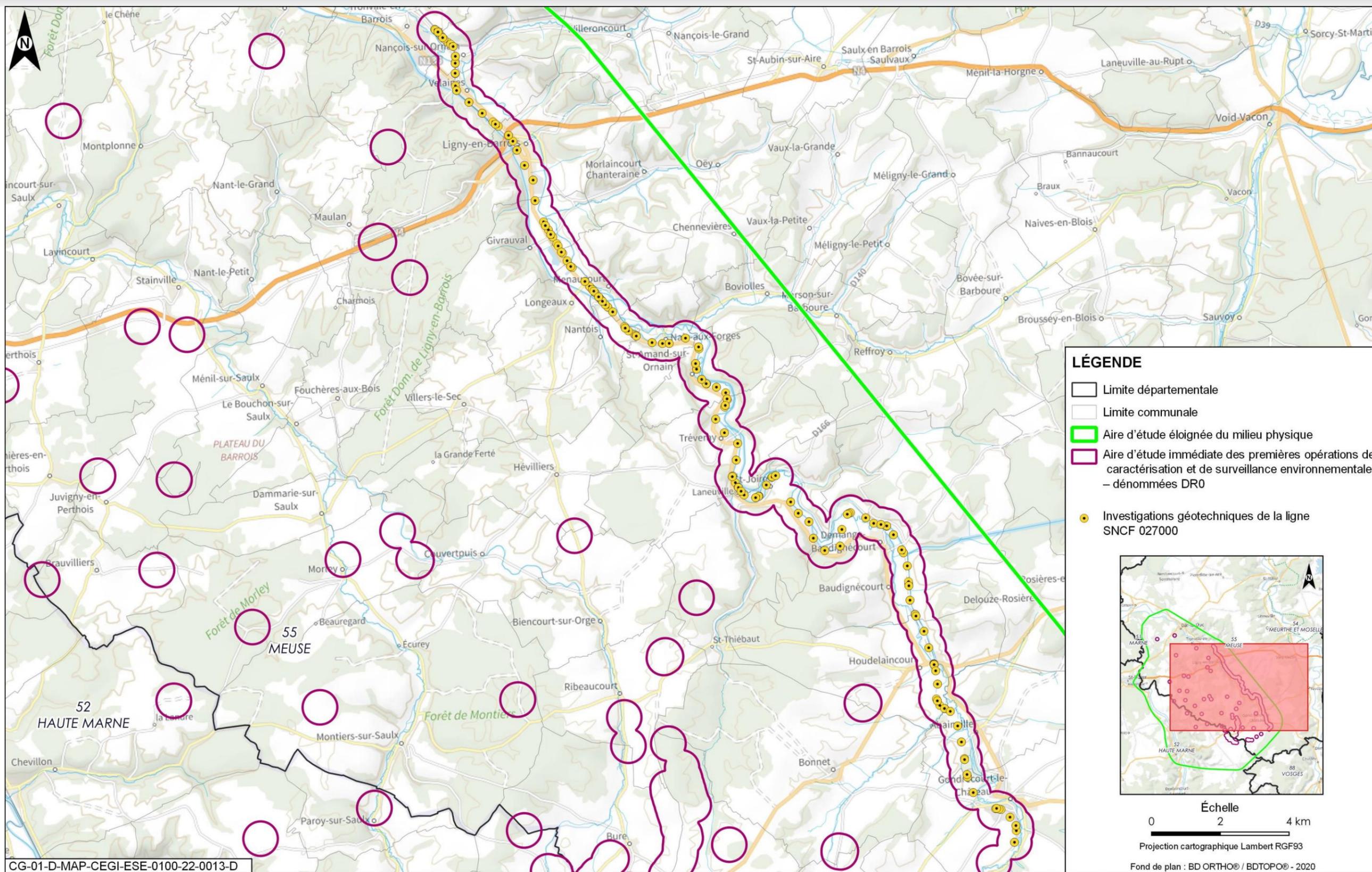


Figure 3-54 Localisation générale des investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000

### 3.3.7.2 Modalités de réalisation

#### 3.3.7.2.1 Emprises chantier, accès et machines utilisées et fluide de foration

Les travaux seront réalisés depuis la plateforme ferroviaire, hormis certains sondages à la pelle mécanique prévus au niveau des rétablissements routiers.

Les sondages à la pelle sont réalisés au droit de la piste le long de la voie existante jusqu'à 2,5 mètres de profondeur ou au refus et jusqu'à 3 mètres au niveau des rétablissements routiers. Ils sont ensuite remblayés par les matériaux du site correctement compactés.

Il n'est pas prévu d'aménagement de plateformes au droit des travaux.

Les forages sont réalisés à l'air ou l'eau claire.

#### 3.3.7.2.2 Pompage

Des pompages pour essais ou analyses pourront avoir lieu. Le cas échéant, les volumes pompés seront très faibles, de l'ordre de quelques dizaines de m<sup>3</sup>.

#### 3.3.7.2.3 Sondages à la pelle

Ces sondages sont réalisés au droit de la piste le long de la voie existante jusqu'à 2,5 mètres de profondeur ou au refus et jusqu'à 3 mètres au niveau des rétablissements routiers. Ils sont ensuite remblayés par les matériaux du site correctement compactés.

#### 3.3.7.2.4 Sondages carottés verticaux pour investigation géotechniques

Le carottage des terrains est effectué en priorité par rotation continue au moyen d'un carottier double équipé d'une couronne adaptée aux terrains à prélever. Dans les cas d'impossibilité de carottage par rotation, celui-ci est réalisé en continu, par fonçage d'un carottier, par percussion ou par toute autre méthode (après accord du représentant de la SNCF) permettant de récupérer la totalité des constituants granulométriques des terrains traversés. Le diamètre des carottes extraites des sondages ne doit jamais être inférieur à 85 mm. Le pourcentage de récupération minimum doit être de 80 %.

Le matériel de sondage est à adapter aux résultats escomptés en fonction de la nature des terrains rencontrés.

Les formations naturellement éboulées ou qui viendraient à l'être au contact de l'eau introduite dans les sondages (remblais ordinaires, etc.) sont maintenues au fur et à mesure de l'exécution du forage au moyen d'un tubage provisoire.

Les carottes sont rangées dans des boîtes à casiers, en bois. Les caisses sont stockées provisoirement sur le chantier en un lieu à l'abri des intempéries et des actes de vandalisme éventuels.

Le but des sondages étant de fournir les renseignements les plus complets possibles sur les sols étudiés, les difficultés rencontrées, les changements d'aspect, de consistance et de nature, les venues ou pertes d'eau éventuelles lors du forage et leurs côtes sont à noter soigneusement.

Pour les forages ayant lieu au sein d'un périmètre de protection éloigné ou rapproché de captage d'eau potable, les sondages seront réalisés à l'air (ou à l'eau claire), avec remontée des *cuttings* par soufflage et la lubrification des tubages provisoires et des tiges de forage sera réalisée à base de graisse végétale.



Figure 3-55 Photographie d'un sondage carotté sur ligne ferroviaire

#### 3.3.7.2.5 Sondages à la tarière

Les forages sont réalisés « à sec » avec une tarière simple d'un diamètre adapté (minimum 250 mm) pour permettre l'identification et le prélèvement de volumes de matériaux nécessaires à la réalisation d'essais de caractérisation en laboratoire. Les sondages sont effectués au droit de la voie existante, entre traverses.

#### 3.3.7.2.6 Essais pressiométriques

Le diamètre minimum des forages destructifs pour essais pressiométriques est de 63 mm. Les travaux sont conduits par un spécialiste expérimenté, capable d'adapter le mode de forage aux conditions rencontrées et de juger de la validité des résultats recueillis. Le forage est exécuté de telle manière que la paroi soit perturbée le moins possible avant exécution des essais. Le mode de forage et la hauteur de forage pouvant être effectués avant essais sont à adapter aux terrains traversés.

Un essai pressiométrique est programmé tous les mètres dans les sondages.



Figure 3-56 Photographie essais piézométrique sur ligne ferroviaire

### 3.3.7.2.7 Essais de perméabilité

Les essais de perméabilité en forage en tube ouvert seront exécutés au sein de sondages destructifs ou semi-destructifs (sondage à la tarière). Le type d'essai à mettre en place est adapté en fonction des terrains interceptés.

Pour évaluer le potentiel d'infiltration des terrains le long du tracé, les essais sont positionnés à 1,50 mètre sous le niveau du terrain naturel. Les positions des cavités ainsi que les types d'essai à mettre en place sont adaptés à la coupe géologique réelle.

### 3.3.7.2.8 Équipements piézométriques

Avant la pose du tube crépiné, le forage est lavé ou soufflé au moins jusqu'à la profondeur de la base de la prise de pression. L'espace annulaire entre le terrain et le tube est rempli d'un gravier filtre au niveau de la crépine. Un bouchon d'argile est mis en place de part et d'autre de la zone de crépine afin d'éviter la mise en communication de nappes superposées toujours possibles. La base du tube est bouchée hermétiquement par un bouchon vissé étanche. L'espace annulaire compris entre la base du forage et la base du piézomètre est comblé par un coulis à base de ciment.

Le test de réception consiste à remplir le piézomètre jusqu'à son sommet et à suivre ensuite la vitesse de descente du niveau d'eau en fonction du temps jusqu'au retour à un niveau sensiblement voisin de celui de la nappe avant essai.

Les niveaux d'eau sont mesurés toutes les minutes suivant le remplissage, puis toutes les 10 minutes jusqu'à la fin de la 1<sup>ère</sup> heure, et enfin tous les quarts d'heures jusqu'à la stabilisation. L'essai sera arrêté au bout d'une heure et demie.

Le test est réalisé trois fois de suite dans le piézomètre. Si les résultats de ces trois tests sont identiques, le fonctionnement du piézomètre est déclaré bon.

Une tête de protection accessible ultérieurement pour les relevés piézométriques est installée pour chaque piézomètre. La tête de protection est constituée d'une bouche à clé (type Compagnie des Eaux) scellée dans un massif de béton de 0,30 m x 0,30 m sur une épaisseur de 0,20 mètre mis en place à cet effet.

Les mesures des niveaux d'eau dans les piézomètres sont effectuées tous les mois pendant un an après le démarrage de la campagne de sondages (12 mesures) et toutes les semaines pendant les travaux. Après chaque mesure, la tête de protection du piézomètre est verrouillée.

Ces piézomètres seront retirés et les forages rebouchés à l'issue des travaux de réhabilitation de la ligne SNCF 027000.

### 3.3.7.2.9 Reconnaissance des structures des ouvrages d'art

Un relevé complet des désordres de l'ouvrage est réalisé avec le système RADIS (Relevé d'avaries détaillé informatisé des souterrains) ou similaire.

Les reconnaissances d'épaisseur sont réalisées par carottage. Pour chaque appui, il sera réalisé trois carottages en pied, à mi-hauteur et en tête. Chaque carottage réalisé est repéré sur une élévation de l'appui et sa position est identifiée par cotation.

La détermination de la résistance caractéristique des maçonneries est réalisée également par le biais de carottages de maçonnerie.

### 3.3.7.2.10 Bases vie et installations de chantier

La plateforme sécurisée de l'Andra à Gondrecourt-le-Château est à disposition de l'entreprise pour entreposer son matériel les nuits et week-end.

### 3.3.7.2.11 Durée des travaux

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

### 3.3.7.2.12 Remise en état et durée de conservation

Les ouvrages des investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000 s'inscrivent essentiellement au droit ou aux abords de la plateforme ferroviaire. Ils sont rebouchés à l'issue des relevés et essais réalisés. Les ouvrages équipés en piézomètres ne sont pas conservés pour prélever à titre temporaire ou permanent des eaux souterraines ou pour effectuer leur surveillance.

Le rebouchage des forages se fera comme suit :

- niveau imperméable : argiles ;
- niveau perméable : sables grossiers ;
- vide : sables fins à surmonter 10 cm plus haut par coulis ciment-bentonite de 0,50 mètre d'épaisseur. Ces sables pouvant être chassés ultérieurement dans les fissures.

En cas de rencontre d'eau en charge (nappe captive), il conviendra de réaliser un bouchon à l'aide d'un coulis épais de ciment - bentonite (plus éventuellement une charge de sable ensachée) afin de recréer le toit de la nappe. Le coulis épais de ciment - bentonite est à positionner, pour la partie basse, à la base du toit de la nappe sur une épaisseur similaire à la couche imperméable (l'épaisseur devant être dans tous les cas de l'ordre du mètre).

Les sondages à la pelle mécanique sont remblayés avec les matériaux extraits et la terre végétale remise en place et revégétalisée au cas par cas.

## 3.3.8 Campagne géotechnique de la route départementale D60/960

### 3.3.8.1 Objectifs de la campagne géotechnique

La campagne géotechnique du CD52 a pour objectif de caractériser la zone d'implantation de la déviation de la route départementale D60/960.

Dans le cadre du projet global Cigéo, la déviation de la route départementale D60/960 est requise en raison de par la réalisation des aménagements liés à la zone descendrière. La campagne géotechnique du CD52 a pour objectifs de caractériser la zone d'implantation de cette déviation.

Cette campagne géotechnique comprend 41 sondages :

- 19 essais au pénétromètre dynamique ;
- 1 sondage carotté ;
- 10 sondages à la pelle mécanique ;
- 2 sondages carottés assortis d'essais scissométriques ;
- 8 sondages à la pelle mécanique assortis d'essais MATSUO ;
- 1 sondage pressiométrique.

### 3.3.8.2 Caractéristiques techniques et modalités de réalisation

#### 3.3.8.2.1 Essais au pénétromètre dynamique

Un essai au pénétromètre dynamique consiste à enfoncer dans le sol par battage en continu un train de tiges muni d'une pointe. Ce type d'essai permet de mettre en évidence les différents horizons de sol, de détecter la présence d'anomalies et de déterminer la position du toit d'une couche résistante.

Dix-neuf essais de 50 mm de diamètre sont réalisés, à une profondeur comprise entre 4 m et 8 m. La durée de réalisation s'étend d'1 heure (essais de 4 m à 6 m de profondeur) à 1 h 30 (essais de profondeur supérieure à 8 mètres).

À l'issue de la réalisation, les trous sont rebouchés avec des graviers, un concassé ou une gravette inerte.



Figure 3-57

Exemple d'essai au pénétromètre dynamique

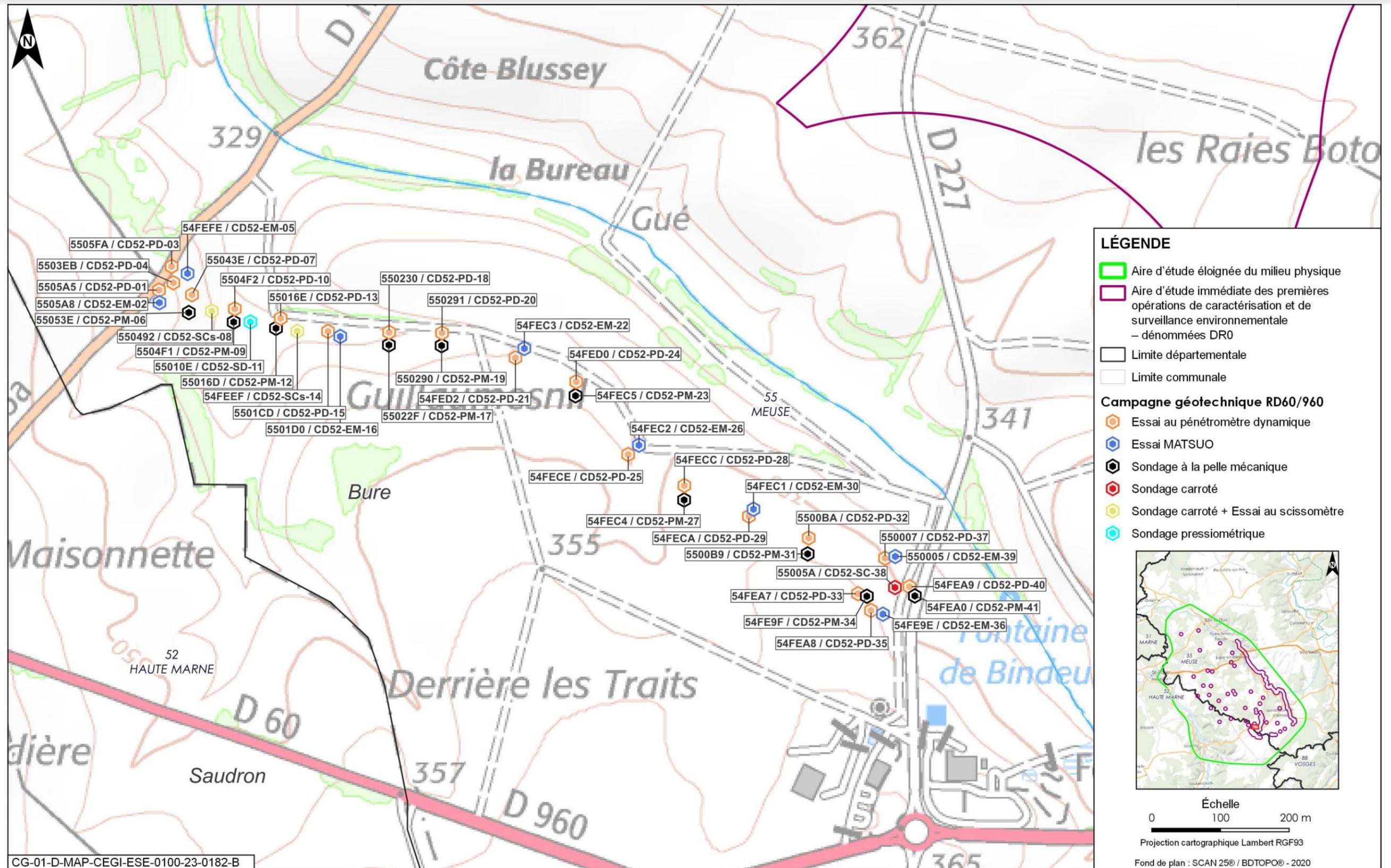


Figure 3-58 Localisation de la campagne géotechnique de la route départementale D60/960

### 3.3.8.2.2 Sondage carotté

Il est prévu la réalisation d'un sondage carotté de diamètre compris entre 100 mm et 116 mm à une profondeur comprise entre 4 m et 12 m.

Il est réalisé à l'eau claire et, selon les types de sols rencontrés :

- au carottier vériné dans les formations meubles, avec tubage à l'avancement ;
- au carottier vibro-percussion dans les graves ;
- en rotation dans les formations cohérentes compactes.

Une couronne diamantée est utilisée en cas de rencontre de formations rocheuses.

La durée de foration est comprise entre 4 heures et 8 h à 9 h en fonction de la profondeur.

Le sondage sera rebouché, à l'issue de l'opération, avec des graviers, un concassé ou une gravette inerte.

### 3.3.8.2.3 Sondages carottés pour essais scissométriques

Deux essais scissométriques sont réalisés au sein de deux sondages carottés de diamètre compris entre 100 mm et 116 mm et de profondeur égale à 4 mètres. Un essai scissométrique consiste à introduire par fonçage dans le sol un moulinet comprenant quatre pales. La durée d'un essai (foration comprise) est évaluée à environ 12 heures. Les sondages carottés sont forés à l'eau claire.

Les forages sont ensuite rebouchés avec des graviers, un concassé ou une gravette inerte.

### 3.3.8.2.4 Sondages à la pelle mécanique

Dix sondages à la pelle mécanique (à pneus ou à chenilles en fonction des conditions météorologiques) de 1,50 mètre de longueur sur 0,50 mètre de largeur sont réalisés à une profondeur maximale de 4 mètres ou au refus. La durée de réalisation d'un sondage est de 30 minutes. Ils sont rebouchés avec les matériaux extraits compactés par couche.

### 3.3.8.2.5 Sondages à la pelle mécanique pour essais Matsuo

Huit sondages à la pelle mécanique de 1,50 mètre de longueur sur 0,50 mètre de largeur et 1,50 m à 2,50 m de profondeur sont prévus pour permettre la réalisation d'essais Matsuo. Un essai Matsuo consiste à déterminer le coefficient de perméabilité (capacité d'infiltration) d'un sol en déversant dans une fouille un grand volume d'eau à l'aide d'une citerne. Il présente l'avantage par rapport à un essai réalisé dans un forage de petit diamètre, de prendre en compte une grande surface d'échange et donc la fracturation et les hétérogénéités (veines plus sableuses...).

La durée d'un essai est de 1 h 30. Le sondage est ensuite rebouché avec les matériaux extraits compactés par couche.

### 3.3.8.2.6 Sondage pressiométrique

La réalisation d'un sondage pressiométrique est prévue. Il a un diamètre de 64 mm et sa profondeur est comprise entre 10 m et 15 m. Le sondage est foré à l'eau claire. La durée des essais, foration comprise, est estimée à 8 h pour une profondeur de 10 mètres et 12 h pour une profondeur de 15 m. Le forage est rebouché avec les *cuttings* (matériaux extraits) et des graviers, un concassé ou une gravette inerte.

### 3.3.8.2.7 Pompage

Aucun pompage n'est prévu.

### 3.3.8.2.8 Durée des travaux

Les travaux durent de quelques jours à quelques semaines.

### 3.3.8.2.9 Remise en état

Pour rappel, les ouvrages de la campagne géotechnique de la déviation de la route départementale D60/960 sont localisés sur des terres agricoles. Il n'est pas prévu d'aménagement de plateformes. Ils sont remis en état à l'issue de la réalisation des essais et réalisés de la manière suivante :

- les sondages à la pelle mécanique sont rebouchés avec les matériaux extraits compactés par couche ;
- les sondages pénétrométriques sont rebouchés avec des graviers, un concassé ou une gravette inerte ;
- les sondages pressiométriques sont rebouchés avec les *cuttings* (matériaux extraits) et des graviers, un concassé ou une gravette inerte ;
- les sondages carottés sont rebouchés avec des graviers, un concassé ou une gravette inerte.

## 3.4 Zones de stockage des matériaux et bases vie

### 3.4.1 Zones de stockage des matériaux et bases vie principale

#### 3.4.1.1 Zones de stockage des matériaux - Bases vie principales

Les zones de stockage des matériaux et bases-vie, permettent le regroupement des matériels, engins, matériaux et équipements nécessaires à la réalisation des travaux.

À noter que ces zones de stockages des matériaux – bases vie sont à distinguer des zones de stockages des matériaux associées aux fouilles archéologiques (terres excavées).

Six zones de stockage principales des matériaux – bases vie principales sont prévues pour permettre l'organisation des travaux relatifs aux sondages, forages et à l'archéologie préventive. Elles peuvent être parfois désignées dans la suite du document uniquement sous le terme base-vie suivie de la localisation (exemple base-vie de Bure).

Neuf bases-vie secondaires sont prévues pour les besoins des fouilles archéologiques.

Tous ces sites, hormis celui de la base vie de Maulan, appartiennent à l'Andra.

À l'issue des travaux, les zones de stockage des matériaux – bases-vie de Bure, Saudron, Gondrecourt-le-Château, Morley, Maulan et Mandres-en-Barrois sont démantelés, nettoyés et sécurisés.

Les zones de stockage des matériaux et bases vie principale sont localisées sur la figure 3-59.

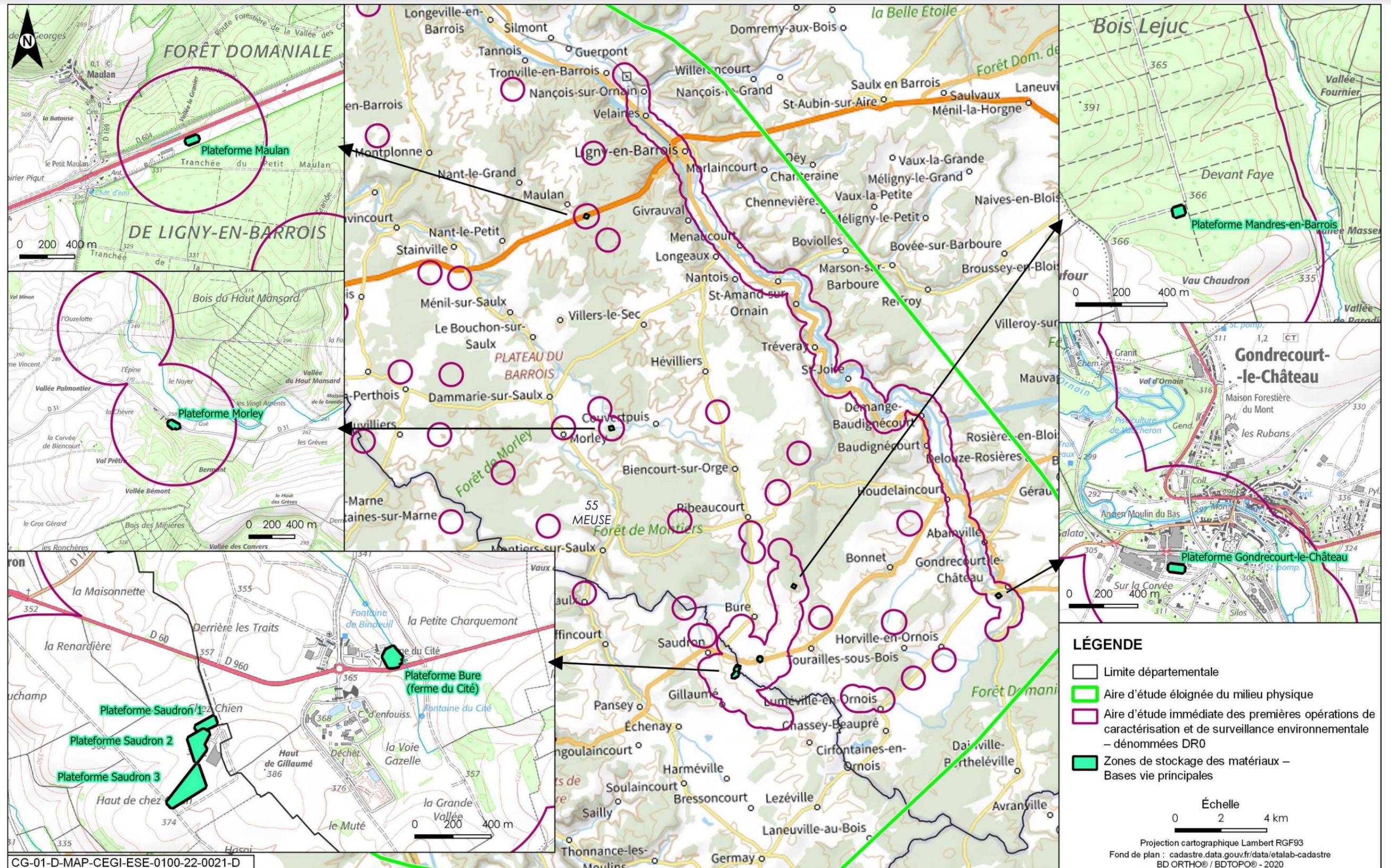


Figure 3-59 Localisation générale des zones de stockage et bases vie principales

### 3.4.1.1.1 Base vie de Bure

Le site d'accueil de la future base vie de Bure est actuellement constitué d'une plateforme empierrée de 0,6 ha.

Le site, déjà artificialisé, va être aménagé de la façon suivante :

- mise en œuvre de voiries enrobées, de bungalows et d'atelier ;
- mise en œuvre d'une zone dédiée aux parkings des véhicules légers (VL) et une autre aux Poids Lourds (PL) et engins ;
- installation de fosses toutes eaux ;
- implantation d'une aire de dépotage et d'entretien étanche, équipée d'un dispositif de traitement des hydrocarbures ;
- organisation d'une zone de regroupement et de tri des déchets.

Les ruissellements du bassin versant interceptés seront collectés dans un fossé en bordure ouest de la base vie, hormis en extrémité sud-ouest (impluvium d'environ 273 m<sup>2</sup>) où les ruissellements seront repris dans le système de gestion des eaux pluviales de la base vie afin de ne pas changer la situation hydraulique existante.

Afin de gérer les ruissellements de la base vie et du bassin versant intercepté dont les ruissellements sont repris, il a été envisagé de faire un traitement qualitatif à la vue des activités développées (risque de pollution accidentelle présent), de la sensibilité du milieu (protection de captage d'eau potable) et de sa vulnérabilité aux pollutions superficielles (milieu karstique induisant une forte vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions superficielles) :

- décantation dans un bassin spécifique ;
- dégrillage avant l'ouvrage de sortie présentant une vanne et une cloison siphonide ;
- ouvrage de filtration.

Les eaux incendies, quant à elle, seront traitées par gestion gravitaire en utilisant les voiries de la plate-forme comme ouvrages de rétention surfacique.

Les caractéristiques de la gestion des eaux sur le site sont synthétisées dans le tableau 3-18 :

Tableau 3-18 *Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux calculées pour une pluie décennale au niveau de la base vie principale de Bure.*

Opération	Volume décennal à stocker (approx m <sup>3</sup> )	Profondeur du bassin (m)	Facteur de charge	Volume des bassins (approx m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration (l/s)	Temps de vidange (min)
Base vie principale de Bure	29	1,1	30	266	153	3

### 3.4.1.1.2 Zone de stockage des matériaux – base vie de Saudron

En complément des deux plateformes empierrées déjà existantes de 0,9 ha et 0,34 ha, une zone de parcage des engins va être aménagée sur 1,6 ha.

Le site va être aménagé de la façon suivante :

- mise en œuvre de voiries enrobées et d'un atelier ;
- mise en œuvre d'une zone dédiée aux parkings des véhicules légers (VL) et une autre aux Poids Lourds (PL) et engins ;
- installation de fosses toutes eaux ;
- implantation d'une aire de dépotage et d'entretien étanche, équipée d'un dispositif de traitement des hydrocarbures ;
- organisation d'une zone de regroupement et de tri des déchets.

Sur cette troisième zone de 1,6 ha, les ruissellements des bassins versants interceptés seront collectés dans des fossés en bordure est et sud de la base vie.

Afin de gérer les ruissellements de la base vie, il sera mis en place :

- la décantation dans un bassin spécifique ;
- le dégrillage avant l'ouvrage de sortie présentant une vanne et une cloison siphonide ;
- des ouvrages de filtration ;
- des ouvrages d'infiltration ;
- une zone de diffusion de la surverse.

Les caractéristiques de la gestion des eaux sur le site sont synthétisées dans le tableau 3-19 :

Tableau 3-19 *Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux calculées pour une pluie décennale au niveau de la base vie principale de Saudron.*

Opération	Volume décennal à stocker (approx m <sup>3</sup> )	Profondeur des bassins (m)	Facteur de charge	Volume des bassins (approx m <sup>3</sup> )	Débit d'infiltration (l/s)	Temps de vidange (approx. j)
Base vie principale de Saudron	648	2,5	30	670	7,3	1

Les principes de gestion des eaux pluviales sur les bases vie de Bure et Saudron sont présentés sur la figure 3-60.

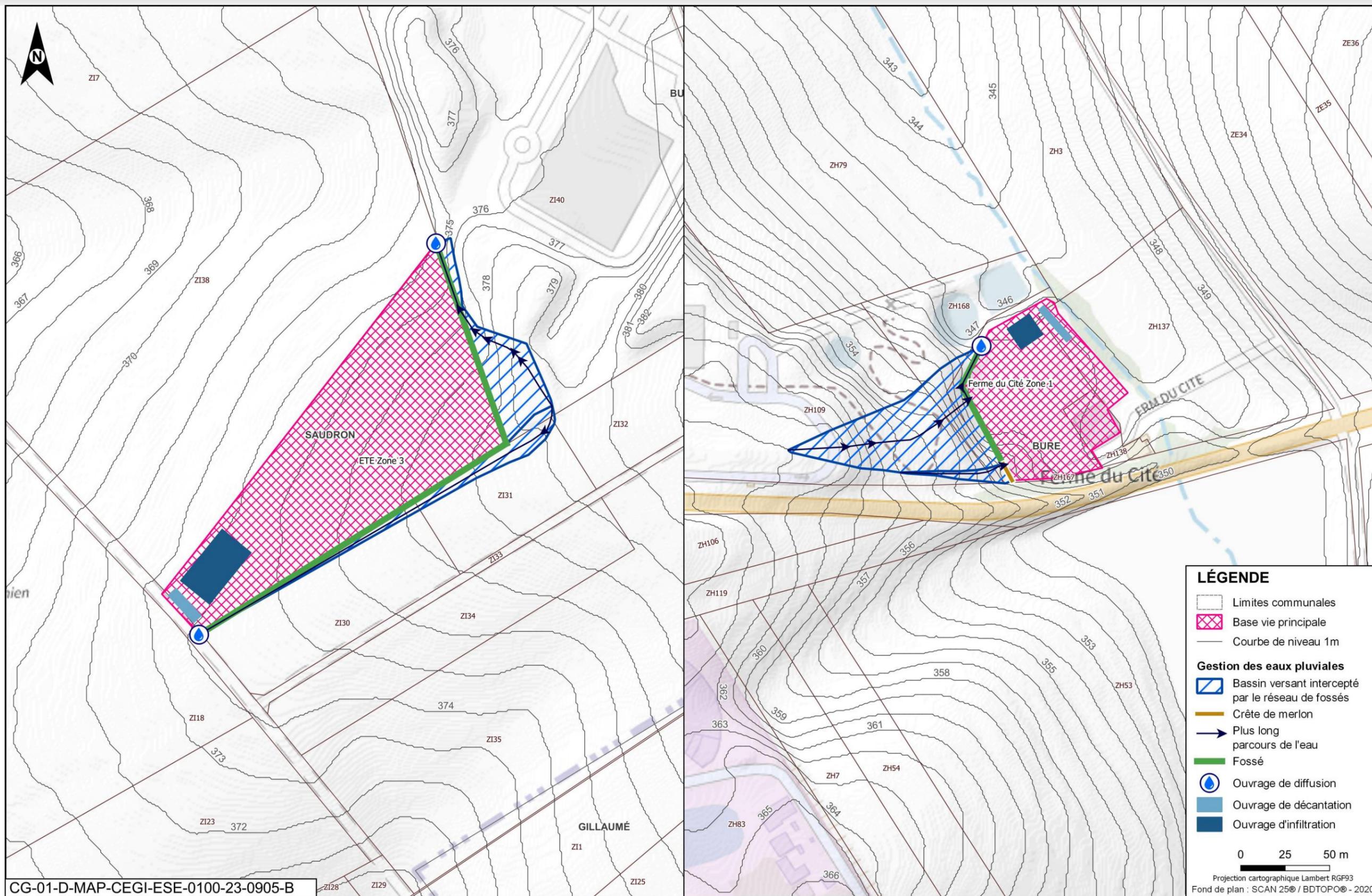


Figure 3-60 Principes de gestion des eaux pluviales sur les bases vie de Bure et de Saudron

#### 3.4.1.1.3 Zone de stockage des matériaux – base vie de Gondrecourt-le-Château

La zone de stockage des matériaux - base-vie de Gondrecourt-le-Château est située sur la plateforme logistique existante de Gondrecourt-le-Château, au sein d'un site industriel gardienné. Son utilisation dans le cadre du DR0 est limitée au stockage de matériaux et matériels non polluants sur 0,24 ha des 6,5 ha du site industriel.

#### 3.4.1.1.4 Zone de stockage des matériaux – base vie de Morley

La zone de stockage des matériaux - base-vie de Morley est une ancienne plateforme de forage démantelée, empierrée de 0,8 ha. Cette base-vie est déjà existante et artificialisée. Son utilisation est limitée au stockage de matériaux et matériels non polluants sur 0,25 ha.

#### 3.4.1.1.5 Zone de stockage des matériaux – base vie de Maulan

La zone de stockage des matériaux - base-vie de Maulan est une zone artificialisée, gardiennée, de 0,4 ha. Cette parcelle est déjà existante et imperméabilisée. Son utilisation est limitée au stockage de matériaux et matériels non polluants sur une surface de 0,24 ha.

#### 3.4.1.1.6 Zone de stockage des matériaux – base vie de Mandres-en-Barrois (bois Lejuc)

La zone de stockage des matériaux - base-vie de Mandres-en-Barrois, située dans le bois Lejuc est une plateforme empierrée existante de 0,13 ha. Des bacs de rétention seront mis en place pour gérer les potentiels incidents environnementaux.

### 3.4.2 Bases-vie secondaires

Neuf petites bases vies secondaires sont prévues au niveau des fouilles archéologiques. Elles sont terrassées pour les besoins du projet avec 30 cm avec géotextile perméables. Elles sont composées :

- d'un bungalow, bureau ;
- de cantonnements ;
- de sanitaires secs ;
- d'un local technique ;
- d'un parking pour véhicules légers.

Aucun stockage de produits d'hydrocarbures n'est prévu.

Au vu des activités non polluantes sur ces bases vies secondaires, l'infiltration des eaux pluviales s'effectuera sans dispositif spécifique.

La localisation des bases vie secondaires est présentée sur la figure 3-61.

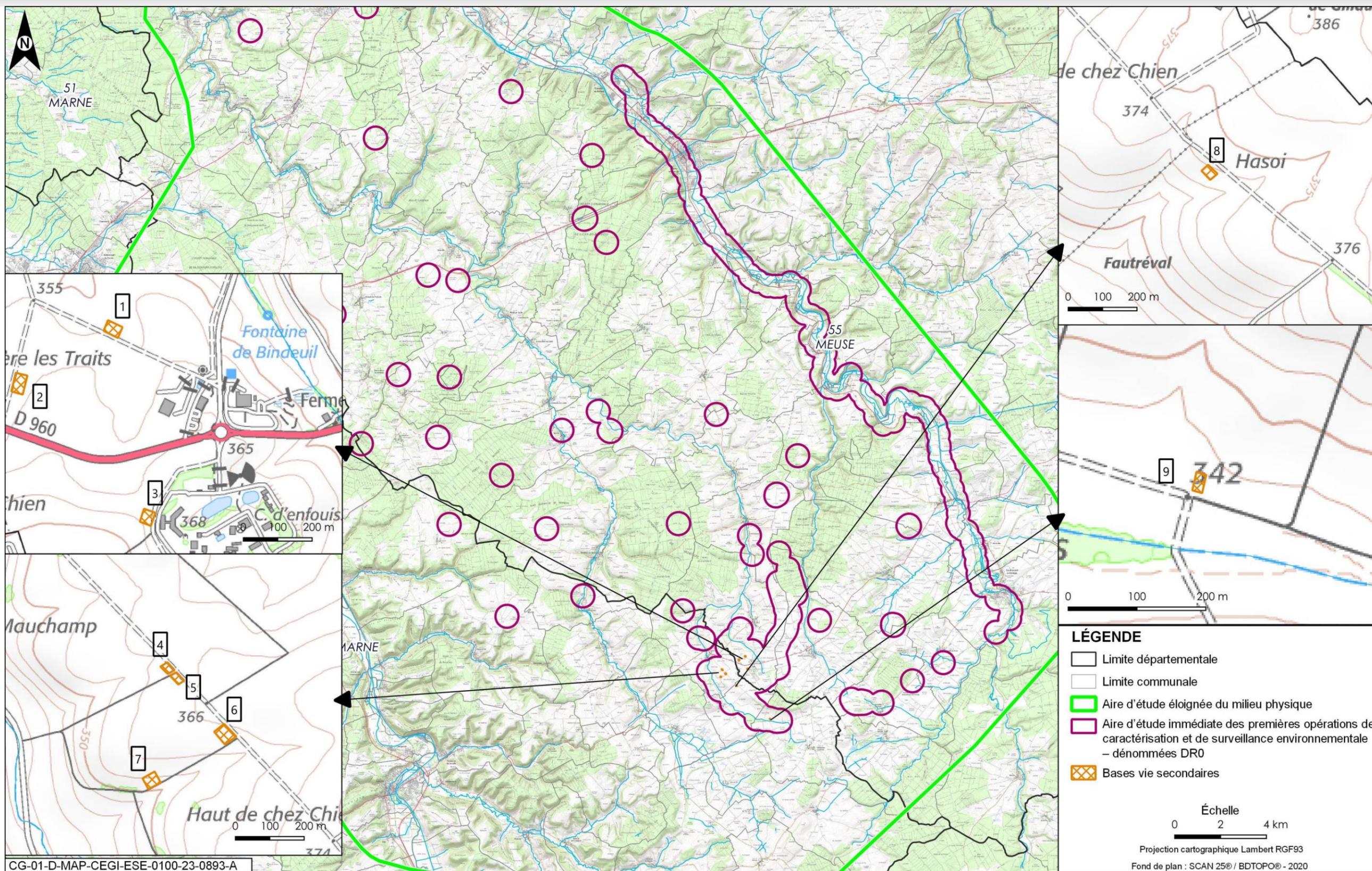


Figure 3-61 Carte de localisation des bases vie secondaires

# ANNEXES



## Annexe 1 Liste des communes concernées par les opérations DR0

### 1.1 Annexe tableau de localisation des premières opérations DR0

Tableau Annexe 1-1 Liste des communes de la Haute-Marne concernées par les premières opérations de caractérisation et surveillance environnementale - dénommées DR0

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Chevillon					1 plateforme avec 3 ouvrages								
Gillaumé				1 ouvrage	2 plateformes avec 1 ouvrage chacune						X	X	
Cirfontaines-en-Ornois											X	X	
Osne-le-Val					1 plateforme avec 2 ouvrages								
Paroy-sur-Saulx					1 plateforme avec 2 ouvrages								
Saudron				3 ouvrages	1 plateforme avec 1 ouvrage 1 plateforme avec 2 ouvrages						X		X

Tableau Annexe 1-2 Liste des communes de la Meuse concernées par les premières opérations de caractérisation et surveillance environnementale - dénommées DR0

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Abainville							1 carottage de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM OA) 1 carottage de Maçonnerie- Sondage Carotté- Sondage Pressiométrique Ouvrage d'art (CM-SC-SP/OA) 4 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T)						

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Aulnois-en-Perthois					1 plateforme avec 3 ouvrages								
Bar-le-Duc					1 plateforme avec 2 ouvrages								
Bazincourt-sur-Saulx					1 plateforme avec 2 ouvrages								
Biencourt-sur-Orge					1 plateforme avec 1 ouvrage								
Bonnet	Plateforme sud-est avec 3 ouvrages								X				
Brauvilliers					2 plateformes avec 3 ouvrages chacune								
Bure	Plateforme sud-ouest : avec 3 ouvrages		54 ouvrages	5 ouvrages	4 plateformes avec 2 ouvrages chacune			41 ouvrages	X		X	X	X
Demange-Baudignécourt							3 carottages de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM OA) 1 carottage de Maçonnerie Ouvrage Hydraulique (CM OH) 4 carottages de Maçonnerie- Sondage Carotté- Sondage Pressiométrique Ouvrage d'art (CM-SC-SP /OA) 12 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 2 sondages carottés (SC) 2 sondages pressiométriques (SP)						

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Givrauval							3 pelles mécaniques-piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 5 pelles mécaniques-rétablissement (PM-R) 1 sondage carotté (SC) 1 sondage pressiométrique (SP)						
Gondrecourt-le-Château						3 ouvrages	1 carottage de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM OA) 5 pelles mécanique-piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 pelle mécanique-rétablissement (PM-R) 1 piézomètre 3 sondages carottés (SC) 2 sondages pressiométriques (SP)		X				X
Horville-en-Ornois						1 ouvrage			X				

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Houdelaincourt	Plateforme nord-est : avec 3 ouvrages						4 carottages de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM OA) 2 carottages de Maçonnerie- Sondage Carotté- Ouvrage d'art (CM-SC/OA) 5 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 2 pelles mécanique- rétablissement (PM-R)		X				
Juvigny-en-Perthois					1 plateforme avec 3 ouvrages								
Ligny-en-Barrois					1 plateforme avec 3 ouvrages		1 carottage de Maçonnerie Ouvrage Hydraulique (CM OH) 4 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 pelle mécanique- rétablissement (PM-R)						
Longeaux							2 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 pelle mécanique- rétablissement (PM-R)						
Mandres-en-Barrois		42 ouvrages	11 ouvrages		1 plateforme avec 1 ouvrage				X	X		X	X
Maulan													X

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie	
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques		
Menaucourt							1 carottage de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM-OA) 4 carottages de Maçonnerie- Sondage Carotté- Sondage Pressiométrie Ouvrage d'art (CM-SC-SP /OA) 2 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 2 pelles mécanique- rétablissement (PM-R) 5 sondages carottés (SC) 5 sondages pressiométriques (SP)							
Ménil-sur-Saulx					1 plateforme avec 3 ouvrages									
Montiers-sur-Saulx					2 plateformes avec 3 ouvrages chacune									
Morley					1 plateforme avec 2 ouvrages 2 plateformes avec 3 ouvrages chacune									X
Naix-aux-Forges							3 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 sondage carotté (SC) 1 sondage pressiométrique (SP)							

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Nançois-sur-Ornain							1 carottage de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM-OA) 3 pelles mécanique-piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 3 sondages carottés (SC) 3 sondages pressiométriques (SP)						
Nantois							2 pelles mécanique-piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 pelle mécanique-rétablissement (PM-R) 3 sondages carottés (SC) 2 sondages pressiométriques (SP)						
Ribeaucourt	Plateforme nord-ouest : avec 4 ouvrages				1 plateforme avec 1 ouvrage				X				

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Saint-Amand-sur-Ornain							1 carottage de Maçonnerie Ouvrage Hydraulique (CM OH) 4 carottages de Maçonnerie- Sondage Carotté- Sondage Pressiométrique Ouvrage d'art (CM-SC-SP /OA) 4 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 pelle mécanique- rétablissement (PM-R)						
Saint-Joire					1 plateforme avec 1 ouvrage		1 carottage de Maçonnerie Ouvrage d'art (CM OA) 6 carottages de Maçonnerie- Sondage Carotté Ouvrage d'art (CM-SC/OA) 7 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T)						
Stainville					1 plateforme avec 3 ouvrages 1 plateforme avec 2 ouvrages								
Tannois					1 plateforme avec 2 ouvrages								
Trémont-sur-Saulx					1 plateforme avec 2 ouvrages								

Commune	Investigations géotechniques, géologiques et hydrogéologiques										Archéologie préventive		Zones de stockages des matériaux et bases vie
	Programme ZBS_FOND_UP1	Campagne géotechnique en ZP	Campagne géotechnique de la LIS	Piézomètres de caractérisation des zones humides (ZH)	Campagne de forages de reconnaissance de la formation des Calcaires du Barrois (CFB)	Piézomètres de l'ITE	Investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	Campagne géotechnique de la route départementale D60/960	Sismique réflexion	Sismique réfraction	Fouilles archéologiques	Diagnostics volontaires archéologiques	
Tréveray							3 carottages de Maçonnerie- Sondage Carotté Ouvrage d'art (CM-SC/OA) 8 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 4 pelles mécanique- rétablissement (PM-R)						
Tronville-en-Barrois							1 pelle mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 1 piézomètre (PZ) 2 sondages carottés (SC) 2 sondages pressiométriques (SP)						
Velaines					1 plateforme avec 2 ouvrages		5 pelles mécanique- piézomètres-tarière (PM-PZ-T) 2 pelles mécanique- rétablissement (PM-R) 1 sondage carotté (SC) 1 sondage pressiométrique (SP)						



# TABLES DES ILLUSTRATIONS

## Figures

Figure 2-1	Périmètre du projet global Cigéo	22	Figure 3-34	Couronne de carottage vissée sur un carottier	81
Figure 2-2	Implantation des différentes opérations du projet global Cigéo - Vue rapprochée	23	Figure 3-35	Taillant connecté à un marteau fond de trou pour forage à l'air	81
Figure 2-3	Les phases temporelles du projet global Cigéo	25	Figure 3-36	Principes de forages équipés de piézomètre	82
Figure 2-4	Description des phases temporelles du projet global Cigéo	27	Figure 3-37	Édicule de grande dimension	82
Figure 2-5	Schéma d'ordonnancement des principales procédures nécessaires à la création et à la construction du projet global Cigéo	31	Figure 3-38	Édicule petite dimension	82
Figure 2-6	Procédure d'instruction de l'autorisation environnementale (Source : ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires)	32	Figure 3-39	Équipement d'un forage pour essai d'eau	83
Figure 3-1	Carte de localisation de l'ensemble des travaux projetés	36	Figure 3-40	Schéma de principe d'un essai cross-hole	83
Figure 3-2	Carte zoom des travaux projetés	37	Figure 3-41	Schéma de principe d'un essai pressiométrique	84
Figure 3-3	Carte zoom des travaux projetés - secteurs zone de descenderie et LIS	38	Figure 3-42	Photographie d'un sondage pour essai pressiométrique (Source : Egis, projet Pau-Canfranc)	84
Figure 3-4	Localisation générale des diagnostics volontaires archéologiques	40	Figure 3-43	Schéma de principe d'un test en pompage	85
Figure 3-5	Disposition des sondages en type 1 ou en type 2	41	Figure 3-44	Principe d'acquisition sismique réfraction	86
Figure 3-6	Exemple de tranchée de diagnostic archéologique	41	Figure 3-45	Localisation de la campagne géotechnique de la LIS	87
Figure 3-7	Exemple de réalisation en quinconce des diagnostics archéologiques	41	Figure 3-46	Photographie d'un sondage carotté (Source : Egis, projet Pau-Canfranc)	89
Figure 3-8	Localisation des surfaces réservées des fouilles archéologiques	43	Figure 3-47	Localisation générale des piézomètres de l'ITE	91
Figure 3-9	Méthodologie de fouille à l'emplacement de chemins existants	44	Figure 3-48	En haut : dalle béton ; en bas à gauche : système d'acquisition et protection du tube ; en bas à droite : édicule	92
Figure 3-10	Barnum entièrement couvert et fermé avec chauffage	45	Figure 3-49	Localisation générale des piézomètres en ZH	94
Figure 3-11	Concentrations de vestiges et hypothèses de zones de fouilles - lot 1	47	Figure 3-50	Structure de la formation des Calcaires du Barrois	95
Figure 3-12	Localisation des déblais - lot 1	48	Figure 3-51	Localisation générale des plateformes de forages de reconnaissance de la formation du Calcaire du Barrois	97
Figure 3-13	Exemple de système de gestion des eaux pluviales sur le lot 1	50	Figure 3-52	Exemple de configuration d'une plateforme à trois forages	98
Figure 3-14	Exemple de principe de gestion des eaux pluviales sur le lot 2	52	Figure 3-53	Photographie de la ligne 027000	99
Figure 3-15	Concentrations de vestiges et hypothèses zones de fouilles - lot 2	54	Figure 3-54	Localisation générale des investigations géotechniques de la ligne SNCF 027000	100
Figure 3-16	Localisation des déblais - lot 2	55	Figure 3-55	Photographie d'un sondage carotté sur ligne ferroviaire	101
Figure 3-17	Exemple de phasage des fouilles pour le quart sud-est de l'enceinte du Néolithique	56	Figure 3-56	Photographie essais pressiométrique sur ligne ferroviaire	102
Figure 3-18	Exemple de principe de gestion des eaux pluviales sur le lot 3	59	Figure 3-57	Exemple d'essai au pénétromètre dynamique	103
Figure 3-19	Concentrations de vestiges et hypothèse zones de fouilles - lot 3	61	Figure 3-58	Localisation de la campagne géotechnique de la route départementale D60/960	104
Figure 3-20	Localisation des déblais - lot 3	62	Figure 3-59	Localisation générale des zones de stockage et bases vie principales	106
Figure 3-21	Localisation des plateformes du programme de forages profonds de caractérisation en limite de ZIOS	65	Figure 3-60	Principes de gestion des eaux pluviales sur les bases vie de Bure et de Saudron	108
Figure 3-22	Principales limites stratigraphiques et principales unités géologiques du Callovo-Oxfordien	67	Figure 3-61	Carte de localisation des bases vie secondaires	110
Figure 3-23	Emprise de la plateforme nord-ouest	69			
Figure 3-24	Emprise de la plateforme nord-est	70			
Figure 3-25	Emprise de la plateforme sud-ouest	71			
Figure 3-26	Emprise de la plateforme sud-est	72			
Figure 3-27	Principe de gestion des eaux pluviales sur les plateformes ZBS	73			
Figure 3-28	Schéma du fond de la fosse	74			
Figure 3-29	Photographie de la cave du fond de fosse	75			
Figure 3-30	Principes d'aménagement de plateforme	76			
Figure 3-31	Exemple de viscosifiant constituant la boue de forage	77			
Figure 3-32	Lettre du fournisseur du viscosifiant	78			
Figure 3-33	Localisation générale des forages en ZP et des lignes sismiques réfraction	80			

## Tableaux

Tableau 1-1	Tableau des rubriques de la nomenclature	6
Tableau 1-2	Chapitres constitutifs de la Pièce DAE1 - Volet Chapeau	9
Tableau 1-3	Chapitres constitutifs de la « Pièce DAE3 - Note de présentation non technique »	10
Tableau 1-4	Chapitres constitutifs de la « Pièce DAE4 - Volet IOTA »	11
Tableau 1-5	Chapitres constitutifs de la « Pièce DAE5 - Volet dérogation espèces protégées »	13
Tableau 1-6	Répartition du contenu réglementaire de l'étude d'impact fixé par les articles L. 122-1 et R. 122-5 du code de l'environnement	15
Tableau 3-1	Surfaces de fouilles du lot 1	46
Tableau 3-2	Données du lot 1	46
Tableau 3-3	Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 1	49
Tableau 3-4	Synthèse des surfaces réservées et de fouilles du lot 2	51
Tableau 3-5	Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 2 (III-b-1 et III-b-3) et lot 3 (III-a-1)	51
Tableau 3-6	Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 2 (V, VI-a et VI-b)	51
Tableau 3-7	Données du lot 2 par zone	53
Tableau 3-8	Données du lot 2 par zone	53
Tableau 3-9	Données du lot 2 par zone	57
Tableau 3-10	Synthèse des surfaces réservées et de fouilles du lot 3	57
Tableau 3-11	Caractéristiques du système de gestion des eaux sur le lot 3	58
Tableau 3-12	Données du lot 3 par zone	60
Tableau 3-13	Données du lot 3 par zone	60
Tableau 3-14	Données du lot 3 par zone	60
Tableau 3-15	Emprises chantier évaluées	64
Tableau 3-16	Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux calculées pour une pluie décennale au niveau des plateformes du programme ZBS_FOND_UP1.	68
Tableau 3-17	Dimensions de carottier	77
Tableau 3-18	Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux calculées pour une pluie décennale au niveau de la base vie principale de Bure.	107
Tableau 3-19	Caractéristiques des ouvrages de gestion des eaux calculées pour une pluie décennale au niveau de la base vie principale de Saudron.	107
Tableau Annexe 1-1	Liste des communes de la Haute-Marne concernées par les premières opérations de caractérisation et surveillance environnementale - dénommées DR0	112
Tableau Annexe 1-2	Liste des communes de la Meuse concernées par les premières opérations de caractérisation et surveillance environnementale - dénommées DR0	112

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE12 - Addendum - Ajustement du périmètre technique des campagnes de sondage du dossier DR0. Andra (2024). Document N°CG-01-D-NTE-AMOA-ESE-0100-24-0001.
- 2 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE5 - Volet dérogation espèces protégées (article L. 411-2). Andra (2024). Document N°CG-01-D-NTE-AMOA-ESE-0100-23-0005.
- 3 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 (JORF), N°1.
- 4 Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Assemblée nationale; Sénat (2006). Journal officiel de la République française (JORF). Vol. 1, N°ECO0600036L.
- 5 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE2 - Cerfa DAE (n° 15964\*03). Andra (2024). Document N°CG-01-D-NTE-AMOA-ESE-0100-23-0002.
- 6 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE3 - Note de présentation non technique (article R. 181-13). Andra (2024). Document N°CG-01-D-PRE-AMOA-ESE-0100-23-0003.
- 7 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE4 - Volet IOTA. Andra (2024). Document N°CG-01-D-NTE-AMOA-ESE-0100-23-0004.
- 8 Dossier de demande d'autorisation environnementale et d'urbanisme - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo. Andra (2024). Document N°CG-01-D-EDM-AMOA-ESE-0100-23-0006.
- 9 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE7 - Formulaire évaluation des incidences sur les sites Natura 2000. Andra (2024). Document N°CG-01-D-FOR-AMOA-ESE-0100-23-0007.
- 10 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE8 - Éléments graphiques. Andra (2024). Document N°CG-01-D-PRE-AMOA-ESE-0100-23-0008.
- 11 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE9 - Fiches ouvrages. Andra (2024). Document N°CG-01-D-FIO-AMOA-ESE-0100-23-0009.
- 12 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE10 - Fiches mesures d'évitement, de réduction et de compensation. Andra (2024). Document N°CG-01-D-FIM-AMOA-ESE-0100-23-0010.
- 13 Dossier de demande d'autorisation environnementale - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE11 - Justification de la maîtrise foncière. Andra (2024). Document N°CG-01-D-JMF-AMOA-ESE-0100-22-0007.
- 14 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU1 - Guide de lecture. Andra (2024). Document N°CG-01-D-GUI-AMOA-CM1-0100-23-0004.
- 15 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU2 - Note de présentation non technique (article L. 123-6 du code de l'environnement). Andra (2024). Document N°CG-01-D-PRE-AMOA-CM1-0100-23-0005.
- 16 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU3 - Objet de l'enquête publique, informations juridiques et administratives. Andra (2024). Document N°CG-01-D-NSY-AMOA-CM1-0100-23-0001.
- 17 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU4 - Avis émis sur le projet et réponses de l'Andra. Andra (2024). Document N°CG-01-D-NTE-AMOA-CM1-0100-23-0001.
- 18 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU5 - Bilan de la participation du public. Andra (2024). Document N°CG-01-D-BLN-AMOA-CM1-0100-23-0002.
- 19 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU6 - Glossaire et acronymes. Andra (2024). Document N°CG-01-D-LST-AMOA-CM1-0100-23-0003.
- 20 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU7 - Étude de maîtrise des risques du dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo - Pour information. Andra (2024). Document N°CG-01-D-ERQ-AMOA-SR0-0100-23-0001.
- 21 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées (version consolidée). Ministère de l'Agriculture et de la Pêche; Ministère de l'Écologie et du Développement durable (2023). Journal officiel de la République française (JORF), N°DEVN0700160A.
- 22 Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Conseil des communautés européennes (1992). Journal officiel des Communautés européennes (JOCO). Vol. L206, pp.7-50.
- 23 Directive 2009/147/CE du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2009). Journal officiel de l'Union européenne, N°L20, pp.7-25.
- 24 Arrêté SRA n° 2014-256 du 22 juillet 2014 portant prescription d'un diagnostic archéologique. Préfet de la région Lorraine (2014).
- 25 Arrêté n° 2014-309 du 30 juillet 2014 portant prescription d'un diagnostic archéologique. Préfet de la région Champagne-Ardenne (2014).
- 26 Arrêté inter-préfectoral n° 2021-2068 du 9 août 2021 portant ouverture d'une enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique (DUP) du projet de centre de stockage en couche géologique profonde des déchets radioactifs en HA et MA-VL (Cigéo). Préfet de la Haute-Marne; Préfet de la Meuse (2021), N°2021-2068.
- 27 Arrêté SRA n° 2017/C162 du 11 avril 2017 portant prescription d'une fouille archéologique préventive. Préfet de la région Grand Est (2017).
- 28 Arrêté SRA n° 2017/L59 en date du 8 février 2017 prescrivant la réalisation d'une fouille archéologique préventive. Préfet de la région Grand Est (2017).
- 29 Arrêté SRA n° 2017/L60 en date du 8 février 2017 prescrivant la réalisation d'une fouille archéologique préventive. Préfet de la région Grand Est (2017).
- 30 Arrêté du 11 septembre 2003 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux prélèvements soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant des rubriques 1.1.2.0, 1.2.1.0, 1.2.2.0 ou 1.3.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié (version en vigueur depuis le 1er

octobre 2006). Ministère de l'Écologie et du Développement durable; Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées (2006). Journal officiel de la République française (JORF), N°DEVE0320170A.

- 31 Eurocode 7 : calcul géotechnique - Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais. Association française de normalisation (AFNOR) (2007), NF EN 1997-2.





**AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION  
DES DÉCHETS RADIOACTIFS**

1-7, rue Jean-Monnet  
92298 Châtenay-Malabry cedex  
[www.andra.fr](http://www.andra.fr)

