

DOSSIER D'ENQUÊTE PRÉALABLE :

- À LA DÉCLARATION D'UTILITÉ PUBLIQUE DU PROJET,
- À LA MISE EN COMPATIBILITÉ DES PLANS LOCAUX D'URBANISME,
- AU CLASSEMENT DES VOIES.

Mai 2026

PIÈCE K.11

Annexe 10 : Étude de faisabilité de réemploi
des terres excavées

A31 Bis

Au cœur du sillon lorrain

SECTEUR NORD

RICHEMONT – FRONTIÈRE
LUXEMBOURGEOISE

Révision du document

Indice du document	Date du document	Modifications apportées
A	Mai 2025	Consultations interservices
B	Février 2026	Mise à jour suite à l'avis de l'Autorité environnementale

Table des matières

1. PERIMETRE DE L'ETUDE DE FAISABILITE	6
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE RELATIF A LA GESTION DES MATERIAUX EXCAVES.	7
2.1. Statut des matériaux excavés dans le cadre du projet	8
2.2. Réglementation actuelle relative au réemploi des terres	8
2.2.1. Évacuation et modalités de transport	8
2.2.2. Apport de matériaux pour les besoins en aménagement paysager	9
2.3. Réglementation actuelle relative aux terres fertiles	9
2.3.1. Norme NFU 44 551 relative aux supports de culture.....	9
3. ESTIMATION DES VOLUMES DE MATERIAUX EXCAVES	11
3.1. Géologie rencontrée dans le cadre du projet	11
3.2. Géotechnique des matériaux rencontrés	11
3.2.1. Classification GTR des sols.....	11
3.3. Volumes de déblais par typologie	13
3.4. Volume de terres végétales.....	13
3.5. Besoin en matériaux	14
4. TYPOLOGIES DES DEBLAIS DE TUNNELIER.....	15
4.1. Rappel sur le creusement au Tunnelier	15
4.2. Caractéristiques des déblais de tunnelier	16
4.2.1. Incidence des méthodes de creusement sur la qualité et la valorisation des matériaux excavés	16
4.2.2. Tunnelier à pression de terre	16
4.2.3. Tunnelier à pression de boue.....	17
4.2.4. Stratégie de caractérisation des matériaux	18
4.3. Synthèse des méthodes de creusement	18
5. STRATEGIE DE GESTION DES MATERIAUX EXCAVES.....	19
5.1. Stratégie de gestion privilégiée	22
5.2. Critères de réemploi des terres pour le besoin du projet.....	22
5.2.1. Critères de réemploi des terres.....	22
5.2.2. Maintien de la qualité du site receveur.....	24
5.2.3. Préservation de la ressource en eau	24
5.2.4. Compatibilité avec l'usage futur du site receveur sur le plan sanitaire	25
5.3. Pistes de valorisation identifiées	25
5.3.1. Potentiel géotechnique de réemploi des matériaux vis-à-vis des pistes de gestion identifiées	26
5.3.2. Hypothèses prises en compte	27
5.3.3. Qualité des matériaux rencontrés	27

5.3.4. Réemploi en remblais ou en couche de forme.....	34
5.3.5. Production de substitut de terre végétale à partir des terres excavées.....	34
5.3.6. Mise en modelés des matériaux.....	35
5.3.7. Opportunité du crassier de Marspich	37
5.3.8. Transfert des matériaux en carrières.....	38
5.3.9. Fabrication d'écomatériaux.....	39
5.3.10. Béton bas carbone	42
5.3.11. Problématique des déblais pyritifères	42
6. ETUDE DU POTENTIEL DE STOCKAGE DES DEBLAIS	44
6.1. Phasage des travaux et mouvement des matériaux.....	44
6.1.1. Capacité de stockage nécessaire pour la réception des matériaux excavés	46
6.1.2. Capacité de stockage temporaire disponible	49
6.1.3. Stockage temporaire des matériaux au sein de friches.....	49
6.1.4. Transfert des matériaux en Installations de stockage de déchets	51
6.1.5. Modalités de mobilisation des surfaces, cadre réglementaire et études environnementales associées	53
6.2. Bilan de mouvement des matériaux.....	54
7. MODALITES DE GESTION DES TERRES VEGETALES	55
7.1. Caractérisations préalables	55
7.1.1. Caractérisations pédologiques.....	55
7.2. Modalités de décapage des terres végétales	55
7.3. Constitution des plateformes de terre végétale	55
8. COMPATIBILITE DU PROJET VIS-A-VIS DES DOCUMENTS D'URBANISME.....	57
8.1. Compatibilité vis-à-vis du PLU.....	57
8.2. Compatibilité vis-à-vis du PPRI.....	59
9. MODALITES DE GESTION, DE CONTROLES ET DE TRAÇABILITE.....	64
9.1. Modalités de stockage provisoire	64
9.2. Modalités de transport des matériaux excavés	65
9.3. Modalités de remise en état et de contrôle des dépôts définitifs	66
9.3.1. Accord des propriétaires des parcelles	66
9.3.2. Déchargement et contrôle des terres excavées	66
9.3.3. Modalités de restitution des dépôts définitifs.....	66
9.3.4. Attestation de conformité.....	66
9.4. Modalités de traçabilité des matériaux	67
9.4.1. Registre des mouvements des matériaux – à l'échelle du chantier	67
9.4.2. Registre des mouvements des matériaux – à l'échelle nationale	68

10. POURSUITE DE L'ETUDE.....	69
11. ANNEXES	70
11.1. Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4.....	70
11.2. Localisation des sondages et qualité chimique associée	71
11.3. Équilibre déblais remblais détaillé	79
11.4. Détail des friches dans un rayon de 5 km autour du projet.....	80

Table des figures

Figure 1 : Profil en long géologique.....	12
Figure 2 : Photographie de marins de tunnelier en sortie d'excavation (INGÉROP, Mars 2023).....	16
Figure 3 : Schéma de traitement des déblais de tunnelier à pression de boue après extraction.....	17
Figure 4 : Stratégie de gestion des matériaux excavés dans le cadre du projet de l'A31bis.....	21
Figure 5 : Principe de la démarche de valorisation des terres excavées à trois niveaux (Guide de valorisation des terres excavées du BRGM, avril 2020)	23
Figure 6 : Localisation des périmètres de protection des différents captages identifiés à proximité des zones de dépôts	24
Figure 7 : Recommandation de schéma décisionnel pour orienter la caractérisation des déblais (BRGM/RP-71252-FR).....	32
Figure 8 : Répartitions des déblais par typologie de matériaux et filière d'élimination	33
Figure 9 : Dépôts disponibles au droit du Secteur A31 / RN52 (INGÉROP, 2024).....	36
Figure 10 : Dépôts disponibles au droit des secteurs Secteur Ex-A31 / RD13/ RD14 et RD953 (INGÉROP, 2024)	37
Figure 11 : Typologie de ressources classiquement utilisées par Néo-Eco pour produire des écomatériaux.....	41
Figure 12 : Processus de fabrication du laitier de haut fourneau (coproduit).....	42
Figure 13 : Processus de fabrication des argiles calcinées.....	42
Figure 14 : Évolution des volumes de matériaux dans le temps (trait plein, axe des ordonnées gauche) et en cumulé (en pointillé, axe des ordonnées droit) et par phase de travaux	45
Figure 15 : Évolution de l'équilibre ressource/besoin cumulé au cours du temps	47
Figure 16 : Évolution de la surface disponible nécessaire pour le stockage des matériaux excavés au cours du temps	47
Figure 17 : Localisation des friches autour du projet (Classement des friches selon la surface en hectare)	50
Figure 18 : Localisation des Installations de stockage et de transit à proximité du projet (Source : Géorisques)	53
Figure 19 : Modalité de stockage sur la plateforme de terre végétale.....	56
Figure 20 : Compatibilité du projet vis à vis du zonage règlementaire du PLU (communes de Florange, Hayange et Serémange-Erzange)	57
Figure 21 : Compatibilité du projet vis à vis du zonage règlementaire du PLU (communes de Florange, Fameck, Uckange et Richemont)	58
Figure 22 : Compatibilité du projet vis-à-vis du PPRI (Zoom Fameck, Séremange -Erzange et Uckange).....	61
Figure 23 : Compatibilité du projet vis-à-vis du PPRI (Zoom Florange - Richemont).....	62
Figure 24 : Localisation du réseau ferroviaire à proximité du projet.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de la réglementation actuelle vis-à-vis du réemploi des terres excavées	7
Tableau 2 : Teneurs limites en Éléments Traces Métalliques (mg/kg MS) - Norme NFU 44 551	10
Tableau 3 : Tableau récapitulatif des classifications GTR par formation (Mission G2-AVP - Note chapeau : A31bis, INGÉROP, 2022)	11
Tableau 4 : Volume de matériaux excavés dans le cadre du projet (INGÉROP, 2024)	13
Tableau 5 : Volume de terres végétales excavés dans le cadre du projet (INGÉROP, 2024).....	13
Tableau 6 : Besoins en matériaux identifiés dans le cadre du projet (INGÉROP, 2024)	14
Tableau 7 : Synthèse des méthodes de creusement par tunnelier	15
Tableau 8 : Liste des valeurs seuils de niveau 1 pour les substances organiques	23
Tableau 9 : Liste des valeurs seuils de niveau 1 pour les éléments traces métalliques et les composés organiques persistants.....	23
Tableau 10 : Pistes de valorisation identifiées dans le cadre du projet.....	25
Tableau 11 : Statistiques des teneurs en dioxines/furannes mesurées (BRGM – RP56132-FR, Mars 2008).....	28
Tableau 12 : Synthèse des sites investigués dans le cadre du diagnostic environnemental (Source : BS Consultants, 2025)	30
Tableau 13 : Clé de répartition par lithologie et par qualité (%) déterminée à l'échelle du projet	33
Tableau 14 : Rappel des volumes en jeu (INGÉROP, 2024)	34
Tableau 15 : Volume de matériaux réemployés sur site en remblais et couche de forme (INGÉROP, 2024).....	34
Tableau 16 : Valeurs seuils des principales propriétés physico chimiques du sol pour estimer sa fertilité (Source: ADEME SITERRE).....	34
Tableau 17 : Capacité de stockage disponible pour le projet (INGÉROP, 2024)	37
Tableau 18 : Carrière pouvant utiliser des matériaux issus du BTP en vue de leur remise en état (les informations mentionnées en italique sont issues d'hypothèses).....	38
Tableau 19 : Analyses des données relatives à la lithologie des terrains rencontrés dans le cadre du projet de l'A31bis	40
Tableau 20 : Exemples de formulations développées par Néo-Eco dans le cadre de la gestion de marins de tunnelier	41
Tableau 21 : Exemple d'écomatériaux produits en fonction du type de gisement de matériaux (Néo-Eco, 2024) ..	41
Tableau 22 : Équilibre ressource/ besoin réalisé pour les déblais	46
Tableau 23 : Équilibre Ressource / Besoin réalisé pour les Terres végétales	46
Tableau 24 : Surface de stockage nécessaire pour le stockage des matériaux excavés	47
Tableau 25 : Capacité de stockage temporaire disponible pour le projet (INGÉROP, 2024).....	49
Tableau 26 : Informations relatives aux friches identifiées à proximité du projet (Surface > 2 ha).....	49
Tableau 27 : Installation de stockage de déchets inertes localisées à proximité du projet.....	51
Tableau 28 : Installation de stockage de déchets non dangereux localisé à proximité du projet.....	51
Tableau 29 : Installation de stockage de déchets dangereux localisé à proximité du projet	52

Tableau 30 : Présentation des différentes plateformes de transit identifiée	52
Tableau 31 : Bilan volumétrique de la stratégie de gestion des matériaux	54
Tableau 32 : Modalités de constitution des andains	56
Tableau 33 : Analyse de la compatibilité des PLU en vigueur vis-à-vis du projet.....	58
Tableau 34 : Analyse de compatibilité du projet vis-à-vis des PLU en vigueur dans les communes concernées.....	59
Tableau 35 : Rubriques ICPE des installations de stockage.....	64
Tableau 36 : Avantages et inconvénients des modes de transports de matériaux	65

1. Périmètre de l'étude de faisabilité

Dans le cadre des études de conception de Maitrise d'œuvre de l'A31bis, un volume non négligeable de matériaux excavés à gérer a pu être estimé. Afin d'optimiser la gestion de ces déblais, il a été demandé par la DREAL à l'équipe de maîtrise d'œuvre de réfléchir sur le potentiel de réemploi/réutilisation des terres excavées qui pourrait s'avérer plus intéressant que la simple évacuation et élimination vers des centres de traitement agréés.

Pour cela, il est proposé, dans un premier temps, la réalisation d'une étude de faisabilité afin de confirmer le potentiel de réemploi/réutilisation et de valorisation des terres excavées, et notamment :

- Les déblais générés par le tunnelier
- Les terres végétales,
- Tout autres déblais générés par le projet

L'étude de faisabilité s'inscrit dans une volonté de vérifier le potentiel de réutilisation de tout ou partie des terres excavées (terres fertiles y compris) en remblais ou en tant que sol pour les aménagements paysagers.

Il est à noter que les déchets autre que les terres excavées (par exemple enrobés, béton,) ne sont pas considérés dans la présente étude de faisabilité.

2. Contexte réglementaire relatif à la gestion des matériaux excavés.

La démarche de réemploi est directement liée à une réglementation actuelle et évolutive, et qui s'applique à la gestion des déblais du présent marché :

- Textes de loi (arrêté et décrets d'application)
- Autorisations au titre du code de l'environnement : étude d'impact du projet, autorisation environnementale, installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), réglementation sur les déchets, etc. ;

S'ajoutent également des guides méthodologiques ou d'interprétation des réglementations en vigueur : notamment les guides de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués et non issus de sites et sols pollués dans des projets d'aménagement (avril 2020).

Ci-dessous une synthèse de la réglementation actuelle vis-à-vis du réemploi des terres excavées, qui devra être prise en considération pour la stratégie de gestion des matériaux dans le cadre du projet.

Tableau 1 : Synthèse de la réglementation actuelle vis-à-vis du réemploi des terres excavées

Réglementation	Document/article spécifique	Date de parution	Synthèse du texte réglementaire vis-à-vis du réemploi des terres
Texte de loi	Directive Cadre Européenne sur les Déchets et transposition dans le droit français 2008/98/CE art. 2-1-c Exclusions du champ d'application	2008	Ce texte institue un cadre légal pour le traitement des déchets dans l'Union européenne (UE). Ce cadre vise à protéger l'environnement et la santé humaine en soulignant l'importance de l'utilisation de techniques appropriées pour la gestion, la valorisation et le recyclage des déchets permettant de réduire la pression sur les ressources et d'améliorer leur utilisation. Sont exclus du champ d'application les sols pollués non excavés, et les sols non pollués et autres matériaux géologiques naturels excavés au cours d'activités de construction lorsqu'il est certain que les matériaux seront utilisés aux fins de construction dans leur état naturel sur le site même de leur excavation
Texte de loi	Directive modificative 2018/851	2018	La directive (UE) 2018/851 modifie la directive 2008/98/CE dans le cadre d'un ensemble de mesures sur l'économie circulaire
Texte de loi	Arrêté fixant le contenu des registres mentionnés aux articles R. 541-43 et R. 541-46 du code de l'environnement	29/02/2012	Explication de la tenue d'un registre chronologique des déchets (entrants et sortants) pour les exploitants des installations de transit, de regroupement ou de traitement de déchets
Code de l'environnement	Article L541-32	19/08/2015	« Toute personne valorisant des déchets pour la réalisation de travaux d'aménagement, de réhabilitation ou de construction doit être en mesure de justifier auprès des autorités compétentes de la nature des déchets utilisés et de l'utilisation de ces déchets dans un but de valorisation et non pas d'élimination. Dans le cadre de ces travaux, l'enfouissement et le dépôt de déchets sont interdits sur les terres agricoles, à l'exception de la valorisation de déchets à des fins de travaux d'aménagement ou de la valorisation de déchets autorisés à être utilisés comme matières fertilisantes ou supports de culture. »

Réglementation	Document/article spécifique	Date de parution	Synthèse du texte réglementaire vis-à-vis du réemploi des terres
Texte de loi	Circulaire Modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de la gestion des déchets	25/04/2017	<u>Gestion des terres dans l'emprise du site</u> Les terres excédentaires non évacuées du site de leur excavation ne prennent pas le statut de déchet si elles sont stockées sur ou à proximité du site d'excavation. <u>Gestion des terres hors site</u> Dans le cas où les terres excavées doivent sortir du site, celles-ci prennent le statut de déchets. Les modalités de leur gestion sont alors spécifiques à leur exutoire.
Texte de loi	Loi anti-gaspillage et économie circulaire Article 12 LC II	10/02/2020	Texte indiquant les obligations des informations relatives aux terres excavées (quantité, nature, origine, destination, moyen de transport, mode de traitement ou d'élimination) auprès de l'autorité administrative. Sont concernés les terres excavées dès lors qu'ils sont extraits de leur emplacement d'origine et ne sont pas utilisés sur le site même de leur excavation, qu'ils aient ou non le statut de déchet.
Texte de loi	Note d'explication de la nomenclature ICPE des installations de gestion et traitement de déchets du 10/12/2020	10/12/2020	Note explicative de la circulaire d'avril 2017, clarifiant notamment certains points réglementaires dans les cas où l'aménagement ou l'opération de génie civil est soumis à la procédure d'autorisation environnementale unique (AENV), y compris en cas de déclaration d'utilité publique (DUP) : « Un dépôt temporaire de déblais, dès lors que le dossier et l'arrêté préfectoral accordé permettent de garantir que l'ensemble des déblais transitant sur ce dépôt feront l'objet d'un réemploi sur site à des fins d'aménagement intrinsèquement utiles (digue de protection, chemin d'accès, etc.) n'est pas à classer au titre du statut de déchet des déblais »
Texte de loi	Décret relatif à la traçabilité des déchets, des terres excavées et des sédiments	25/03/2021	Le décret définit les exigences relatives au registre chronologique et registre national qui sera mis en application le 1er janvier 2022. Il est notamment fait l'obligation de tenir un registre chronologique de production, l'expédition et de la réception de ces terres, pour les sites où les terres excavées font l'objet d'une valorisation. La définition d'un site d'excavation est précisée pour les terres excavées : emprise des travaux ou emprise foncière sous responsabilité ICPE si moins de 30 km séparent le lieu d'excavation du lieu des travaux ou de l'ICPE
Texte de loi	Arrêté fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les terres excavées et sédiments ayant fait l'objet d'une préparation en vue d'une utilisation en génie civil ou en aménagement	01/04/2021	Arrêté fixant les critères de sortie de statut d'un déchet
Code de l'environnement	Article R-541-43-1 du code de l'environnement	01/04/2021	Registre chronologique des terres excavées pour « les personnes produisant ou expédiant des terres excavées et des sédiments, les collecteurs, les transporteurs, les négociants, les courtiers, les exploitants des installations de transit, de regroupement ou de traitement de terres excavées et sédiments, et les personnes valorisant des terres excavées et des sédiments »
Texte de loi	Arrêté fixant le contenu des registres déchets, terres excavées et sédiments mentionnés aux articles R. 541-43 et R. 541-43-1 du code de l'environnement	31/05/2021	Clarification des registres déchets et notamment les terres excavées. Il reprend les informations des registres des déchets entrants, sortants, transportés ou collectés et gérés par un tiers, déjà prévues par l'arrêté du 29 février 2012 - qui sera abrogé au 1 ^{er} janvier 2022. Le texte précise ces informations et les complètes (nature et origine du déchet, contamination éventuelle, identité du producteur du déchet, etc.) Il fixe également le contenu des nouveaux registres de terres excavées ou sédiments prévus par l'article R. 541-43-1. Des informations relatives à la date d'entrée dans l'installation, à la dénomination, nature et quantité des terres et sédiments, à leur origine et leur transport ainsi qu'à l'opération de traitement doivent y figurer. Ce texte s'applique à compter du 1 ^{er} janvier 2022

2.1. Statut des matériaux excavés dans le cadre du projet

Le statut des terres excavées est défini par la Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets.

L'Article 2 précise que : « Sont exclus du champ d'application de la Directive :

- les sols (in situ) y compris les sols non excavés et les bâtiments reliés au sol de manière permanente ;
- les sols non pollués et autres matériaux géologiques naturels excavés au cours d'activités de construction lorsqu'il est certain que les matériaux seront utilisés aux fins de construction dans leur état naturel sur le site même de leur excavation ; »

Ce principe est retranscrit en droit français, notamment au travers de l'Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 ou encore de la note de la DGPR d'explication de la nomenclature déchets du 10 décembre 2020.

L'arrêté n°2021-321 du 25 Mars 2021 vient également préciser la notion de site par :

« III.-Pour l'application du présent article, le site de l'excavation mentionné au II de l'article L. 541-7 (du Code de l'Environnement) correspond :

« 1° Pour les terres excavées, à l'emprise des travaux, au sens de l'article R. 554-1, ou, le cas échéant, à l'emprise foncière placée sous la responsabilité de l'exploitant de l'installation classée pour la protection de l'environnement, dans la limite d'une distance parcourue par les terres excavées au maximum de trente kilomètres entre l'emplacement de leur excavation et l'emplacement de leur utilisation au sein de l'emprise des travaux ou de l'installation classée pour la protection de l'environnement ; »

Au regard de ces éléments, les terres excavées et réutilisées en aménagement dans le cadre du projet de l'A31bis n'acquièrent en conséquence pas le statut de déchet.

Les prescriptions de l'arrêté du 04 juin 2021 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les terres excavées ayant fait l'objet d'une préparation en vue d'une utilisation en génie civil ou en aménagement ont également été analysées vis-à-vis du projet pour déterminer si elles lui sont applicables.

Ainsi, pour qu'un mouvement de matériaux excavés soit concerné par une sortie du statut de déchets, il est nécessaire que :

- La préservation de la ressource en eau et des écosystèmes présents au droit du site receveur soit assurée ;
- Les matériaux soient compatibles avec l'usage futur du site receveur sur le plan sanitaire ;
- La qualité des sols du site receveur soit maintenue, lorsque cela est prévu par les guides méthodologiques en vigueur

La réglementation s'appuie sur les guides existants en la matière à savoir :

- Acceptabilité de matériaux alternatifs en techniques routières – Évaluation environnementale (CEREMA - ex-SETRA- 2011)
- Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement (DGPR – 2020)
- Guide de valorisation hors site des terres excavées non issues de sites et sols pollués dans des projets d'aménagement (DGPR – 2020) - Préparation en vue d'une utilisation en génie civil ou en aménagement.

La compatibilité du projet vis-à-vis des prescriptions dudit arrêté sera étudié en conséquence dans le cadre de cette étude.

2.2. Réglementation actuelle relative au réemploi des terres

2.2.1. Évacuation et modalités de transport

Le mode de transport par lequel seront acheminés les déchets, sera conforme à leur nature (mode de conditionnement des déchets, type de véhicules, signalisation spécifique en cas de déchets dangereux, agrément ADR, RID, ...) et respectera les particularités des communes traversées (cheminement interdit aux poids lourds, itinéraire pour les camions transportant des produits dangereux, ...).

Les filières de transit et d'élimination seront choisies sur deux critères :

- La vérification de leur agrément pour stocker et/ou traiter tel ou tel type de déchets en toute conformité réglementaire ;
- La distance par rapport au chantier.

Le transport des déchets dangereux sera effectué par un transporteur spécialisé conformément à la réglementation internationale et nationale de transport de marchandises dangereuses (TMD), spécifique à chaque mode de transport.

Aussi, afin d'éviter la survenue d'accident lors du transport de marchandises dangereuses, plusieurs législations ont été mises en place en ce qui concerne le transport par route, chemin de fer ou voie d'eau.

- À l'échelle européenne :
 - Le transport routier : le TMD par route est régi par l'ADR, l'Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
 - Le transport ferroviaire : le TMD ferroviaire est régi par le RID, Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses.
 - Le transport fluvial : les transports fluviaux nationaux et internationaux sont régis par l'ADN. Le règlement applicable est l'Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Voies de Navigation Intérieures désormais étendu à l'ensemble de la navigation fluviale européenne.
- À l'échelle internationale :

L'Arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD ») s'applique aux transports nationaux ou internationaux des marchandises dangereuses par route, par voies ferrées et par voies de navigation intérieures effectués en France, y compris aux opérations de chargement et de déchargement, au transfert d'un mode de transport à un autre et aux arrêts nécessités par les circonstances du transport.

À noter que lorsque le porteur de projet l'a prévu et déclaré dans son dossier d'autorisation environnementale, le transport routier de déblais destinés au réemploi dans le projet ne sont pas soumis à la législation de transport de déchet, si l'organisation des transports autorisée par arrêté préfectoral permet de garantir leur intégrité (absence

d'arrêts et traçabilité camion par camion, permettant d'assurer l'absence de dilution, mélange, ou ajouts de déchets inertes ou non dangereux venant d'autres projets).

2.2.2. Apport de matériaux pour les besoins en aménagement paysager

Lorsque les enjeux du projet d'aménagement sont connus et que les solutions techniques à mettre en œuvre pour assurer l'absence d'impact sanitaire et environnemental sont bien définies, se pose la question éventuelle de la nécessité de l'approvisionnement en matériaux nécessaires à la réhabilitation du site.

Deux cas de figure peuvent être envisagés :

- Soit la solution retenue nécessite l'apport de matériaux nommés « produits » au titre de la réglementation sur les supports de culture et amendements,
- Soit la solution retenue nécessite l'apport matériaux nommés déchets selon le code de l'environnement.

L'utilisation de « produits » ne répond à aucune contrainte particulière, il faudra toutefois garantir que ces matériaux sont bien des produits selon le code réglementaire en vigueur.

Si les matériaux utilisés sont des déchets, il convient dans ce cas de respecter la réglementation en vigueur, en justifiant de l'utilité du projet de construction ou reconstruction de sols, de l'absence d'impact environnemental et sanitaire de ces déchets lorsqu'ils sont utilisés à des fins pédologiques.

Ainsi la mise en œuvre de solutions techniques pour la construction ou la reconstruction de sols doit se faire dans le respect de la maîtrise des atteintes environnementales et/ou sanitaires identifiées et peut conduire à un nouvel usage en assurant la traçabilité des déchets employés.

2.3. Réglementation actuelle relative aux terres fertiles

2.3.1. Norme NFU 44 551 relative aux supports de culture

2.3.1.1. Définition de la terre végétale

Avant l'élaboration de la Norme NF U44 551 en 2002 (modifiée en 2004, en 2008 puis en 2009), aucune définition officielle de la Terre végétale n'avait été établie. Cette appellation a ainsi été redéfinie par l'AFNOR pour l'apparition de cette première norme encadrant la commercialisation de la terre végétale : la terre végétale est *une terre issue d'horizons de surface humifères ou d'horizons profonds pouvant être mélangée avec des matières organiques d'origine végétale, des amendements organiques et/ou des matières minérales.*

Cette norme permet de qualifier la terre analysée de support de culture et la rendre commercialisable en tant que produit.

2.3.1.2. Exigences de la Norme

2.3.1.2.1. Terre Végétale

Pour être classifiée comme terre végétale au regard de la norme, les critères suivants doivent être respectés :

- Doit contenir au moins 3 % de matière organique et au maximum 15 %.
- Une fraction fine (< 2 mm) supérieure à 50% en masse.
- Ne doit pas contenir d'agents pathogènes, de parasites provenant d'adventices et tous végétaux ou d'animaux ;
- Sa contenance en micro-organismes doit répondre à la norme imposée ;
- Doit satisfaire aux critères d'innocuité (absence de nuisibles) ;
- Les teneurs en ETM (Éléments Traces Métalliques) doivent être inférieures aux seuils définis par la norme, indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Teneurs limites en Éléments Traces Métalliques (mg/kg MS) - Norme NFU 44 551

E.T.M.	Teneurs limites
	Tous supports de culture hors laines minérales ^{*)}
Cd	2
Cr	150
Cu	100
Hg	1
Ni	50
Pb	100
Zn	300

**) Les teneurs rencontrées dans les laines minérales sont sensiblement supérieures aux teneurs limites indiquées dans ce tableau pour le Cr, Cu et Ni mais des études validées par la Commission d'Étude de la Toxicité montrent que ces éléments traces ne sont pas disponibles pour les sols et les plantes dans les conditions d'emploi prescrites.*

2.3.1.2.2. Terre de Support de culture

La terre de support est, selon la norme, une terre issue d'horizons de surfaces humifères ou d'horizons profonds pouvant être mélangée avec des matières minérales.

Si les terres ne respectent pas les critères de la Terre végétale au regard de la Norme, elles peuvent être considérées comme des Terres support si elles contiennent **une teneur en Matière organique comprise entre 1 et 5%** et qu'elles respectent l'ensemble des autres critères de la Terre végétale (présentés ci-dessus). Les matériaux pourront ainsi être valorisés en tant que Terres support au droit de la Norme NFU 44 551.

La prise en compte des caractéristiques physico-chimiques et agronomiques du sol via l'évaluation des fonctions et des services rendus par le sol pourrait répondre à un besoin méthodologique permettant de faire valoir l'intérêt d'une réhabilitation écologique des sols basées sur des sols construits ou reconstitués.

Les applications à l'échelle locale peuvent être mises en œuvre après soumission et validation d'un dossier technique auprès de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL). Des précautions particulières, comme un suivi environnemental, pourront également être mises en place. Ces précautions n'auront plus lieu d'être une fois le procédé éprouvé.

3. Estimation des volumes de matériaux excavés

3.1. Géologie rencontrée dans le cadre du projet

Les régions de la Moselle et de la Meurthe-et-Moselle font parties de la structure géologique du Bassin parisien. Le Bassin parisien est une vaste région géologique de cuvette sédimentaire, c'est-à-dire que les roches qui le constituent proviennent de l'accumulation et de la transformation de débris de roches (ou d'organismes) d'origine marine, lacustre, lagunaire puis fluviales.

Ces roches sédimentaires reposent sur un socle en cuvette d'origine magmatique, très profond, s'étendant sur l'ensemble du bassin, et qui a pris sa forme actuelle consécutivement à un affaissement antérieur à la période du Trias (environ -255 millions d'années).

Les couches affleurantes dans la zone du tunnel correspondent majoritairement aux alluvions anciennes (Fw, Fx et Fy). Des limons des plateaux (FL, OE, OES) affleurent au centre du tunnel. Des remblais (X) sont également présents au droit des voies ferrées et des marnes du Domérien (I4b) sont attendues en profondeur.

Les terrains au nord des voies ferrées ont été fortement remaniés du fait de l'activité industrielle. Il y a eu des voies de triage puis un crassier, avant que des remblais soient apportés dans les années 2000.

À ce stade deux campagnes de reconnaissances ont été réalisées dans le cadre du projet. Les sondages mettent en évidence les formations suivantes :

- **Remblais RB** : Remblais anthropiques sur 2 à 3 m d'épaisseur, constitués de matériaux gravo-sableux, rencontrés localement au nord du tunnel (à proximité de la Fensch et de l'usine ArcelorMittal) ;
- **Limons des Plateaux LP** : Limons plus ou moins argileux de couleur marron à brune ;
- **Alluvions anciennes AA** (faciès Fw, Fx et Fy) : Limons et argiles sablo-graveleux.
- **Marnes du Domérien altérées ArMD** : Argiles grises issues de l'altération des marnes du Domérien sous-jacentes ;
- **Marnes du Domérien MD** : Substratum marneux raides et plus ou moins altérées.

3.2. Géotechnique des matériaux rencontrés

3.2.1. Classification GTR des sols

À titre informatif, des essais d'identification des sols ont été réalisés sur des échantillons couvrant les secteurs des trois variantes étudiées initialement. Les formations rencontrées au droit des différentes zones du projet peuvent être classés comme suit, au sens du GTR :

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des classifications GTR par formation (Mission G2-AVP - Note chapeau : A31bis, INGÉROP, 2022)

Formation	Diff.42- frontière Luxembourg (A31 nord)	F4	A30- entre Noeud Richemont et diffuseur E2b (si F4 ou F5 réalisés)
Remblais (RB)	-	-	-
Alluvions modernes (AM)	-	-	-
Alluvions anciennes (AA)	-	A1/C1A2/B6/C1B5/D2 (th à h)	A2/A3/C1B4(s)/B3/B5
Limons des plateaux (LP)	Principalement A2/C1A2 (th à m) et localement A1/A3	Principalement A2 (h) et localement A1	-
Argiles d'altération des marnes du Lotharingien (ArML)	-	-	-
Marnes du Lotharingien (ML)	-	-	-
Schistes cartons (SC)	A2	-	-
Argiles d'altération des marnes du Toarcien (ArMT)	A2/C1A2	-	-
Marnes du Toarcien (MT)	-	-	-
Argiles d'altération des marnes du Domérien (ArMD)	Principalement A2/C1A2 et localement A1/A3	Principalement A2 et localement A1	A2
Marnes du Domérien (MD)	Principalement A2 et localement A1	-	A2

Il est constaté que l'ensemble des formations rencontrées au droit du projet sont constitués principalement de matériaux fins (classe Ai). Une forte hétérogénéité des classes GTR est présente au sein de la formation AA, caractéristique des dépôts alluvionnaires.

Il est également observé une forte hétérogénéité des états hydriques des formations. À noter qu'au stade actuel, peu de données permettant d'identifier l'état hydrique des sols sont disponibles. Des essais complémentaires devront être réalisés au stade d'étude suivant, afin de repreciser l'état hydrique des matériaux en vue d'optimiser leur réutilisation.

À noter également que l'ensemble des résultats des essais d'identification obtenus sur des échantillons issus des faciès marneux indiquent une classe A2. Cette classification ne peut pas être attribuée à l'ensemble des formations rocheuses, qui appartiennent à une classe R3 au sens du GTR, mais uniquement aux horizons argileux très altérés.

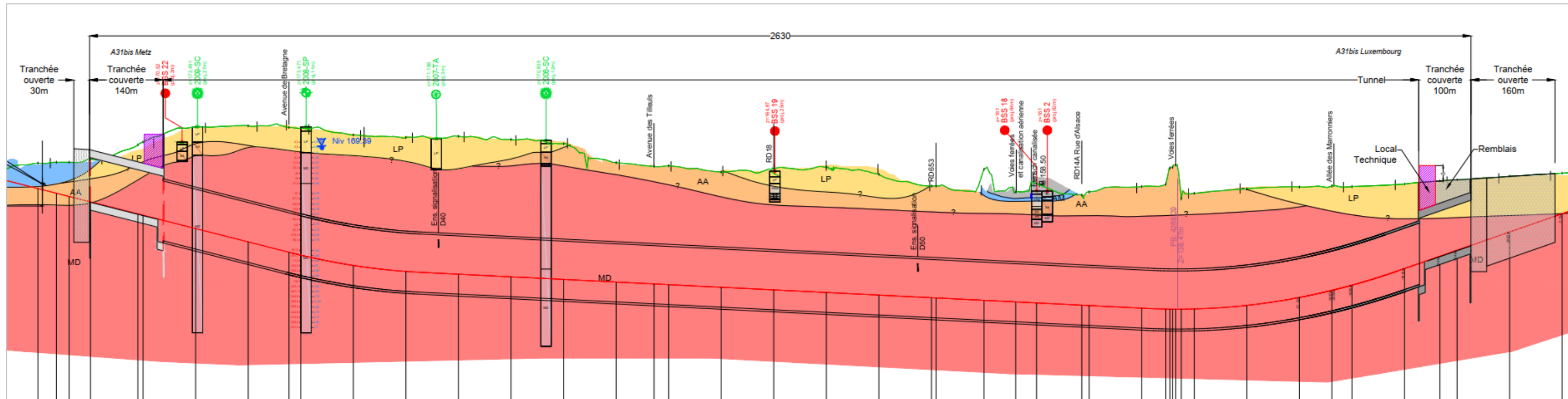


Figure 1 : Profil en long géologique

3.3. Volumes de déblais par typologie

Les volumes de matériaux excavés en place, c'est-à-dire non foisonnés, et intégrant les ouvrages annexes dans le cadre du projet sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Volume de matériaux excavés dans le cadre du projet (INGÉROP, 2024)

	Déblais (m³)	Tunnelier (m³)	
Tronçon nord (ASP)	ASP Nord	419 800	
	Diffuseur 43 Elange	44 800	
	Aire de Thionville Porte de France	5 300	
	Aire d'Entrange	3 800	
	Diffuseur 44 Kanfen	20 000	
	Nœud de Richemont	52 000	
Tronçon Sud	Diffuseur d'Uckange	14 100	
	ASP A31bis sur A30	32 300	
	Nœud Sud	63 700	
	Tronçon centre neuf hors tunnel	511 100	
	Section souterraine		560 000
	A31bis Sud tunnel et nord tunnel	344 300	
	Nœud Nord	238 100	
Bassins	Bassins ASP Nord	247 800	
	Bassins F4	182 370	
Total		2 179 470	
Total		2 739 470	

3.4. Volume de terres végétales

Les volumes de terres fertiles générés dans le cadre du projet sont synthétisés dans le tableau suivant. Ces volumes ont été déterminés sur la base d'une hypothèse de hauteur de décapage de 30 cm.

Tableau 5 : Volume de terres végétales excavés dans le cadre du projet (INGÉROP, 2024)

	Décapage (m³)	
Tronçon nord (ASP)	ASP Nord	138 500
	Diffuseur 43 Elange	8 900
	Aire de Thionville	2 500
	Aire d'Entrange	19 500
	Diffuseur 44 Kanfen	9 400
	Nœud de Richemont	28 900
Tronçon Sud	Diffuseur d'Uckange	4 800
	ASP A31bis sur A30	22 500
	Nœud Sud	65 700
	Tronçon centre neuf hors tunnel	58 500
	Section souterraine	/
	A31bis Sud tunnel et nord tunnel	47 300
	Nœud Nord	53 000
Bassins	Bassins ASP Nord	20 010
	Bassins F4	25 030
TOTAL		504 540

3.5. Besoin en matériaux

Sont représentés dans le tableau ci-après la totalité des besoins en remblais ou couche de forme nécessaires au projet de l'A31bis.

Tableau 6 : Besoins en matériaux identifiés dans le cadre du projet (INGÉROP, 2024)

		Besoin en remblais (m ³)	Besoin en couche de Forme (m ³)
Tronçon nord (ASP)	ASP Nord	156 400	335 800
	Diffuseur 43 Elange	23 400	11 200
	Aire de Thionville Porte de France	1 000	5 700
	Aire d'Entrange	50 400	12 300
	Diffuseur 44 Kanfen	24 400	17 000
Tronçon Sud	Nœud de Richemont	133 800	64 900
	Diffuseur d'Uckange	2 600	11 500
	ASP A31bis sur A30	126 100	38 100
	Nœud Sud	471 900	123 300
	Tronçon centre neuf hors tunnel	186 600	99 600
	Section souterraine		
	A31bis Sud tunnel et nord tunnel	137 800	47 300
	Nœud Nord	147 600	74 100
Bassins	Bassins ASP Nord	8 290	
	Bassins F4	31 310	
Total par besoins		1 501 600	840 800
Total		2 342 400	

4. Typologies des déblais de tunnelier

4.1. Rappel sur le creusement au Tunnelier

Le choix du mode de creusement du tunnel profond (qui exclut donc l'aménagement depuis la surface sur le modèle d'une tranchée couverte) n'est pas arrêté pour le projet de l'A31bis ; il reste sous la responsabilité du futur concessionnaire.

Les tunneliers à pression de boue et à pression de terres sont deux types de tunneliers utilisés dans la construction de tunnels souterrains. Ils fonctionnent de manière légèrement différente et sont adaptés à des conditions géologiques spécifiques.

Tableau 7 : Synthèse des méthodes de creusement par tunnelier

	Tunnelier à pression de boue	Tunnelier à pression de terre
Processus de creusement	<p>La boue est continuellement injectée à travers des buses à l'avant du bouclier de tête pour maintenir la pression dans le front de creusement et transporter les déblais hors du tunnel.</p> <p>Dans les sols meubles, le tunnelier à pression de boue creuse le terrain tout en injectant une boue d'argile appelée bentonite. Cette dernière permet de maintenir une pression au front et d'assurer la stabilité du front de taille.</p>	<p>La pression est maintenue dans le front de creusement pour empêcher l'affaissement des terres.</p> <p>Les voussoirs sont installés derrière le bouclier de tête pour soutenir les parois du tunnel pendant l'avancement.</p> <p>Le tunnelier à pression de terre EPB (Earth Pressure Balance) maintient la pression au front de taille à travers un matériau pressurisé, obtenu par mélange du terrain excavé avec un additif approprié.</p> <p>Ce mode de confinement permet de réaliser le creusement dans des très bonnes conditions dans les horizons hydrogéologiques variés et dans des zones moyennement à fortement urbanisées. Le terrain abattu à l'aide de molettes et racleurs transite dans la chambre d'abattage à travers les ouvertures de la tête de coupe.</p> <p>Les déblais sont extraits en partie basse de la chambre de coupe par le convoyeur à vis sans fin pour être ensuite transférés sur le système de convoyeurs à bande pour évacuation du terrain vers la surface.</p> <p>Il existe deux modes de creusement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le Mode « Full EPB » : la pression de confinement au front est maintenue en remplissant la chambre d'abattage de matériaux excavés. - Le Mode « mixte » : la pression de confinement au front est régulée à l'aide d'une bulle d'air en partie haute de la chambre, le reste de la chambre est remplie de matériaux excavés.

		<p>La chambre de coupe est remplie d'un mélange : de terrain, d'eau native ou ajoutée, de mousse et de polymères si nécessaire.</p> <p>Ce mélange est mixé par les bras de la roue de coupe et les barres de mélange fixes.</p> <p>Durant l'excavation, la pression du mélange est maintenue à la pression de confinement voulue en réglant la vitesse de rotation du convoyeur à vis, de façon à équilibrer le débit entrant (terrain + eau + mousse) et le débit sortant, extrait par celle-ci. La pression de terre dans la chambre de coupe est surveillée et maintenue à tout moment, permettant de contrôler les tassements en surface.</p>
Méthode de soutènement	<p>Utilise la pression de la boue pour soutenir les parois du tunnel pendant le creusement.</p> <p>La boue est injectée autour du bouclier de tête pour équilibrer la pression dans le front de creusement et éviter l'affaissement des parois.</p> <p>Cela permet de stabiliser le sol en place pendant le processus de creusement.</p> <p>La pose du revêtement définitif (voussoirs) se fait à l'arrière au niveau de la jupe. Le vide entre l'extrados des voussoirs et le terrain naturel liée à la surcoupe est remplie par du mortier de bourrage afin d'éviter les tassements.</p>	<p>Utilise généralement des voussoirs préfabriqués ou des segments de tunnel pour soutenir les parois du tunnel pendant le creusement.</p> <p>Ces voussoirs sont installés derrière le bouclier de tête au fur et à mesure de l'avancement du tunnelier.</p> <p>La pression est maintenue dans le front de creusement pour empêcher l'affaissement des terres, mais elle n'est pas utilisée pour soutenir directement les parois du tunnel.</p> <p>Le tunnelier à pression de terre permet un confinement sous charge d'eau avec un soutènement sûr du front de taille à l'aide du terrain abattu. Le bouclier du tunnelier soutient les terrains à l'arrière de la tête de coupe et la pose du revêtement définitif (voussoirs) se fait à l'arrière au niveau de la jupe. Le vide entre l'extrados des voussoirs et le terrain naturel liée à la surcoupe est remplie par du mortier de bourrage afin d'éviter les tassements.</p>
Types de sols	<p>Principalement utilisé dans des sols meubles ou cohérents tels que l'argile, le sable et le gravier, où la pression de la boue est efficace pour maintenir la stabilité des parois du tunnel.</p>	<p>Généralement utilisé dans des sols plus cohérents ou rocheux, où l'utilisation de voussoirs pour soutenir les parois du tunnel est plus appropriée</p> <p>Peuvent également être utilisés dans des sols meubles, mais leur efficacité peut être limitée par rapport aux tunneliers à pression de boue.</p>
Modalités d'extraction des terres	<p>Méthode demande d'acheminer le mélange déblais/boue vers une centrale de traitement des boues (déshydratation des boues), afin de la séparer des déblais et de la réinjecter dans le circuit de marinage.</p> <p>Elle requiert donc une emprise plus importante au niveau de la plate-forme de stockage intermédiaire.</p>	<p>Extraction des déblais est assurée par une vis sans fin et transportés par l'intermédiaire d'une bande transporteuse jusqu'au puits d'attaque vers la plate-forme de stockage intermédiaire à proximité immédiate.</p> <p>Les déblais sont rendus pâteux à l'aide d'additifs injectés à partir d'orifices situés sur la tête d'abattage et la cloison étanche.</p>

4.2. Caractéristiques des déblais de tunnelier

4.2.1. Incidence des méthodes de creusement sur la qualité et la valorisation des matériaux excavés

La méthode de creusement retenue pour la réalisation des ouvrages souterrains est susceptible d'influencer les caractéristiques des matériaux excavés et, par conséquent, leur potentiel de réemploi ou de valorisation. En effet, au-delà des propriétés intrinsèques des formations géologiques traversées, les procédés mis en œuvre peuvent modifier la qualité initiale des déblais.

Ainsi, le recours à un tunnelier implique l'utilisation d'huile et, selon la technologie employée, d'additifs spécifiques nécessaires au fonctionnement de l'équipement. Les tunneliers à pression de boue requièrent notamment l'injection de boues et de produits associés, tandis que les tunneliers à pression de terre utilisent de l'eau et des agents de conditionnement. Ces apports peuvent entraîner une modification des caractéristiques physico-chimiques des matériaux extraits, notamment en termes de teneur en eau ou de présence résiduelle d'additifs.

Par ailleurs, la technique de creusement influe également sur la granulométrie des déblais. Le creusement mécanisé tend à produire des matériaux plus fins et plus homogènes que les méthodes conventionnelles, lesquelles permettent l'extraction de blocs de dimension plus importante. Cette différence granulométrique constitue un paramètre déterminant pour certains usages.

Dans ce contexte, le choix de la méthode de creusement apparaît comme un facteur structurant dans l'analyse des possibilités de valorisation. Il convient donc d'intégrer ses effets potentiels dès l'identification des filières de réemploi envisagées, afin de s'assurer de la compatibilité entre les caractéristiques réelles des matériaux excavés et les exigences techniques associées à chaque usage. Lorsque cela s'avère nécessaire, un traitement préalable, de nature physico-chimique ou granulométrique, pourra être mis en œuvre afin d'adapter les matériaux aux performances attendues.

Il en résulte que certains usages, initialement envisagés sur la base des seules caractéristiques géologiques des terrains traversés, peuvent être remis en cause du fait des modifications induites par la technique de creusement.

Dès lors, l'ensemble des paramètres susceptibles d'être affectés par la méthode retenue — granulométrie, teneur en eau, comportement mécanique, éventuelle présence d'additifs — doit être précisément identifié. Cette analyse permet de définir, le cas échéant, les mesures de gestion et de traitement appropriées et d'optimiser le potentiel de valorisation des matériaux excavés.

Enfin, les incidences de la méthode de creusement ne se limitent pas aux seules perspectives de réemploi. Elles peuvent également influencer les modalités pratiques de gestion des déblais, notamment en matière d'évacuation, de transport (caractère pelletable, niveau de siccité) et de traitement.

Dans le cas d'un creusement au tunnelier, la mise en place de dispositifs de suivi et de caractérisation en continu contribuera à une meilleure identification des matériaux au fur et à mesure de l'avancement, facilitant leur tri et leur orientation vers les filières de valorisation adaptées.

4.2.2. Tunnelier à pression de terre

En sortie de tunnelier à pression de terres, les matériaux excavés sont constitués d'une matrice comprenant les terres excavées, des agents moussants (détergents, tensioactifs, émulsifiants etc ...), d'une quantité importante d'eau et éventuellement de bentonite donnant au matériau un aspect pâteux.

À ce titre, les matériaux en sortie de tunnel pourront s'avérer difficilement pelletables. Aussi, une surface de stockage nécessaire à l'essorage des déblais sera requise pour les stocker dans l'attente de l'amélioration de leur propriété physique.

Des produits de traitement visant à réduire la teneur en eau des déblais pourront être utilisés afin de rendre les matériaux excavés pelletables. Ces produits de traitement sont en général ceux utilisés pour le traitement des sols en place en techniques routières ou pour le traitement des déchets et sols pollués. Pourront-être cités notamment comme produit de traitement :

- La Chaux
- Les Liants hydrauliques
- Les Liants hydrauliques routiers et liants d'inertage
- Le Ciment sulfo-alumineux

4.2.2.1.1. Modalités de stockage provisoire de déblais de tunnelier à pression de terre.

Les déblais de tunnelier à pression de terre étant difficiles à manipuler en sortie d'excavation, il est nécessaire de mettre en place des installations spécifiques pour leur stockage. Généralement, ces déblais sont entreposés dans des casiers ou des fosses à déblais comme présenté sur la photographie ci-après.



Figure 2 : Photographie de marins de tunnelier en sortie d'excavation (INGÉROP, Mars 2023)

Ces installations, composées d'une dalle et de quatre parois en béton ou en acier devront être préparées avant les premières excavations. Dans la mesure du possible, elles seront enterrées pour faciliter les opérations de chargement et de déchargement.

En retour d'expérience des projets de gestion de déblais de tunnelier du Grand Paris, des casiers d'une capacité unitaire comprise entre 500 et 1000 m³ sont généralement mis en œuvre pour garantir un stockage des matériaux et leur ressuyage en vue d'optimiser leur pelletabilité.

Aussi, pour des casiers d'une surface unitaire d'environ 600 m² (soit 10m x 10m x 6m) et un nombre moyen de 12 casiers permettant la gestion des pics de production du tunnelier, une surface de l'ordre d'approximativement 1500 m² (installations et accès compris) serait nécessaire pour la gestion et le stockage provisoire des matériaux du tunnelier.

4.2.3. Tunnelier à pression de boue

Concernant les tunneliers à pression de boue, les matériaux excavés privilégiés par ce type de creusement sont principalement des limons, des sables et des graviers. Les matériaux une fois excavés peuvent contenir des traces de bentonite (argile) injectée au front de taille et récupérée dans la centrale de traitement des boues.

La station de traitement des boues fait partie intégrante du processus de gestion des déblais excavés au tunnelier à pression de boues. Elle permet de séparer la boue utilisée dans le processus des déblais qui feront l'objet d'un traitement par dessablage et filtre presse.

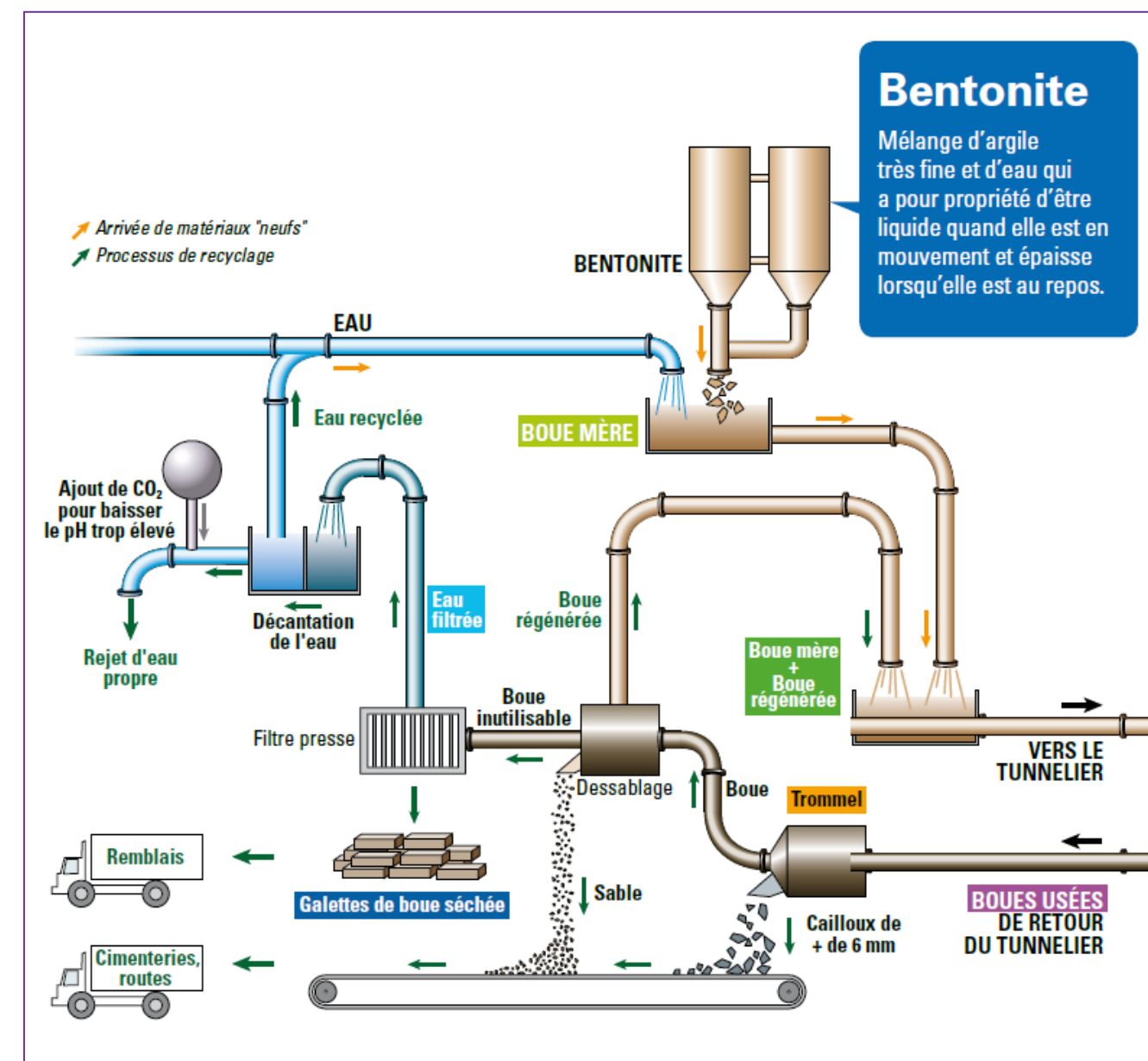


Figure 3 : Schéma de traitement des déblais de tunnelier à pression de boue après extraction

Dans le cadre de cette méthode de creusement, les déblais sont dans un premier temps acheminés vers une unité de séparation des fines, le trommel. En fonction de leur granulométrie, les sables et graviers seront ensuite acheminés et stockés dans des casiers à déblais via un tapis convoyeur où ils pourront faire l'objet d'une revalorisation si nécessaire.

Les boues sont quant à elles envoyées vers une unité de déshydratation des boues constituée de filtres presse et seront ensuite stockés avant leur évacuation où leur réemploi. Cette installation, bien que plus onéreuse, permet de produire des matériaux prêts à l'emploi facilitant de facto leur réemploi dans le cadre du projet.

4.2.4. Stratégie de caractérisation des matériaux

Les méthodes actuelles de caractérisation des déblais selon l'arrêté ministériel du 12/12/2014 sont basées sur des tests chimiques réalisés sur une solution aqueuse obtenue après un certain temps, normalisé, de mélange.

Ces tests étant longs à réaliser (cinq jours), ils induisent la nécessité de prévoir un stockage provisoire des déblais issus de tunnelier sur le site d'extraction ou sur une plateforme intermédiaire de stockage dans l'attente de l'obtention des résultats de caractérisation.

Aussi, de manière à garantir une activité continue de creusement du tunnelier, et réduire en conséquence l'emprise des stockages provisoire des déblais, l'utilisation des méthodologies de caractérisation alternatives apparaît comme une solution intéressante

Ces méthodologies de caractérisation non COFRAC ont pu être utilisées dans le cadre des travaux du Grand Paris Express pour le creusement au tunnelier des différentes lignes et ont pu prouver leur efficacité. Elles se concentrent sur la caractérisation des composés naturellement présents dans les matériaux pouvant induire un déclasserment des terres, notamment les Éléments traces métalliques.

Ces méthodes n'analysent pas les composés organiques issues des pollutions dites anthropiques. En effet, au regard des profondeurs de creusement au tunnelier, il est fait l'hypothèse que les matériaux excavés par cette méthode ne sont pas concernés par de tels impacts.

Ces méthodes étant considérées comme non-COFRAC, des échanges préalables avec les exutoires devront être menés de manière à s'assurer de l'acceptation des matériaux par les installations de stockages.

4.3. Synthèse des méthodes de creusement

Concernant spécifiquement la gestion des matériaux excavés par tunnelier, il apparaît à ce stade du projet qu'une méthode par creusement à pression de boue apparaît davantage intéressante. Cette dernière méthode permet de produire des matériaux excavés secs et triés par granulométrie plus facilement réemployables avec un traitement des matériaux excavés complémentaire réduits.

Le creusement par tunnelier à pression de terre produit des terres excavées intégrés dans une matrice eau/agents moussants/terres excavées présentant des propriétés mécaniques peu intéressantes en sortie de creusement pour du réemploi et impliquant un stockage des matériaux plus long et un traitement des matériaux plus lourd.

D'autres aspects notamment géologique, financier et de surface d'installation seront toutefois à prendre en considération pour la sélection de la technique de creusement au tunnelier.

Rappelons que la méthode de creusement sera au choix du concessionnaire et qu'elle n'a donc à ce stade pas été définie.

5. Stratégie de gestion des matériaux excavés

La stratégie appliquée pour la gestion des terres excavées dans le cadre du projet de l'A31 bis est présentée ci-après. Elle sera basée sur le respect des critères de l'arrêté du 04 juin 2021 en vue d'une sortie du statut de déchets des matériaux excavés ainsi que de l'arrêté ministériel du 21 décembre 2021 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les aménagements constitués de déblais de terres naturelles excavées et gérées au sein d'un grand projet d'aménagement ou d'infrastructure.

⇒ Dans l'hypothèse où l'un de ces critères ne pouvait être respecté, les matériaux seraient soumis en conséquence à la réglementation des déchets.

Dans le cadre du projet de l'A31bis, on entendra par site « **l'emprise foncière faisant l'objet de la même autorisation administrative et constituée de parcelles contiguës relevant de la même maîtrise d'ouvrage** », à ce titre, l'emprise de la DUP sera considérée comme un seul et même site. Les terres excédentaires mises en modèle ou réemployées dans l'emprise foncière du projet ne sont alors pas à considérer comme des déchets au regard du contexte réglementaire.

Sont présentés ci-après un récapitulatif de la stratégie de gestion des matériaux excavés dans le cadre du projet de l'A31bis.

Étape 1 : Levée de doute

Basée sur une recherche historique et documentaire, complétée par des visites de sites, puis la réalisation d'investigations de sols :

- Au droit des sources de pollution potentielles identifiées dans le cadre de visites et de documents consultés ;
- En complément, en dehors des sites SSP, le long du tracé afin de caractériser la qualité chimique des matériaux en vue de leur stockage en dépôt définitif ou de leur valorisation sur site ou hors site dans le cas de terres polluées ;
- La fréquence de ces échantillonnages et analyses est adaptée en fonction des SSP, des polluants suspectés et des caractéristiques du projet d'aménagement. Elle sera affinée si besoin en fonction des premiers résultats.

Étape 2 : Sur la base des résultats des investigations, détermination des terres non compatibles pour les remblais du projet et le stockage en dépôt définitif en fonction :

- Du bruit de fond géochimique entre le site donneur et le site receveur (dépôt définitif) ;
- D'une évaluation des risques sanitaires qualitative (schéma conceptuel) ou quantitative (pour les cas où elle serait nécessaire) selon la méthodologie de gestion des sites et sols pollués pour démontrer l'absence d'impact des pollutions laissées en place sur les usagers et les riverains.

Étape 3 : Vérification de la compatibilité des lots de terres avec les dépôts définitifs pour le stockage des déblais, au regard des résultats obtenus via les campagnes d'investigation de sols mais aussi des besoins du projet (facteurs géotechniques, paysagers, environnementaux, agropédologiques, acceptabilité territoire, et minimisation de la distance de transport).

Étape 4 : Détermination des solutions de valorisation des terres non compatibles à une mise en dépôt définitif, en termes techniques, économiques et temporels (phasage de travaux). Les critères à respecter en vue d'une mise en dépôt définitif des terres excavées sont les critères définis dans la **section 2 de l'annexe I de l'Arrêté Ministériel SSD du 21/12/2021**.

Cette section intitulée « critères relatifs au dépôt de déblais de terres naturelles » implique que les terres à stocker répondent à la définition de déblais de terres naturelles constituée des exigences suivantes (**Cf. section 1 de l'annexe I de l'Arrêté Ministériel SSD du 21/12/2021**) :

- Les déblais de terres naturelles sont non dangereux et ne proviennent pas d'un site et sol pollué ;
- Les déblais de terres naturelles répondent aux critères d'admission en installations de stockage de déchets inertes définies par l'AM du 12/12/2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations de stockage ;
- Les déblais de terres naturelles ne sont susceptibles de subir aucune désintégration ou dissolution significative, ni aucune autre modification significative, de nature à produire des effets néfastes sur l'environnement ou la santé humaine (condition validée pour les terres respectant les seuils ISDI définis par l'AM du 12/12/2014).

Une fois ces conditions validées, le respect des critères suivants doit être démontré (Cf. section 2 de l'annexe I de l'Arrêté Ministériel SSD du 21/12/2021)

Le dépôt est réalisé sur le site du grand projet d'aménagement ou d'infrastructure ;

- Condition A : maintien de la qualité des sols du site receveur ;
- Condition B : maintien de la qualité de la ressource en eau et des écosystèmes ;
- Condition C : compatibilité des caractéristiques chimiques des terres excavées sur le plan sanitaire, avec l'usage futur du site receveur.

Étape 5 : En phase travaux, des contrôles complémentaires et une traçabilité des matériaux du site d'excavation vers les sites de dépôt définitifs, les zones de remblais ainsi que les exutoires hors site (valorisation ou élimination). Un suivi et contrôle de la qualité des matériaux (présence ou non d'indice organoleptique) est réalisé en phase travaux.

Les données de la levée de doute devront être complétées en phase opérationnelle dans le but de les fiabiliser et de confirmer, notamment aux services de l'Etat, que les risques d'impacts environnementaux ou sanitaires sont totalement maîtrisés (confirmer l'absence de pollution non précédemment détectée par le diagnostic initial). La réglementation n'impose pas strictement de maillage ou densité de contrôles en matière de gestion des déblais. La fréquence de contrôle pourra être adaptée en fonction du devenir (réemploi, stockages définitifs, évacuations hors site) et des premiers résultats des caractérisations qui permettront de mieux cerner les enjeux (environnementaux et financiers).

La traçabilité des matériaux excédentaires, obligation législative, sera à adapter aux besoins, enjeux et risques du projet (sachant qu'elle n'est normalement pas nécessaire). Les données à tracer (origine, qualité, volume, devenir, transport si évacué hors site...) et les modalités (registre, bons matérialisés ou dématérialisés) doivent être les mêmes que les matériaux prennent le statut de déchet ou non mais l'unité de collecte des données peut être adaptée :

- Sur site : taille des lots basée sur l'organisation du chantier, la qualité homogène des matériaux et une échelle de temps minimale d'une semaine d'extraction par exemple. Des lots homogènes seront estimés en phase d'étude à partir des données disponibles pour affiner le mouvement des terres.
Ils seront précisés en préparation de chantier. Un contrôle organoleptique est ensuite nécessaire à l'extraction ;
- Hors site (soit pour les déchets), traçabilité à l'échelle du transport (un bon, une ligne de registre par camion, barge, wagon...).

Ces données de contrôle et de traçabilité devront être communiqués régulièrement par le Maître d'ouvrage aux services de l'Etat pour information avec concaténation et traitement. La fréquence de cette communication pourra être adaptée en fonction du projet de décret relatif à la traçabilité.

Étape 6 : Un suivi environnemental cadré sera réalisé sur les modelés par l'exploitant désigné. Lorsque les sites auront atteint les objectifs de remise en état fixés initialement (prescriptions discutées avec les chambres d'agriculture ou autres organismes en fonction du devenir du dépôt) ; les dépôts pourront être rétrocédés à l'agriculture ou autres.

Cette méthodologie est conditionnée par les modalités de caractérisation et d'orientation des terres excavées et une validation des services de l'Etat. Le logigramme ci-après présente la stratégie de gestion des matériaux excavés prévue dans le cadre du projet et le statut réglementaire de chacune des pistes envisagées à date.

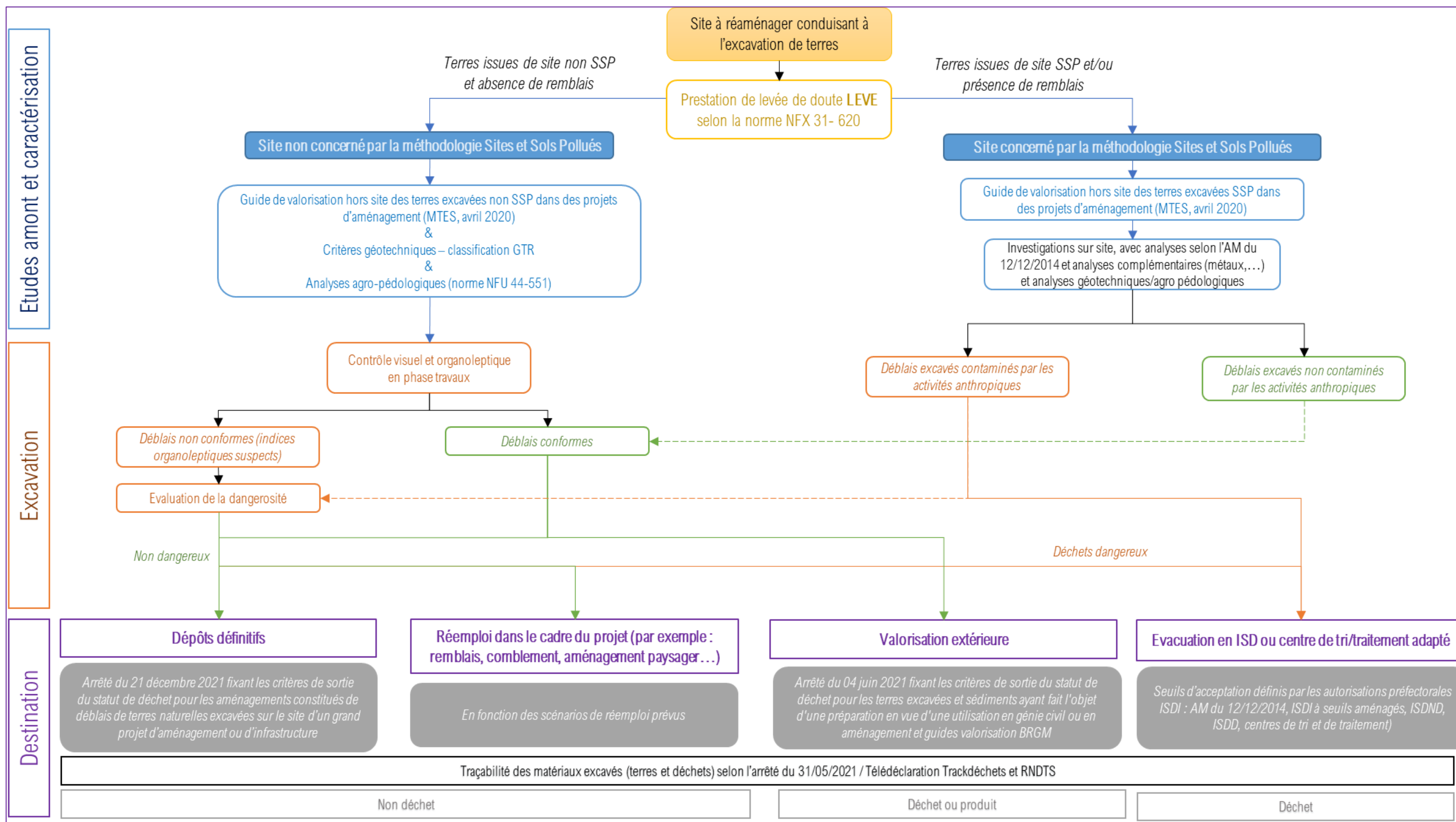


Figure 4 : Stratégie de gestion des matériaux excavés dans le cadre du projet de l'A31bis

5.1. Stratégie de gestion privilégiée

Entre les besoins totaux en remblais et couche de forme et les besoins en matériaux excavés pour la mise en œuvre de modelés paysages, le projet dispose d'une capacité maximale d'absorption des matériaux de l'ordre de 3,4 Mm³ (hors crassier de Marspich, voir paragraphes suivants) pour un volume de matériaux généré de l'ordre de 2,7 Mm³.

Rappelons que les déblais issus du creusement du tunnelier devront faire l'objet d'un traitement spécifique notamment dans le cas d'un tunnelier à pression de terre où les matériaux ne présenteront pas directement de propriétés mécaniques compatibles à un réemploi en sortie de creusement.

Les matériaux excavés seront, dans le cadre de la stratégie de gestion privilégiée, réutilisés, tant en remblais, en couche de forme qu'en modelés paysager.

Une réflexion a été initiée par Néo-Eco sur la gestion des excédents de matériaux non réemployés et sur l'intérêt que représenterait la mise en place d'une valorisation matière des terres excavées, consistant à utiliser des déchets ou des matériaux excédentaires comme matières premières secondaires, en substitution des ressources naturelles en lieu et place d'un scénario basé uniquement sur une évacuation des matériaux excavés.

Dans ce cadre, une réflexion sur la valorisation des terres excavées a ainsi été initiée pour produire des écomatériaux tels que du béton, des matériaux pour de la technique routières, des bordures et d'autres applications. En outre, compte tenu de la forte consommation de béton prévue par le projet, le réemploi des déblais excédentaires sous forme de béton ou de béton concassé recyclé (BCR) offre une solution pertinente.

Elle permettrait d'absorber une part importante des matériaux excavés, limitant ainsi les volumes à évacuer vers les filières externes, ce qui représenterait un double avantage : une diminution des coûts liés à l'évacuation et un bénéfice environnemental lié à la réduction de l'extraction de matières premières et au transport ainsi limité des matériaux (excavés ou apportés).

De même, une réflexion sur une refertilisation des terres excavées en vue d'une réutilisation sur d'autres projets connexes (remise en état par exemple) pourra être pertinente comme solution de gestion des matériaux dans le cadre du projet. Une étude complémentaire par un bureau d'étude agronome permettra de définir le potentiel de cette piste de gestion complémentaire.

Enfin, parmi les pistes identifiées, la remise en état de carrières en fin d'exploitation apparaît comme une solution intéressante pour absorber une quantité de matériaux tout en favorisant leur valorisation.

Cette stratégie de gestion basée sur une valorisation matière présente l'avantage de limiter l'impact environnemental du chantier sur l'environnement ainsi que l'impact financier du projet. A noter que la mise en place d'une telle stratégie nécessitera des études préalables basées sur des formulations préalables afin de fiabiliser le potentiel de chacune des voies de gestion préalable sur les lithologies rencontrées.

Elle permettra de réduire l'impact carbone du projet en privilégiant le recours à une évacuation en ISD uniquement pour les matériaux de tunnelier dont le réemploi pourrait s'avérer plus complexe à mettre en œuvre réduisant au strict minimum le transport des matériaux excavés par voie routière.

À noter que le réemploi des matériaux n'étant pas immédiat, la mise en place d'une telle stratégie impliquera toutefois un besoin en surface de stockage à anticiper en amont du projet.

- Une telle stratégie de gestion des matériaux excavés intermédiaire apparaît à ce stade comme pertinente à mettre en œuvre au regard de l'impact Carbone réduit qu'elle représenterait, du respect des exigences réglementaires en matière de réemploi dans les projets d'infrastructures qu'elle représenterait et de son impact financier modéré en comparaison à une évacuation complète des matériaux en installation de stockage des matériaux.

5.2. Critères de réemploi des terres pour le besoin du projet

5.2.1. Critères de réemploi des terres

Le réemploi des terres excavées dans le cadre du projet sera mis en œuvre si les terres excavées respectent les critères sanitaires et environnementaux ainsi que les critères géotechniques.

Ces critères sont détaillés dans les paragraphes suivants.

5.2.1.1. Critères sanitaires et environnementaux

En l'absence de guide national de référence pour le réemploi des terres excavées, il a été décidé d'appliquer les critères sanitaires et environnementaux définis dans les méthodologies d'évaluation de la compatibilité entre sites producteurs et receveurs des guides nationaux en vigueur de valorisation hors site des terres excavées, établis par le BRGM en avril 2020.

Les deux guides de valorisation hors site des terres excavées du BRGM sont applicables selon les conditions suivantes :

- **Le guide de valorisation hors sites des terres excavées SSP du BRGM :** pour les terres excavées au droit des sites identifiés comme sites potentiellement pollués ou sources potentielles de pollution au droit du secteur 2 ;
- **Le guide de valorisation hors sites des terres excavées non SSP du BRGM :** pour les autres terres excavées au droit du projet

CRITÈRES POUR LES TERRES AU DROIT DES SITES SSP

Selon le guide de valorisation des terres excavées issues de sites et sols pollués (BRGM, avril 2020), les déblais et zone de remblais du projet sont compatibles d'un point de vue chimique sous les conditions suivantes :

- > **Condition A :** la qualité des sols du site receveur est maintenue, c'est-à-dire que la valorisation de terres excavées sur un site receveur n'est possible que si les substances caractérisées au sein des terres présentent des teneurs inférieures ou égales à celles caractérisant le fond pédo-géochimique du site receveur.
- > **Condition B :** la qualité de la ressource en eau est maintenue et les écosystèmes sont préservés.
- > **Condition C :** les caractéristiques chimiques des terres excavées sont compatibles sur le plan sanitaire avec l'usage futur du site receveur.

Pour répondre à ces objectifs, une démarche à trois niveaux est proposée (voir figure ci-dessous) :

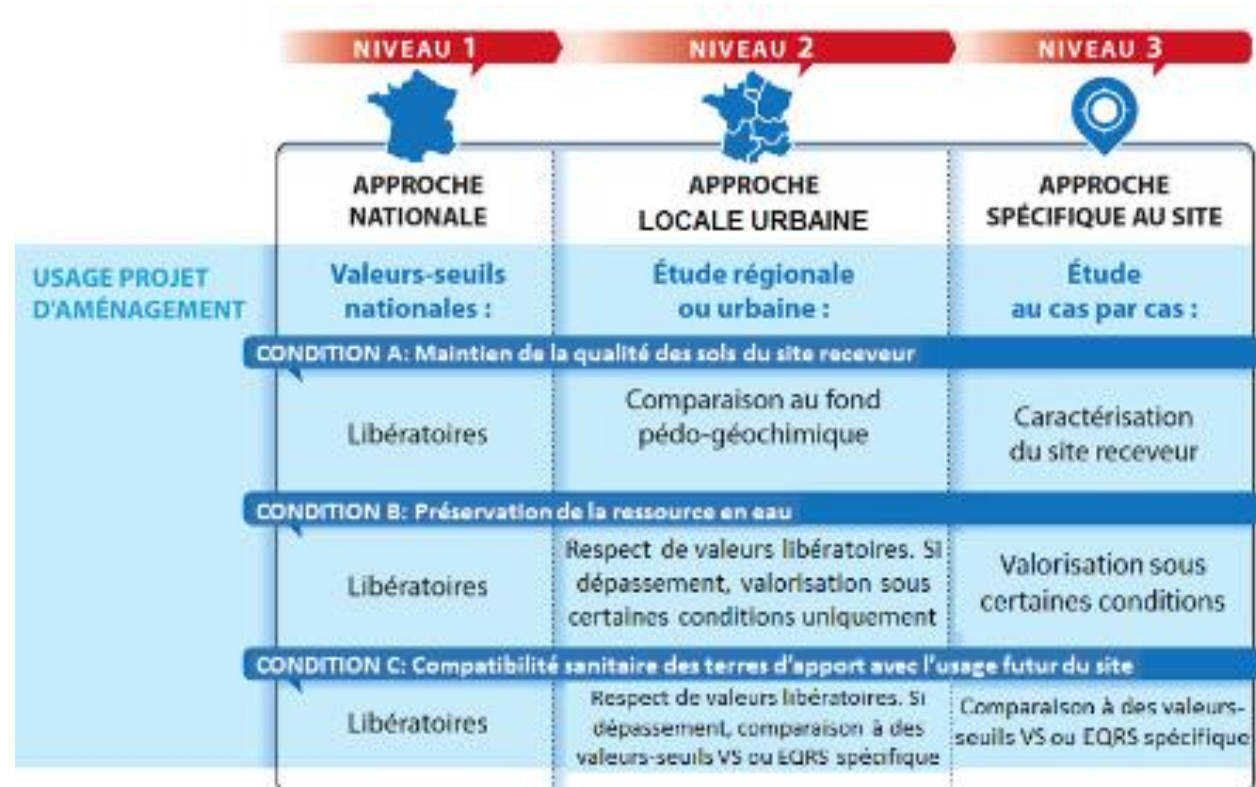


Figure 5 : Principe de la démarche de valorisation des terres excavées à trois niveaux (Guide de valorisation des terres excavées du BRGM, avril 2020)

La vérification de ces conditions se fait par comparaison des résultats d'analyses effectuées sur les terres à excaver aux seuils définis dans le guide. Dans notre cas, le potentiel de valorisation de ces déblais sera évalué par la démarche de niveau nationale (niveau 1).

Les valeurs seuils correspondantes sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 8 : Liste des valeurs seuils de niveau 1 pour les substances organiques

Famille	Substance	Valeurs seuils (mg/kg MS, en contenu total)
HC	Hydrocarbures C5-C10	40
	Hydrocarbures C10-C40	50
BTEX	Benzène	0,05
	Somme des TEX (Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)	1,5
COHV	Tétrachloroéthylène	0,2
	Trichloroéthylène	0,1
	Cis-Dichloroéthylène	0,1
	Chlorure de vinyle	0,1
HAP	Naphtalène	0,1

Tableau 9 : Liste des valeurs seuils de niveau 1 pour les éléments traces métalliques et les composés organiques persistants

Famille	Substance	Valeurs seuils de niveau 1 (mg/kg MS, analyse en contenu total)
Éléments traces métalliques	As	25
	Ba*	150
	Cd	0,4
	Co*	20
	Cr ¹	90
	Cu	40
	Hg ¹	0,1
	Mo*	1,5
	Ni	60
	Pb	50
	Sb*	1
	Se*	1
Composés organiques persistants	Zn	150
	PCB (somme des 7 congénères)	0,1
	Dioxines/furannes*	2 ng/kg MS (exprimé en TEQ OMS 1998 (nd=LQ) et hors contribution PCB-dl)
	Somme des 16 HAP ²	10

* Les substances comportant un astérisque ne sont pas vérifiées systématiquement mais éventuellement recherchées en fonction des résultats de l'étude historique et documentaire.
¹ En cas de présence de Cr(VI) ou de mercure organique, il sera nécessaire d'adopter une démarche de niveau 3 et de ne pas prendre en compte les valeurs proposées dans ce tableau.
² Le naphtalène fait également l'objet d'une valeur seuil spécifique présentée dans le tableau 2.
 Les valeurs seuils définies pour les PCB concernent les 7 congénères : PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, et 180.

CRITÈRES POUR LES TERRES AU DROIT DU TRACE HORS SITES SSP

Selon le guide de valorisation des terres excavées non issues de sites et sols pollués (BRGM, avril 2020), les déblais et zone de remblais du projet sont compatibles d'un point de vue chimique sous les conditions suivantes :

- > **Condition A** : les terres excavées ont été générées dans le cadre de travaux d'excavation de surface sur le site producteur ; La notion de surface signifiant que l'activité de terrassement est réalisée dans le cadre de chantiers d'aménagement ou d'infrastructures linéaires de surface, par opposition aux activités de creusement nécessaires à la réalisation d'ouvrages souterrains.
- > **Condition B** : s'ils sont dans la même zone hors anomalie géochimique et sont distants de 30 km ou moins (voir page 18 du guide).

Les deux guides de valorisation excluent cependant le réemploi/valorisation des terres qui relèvent de la catégorie des déchets dangereux. En effet, selon ces guides « les terres qui relèvent de la catégorie des déchets dangereux au sens de l'article R.541-8 du code de l'environnement ont vocation à être valorisées, traitées ou éliminées dans des installations dûment autorisées ».

5.2.2. Maintien de la qualité du site receveur

Dans le cadre d'un réemploi de terres excavées, la démarche de 1^{er} niveau (nationale) ne porte que sur l'analyse de paramètres sur matrice brute pour lesquels des seuils sont définis. Dans le cas où l'ensemble de ces seuils sont respectés le réemploi est possible sans autre caractérisation.

Au titre du « guide de valorisation des terres excavées non issues de sites et sols pollués dans des projets d'aménagement » (BRGM, Avril 2020), dans les cas où un site ne répond pas aux critères de la méthodologie nationale de gestion des sites pollués et n'a pas été remblayé, il est possible de réemployer les terres générées dans le cadre des terrassements sans les caractériser.

À noter qu'une telle démarche ne pourra être mise en application sous réserve que les sites d'origine et de destination des terres excavées présentent des similarités géochimiques et sous réserve d'une distance de réemploi maximale de 30 kilomètres.

Les mouvements de matériaux identifiés dans le cadre du projet étant localisés dans une zone d'anomalies géochimique au sens de la définition du BRGM, il apparaîtra que ce critère de compatibilité de fond géochimique entre site receveur et donneur est respecté si le site producteur et le site receveur se trouvent tous deux au sein de la même zone d'anomalie géochimique spécifique, et qu'ils sont distants de moins de 5 km.

C'est dans le but d'appliquer les prescriptions des guides en vigueur et d'avoir une idée globale sur la qualité des matériaux rencontrés dans le cadre du projet qu'une prestation de levée de doute LEVE et un diagnostic de pollution des sols ont été lancés à la demande de la DREAL.

Les conclusions de la LEVE et du diagnostic des sols permettront de définir les sites ou les parties de sites dans l'emprise du projet concernés ou non par la méthodologie de gestion des sites et sols pollués et d'adapter en conséquent le protocole d'investigation des matériaux de manière à définir au mieux la qualité chimique des matériaux en place et leur potentiel de réemploi.

5.2.3. Préservation de la ressource en eau

La dégradation de la ressource en eau est possible avec au moins l'une des conditions suivantes :

- La proximité de berges ou cours d'eau (30 mètres)
- La présence d'une nappe libre à moins de 50 cm
- La proximité d'un captage AEP ou de l'intégration au sein d'un périmètre de protection rapprochée ou éloignée
- Eaux souterraines

D'après les cartes géologiques n°113 (LONGWY-AUDUN-LE-ROMAN) et n°138 (UCKANGE), au 1/50 000 du BRGM au 1/50 000 du BRGM, et d'après les études réalisées au droit de la zone, le contexte hydrogéologique suivant est rencontré au droit du site d'étude :

- Nappe des alluvions de la Moselle et de la Fensch.

Cette nappe alluviale, malgré sa faible épaisseur, est utilisée dans la région pour l'alimentation en eaux potables de plusieurs villes dont Florange. Le toit de cette nappe alluviale si située entre 2 et 4m de profondeur par rapport au terrain naturel. Les marnes grises forment ensuite un niveau imperméable qui constitue le mur de l'aquifère.

Le sens d'écoulement général de la nappe rencontrée, celle des alluvions de la Moselle et de la Fensch, se fait en direction de l'Est. Cet aquifère subissant toutefois localement des effets de drainage par la Fensch.

Au droit du site, la nappe des alluvions de la Moselle et de la Fensch est considérée comme vulnérable en raison de la faible profondeur du toit de la nappe, observé selon les endroits à partir de 2m de profondeur, et ce malgré la présence de terrains sus-jacents peu perméables.

En outre, la localisation des modelés identifiés dans le cadre du projet recoupe avec des périmètres de protection éloignés de certains captages.

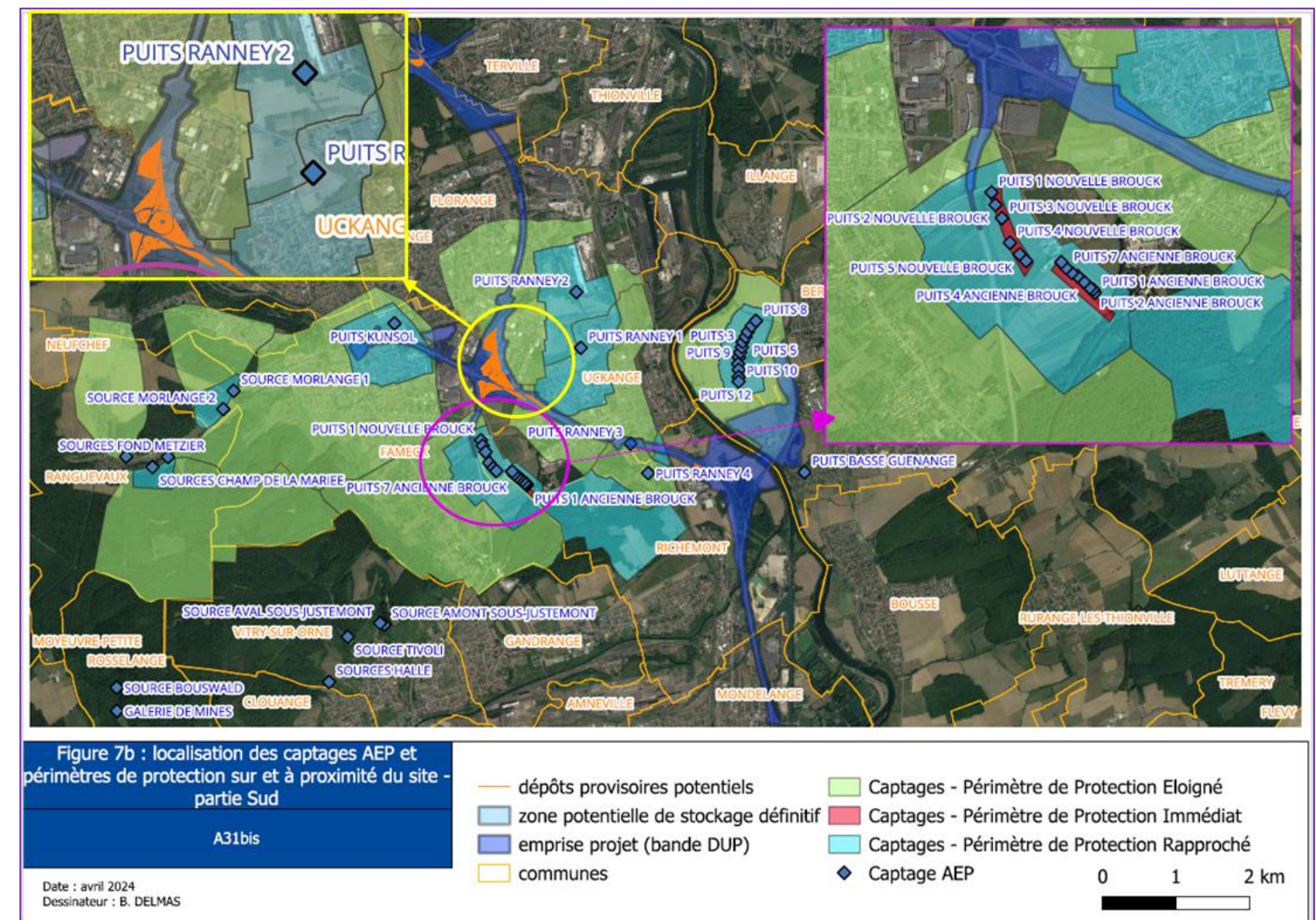


Figure 6 : Localisation des périmètres de protection des différents captages identifiés à proximité des zones de dépôts

À ce titre, une attention toute particulière sur la qualité des matériaux mis en stock dans les modelés en place devra être portée de manière à ne pas porter atteinte à la ressource en eau.

5.2.4. Compatibilité avec l'usage futur du site receveur sur le plan sanitaire

La notion de risque sanitaire suppose l'existence conjointe :

- D'une source de contamination,
- D'une cible pouvant ressentir les effets toxiques, nocifs ou physiques des contaminants identifiés,
- D'un vecteur de transfert capable de mettre en relation ces deux paramètres. Cette voie peut être directe ou via des mécanismes successifs transportant les polluants d'un milieu à un autre.

En l'absence de l'un de ces trois paramètres, il n'y aura pas de risque de contamination.

5.3. Pistes de valorisation identifiées

Plusieurs pistes de valorisation des terres excavées sont envisagées à date, et détaillées dans le tableau ci-après.

Tableau 10 : Pistes de valorisation identifiées dans le cadre du projet

Type de valorisation envisagée	Justification du choix de valorisation	Statut réglementaire
Valorisation en remblais et couche de forme dans le cadre du projet	Besoin de remblais et couche de forme identifié dans le cadre du projet	Réemploi sur site sans prise de statut de déchets
Valorisation en remblais sur des projets tiers (aménagement ou technique routière)	Le projet doit faire l'objet d'une autorisation administrative	Les terres ont le statut de déchets valorisés Une procédure SSD est possible via l'AM du 04/06/2021 – utilisation en aménagement
Substitut de terre végétale, appelé terre fertile, issu de la valorisation des terres excavées.	Matériau utilisé pour l'amendement	Terre végétale soumis à norme NFU 44-551
Fabrication d'écomatériaux (Bordures, bétons prêts à l'emploi ou fabriqué sur chantier, éléments préfabriqués destinés aux opérations de chantier, assises de chaussées traitées, couches de forme traitées)	R&D	Potentiellement SSD de fait car devient un produit Ou via AM du 04/06/2021 utilisation en génie civil
Modelés paysagers ou phoniques	Projet de merlons paysagers et phonique intégré au projet autoroutier global pour répondre au besoin identifiés de : - Réduction de l'incidence sonore du projet - Intégration visuelle et environnementale	Réemploi sur site sans prise de statut de déchets.
Remise en état des carrières acceptant des matériaux issus du BTP	La carrière doit présenter dans son AP son acceptation de matériaux issus du BTP pour sa remise en état.	Les terres ont le statut de déchets valorisés
Recherche de plateforme de	Permet de déléguer la recherche de site de valorisation à un tiers, facilite la valorisation via une	La plateforme est ICPE mais sous gestion par un tiers

valorisation des terres	zone de stockage temporaire et une zone de traitement	
-------------------------	---	--

5.3.1. Potentiel géotechnique de réemploi des matériaux vis-à-vis des pistes de gestion identifiées

Le bureau d'études GEOS, sous-traitant d'INGEROP spécialisé en géotechnique, a été sollicité pour évaluer et sécuriser le potentiel de réemploi des matériaux excavés d'un point de vue géotechnique.

A noter qu'une note spécifique de présentation du potentiel de réemploi des matériaux excavés est disponible en annexe du présent document.

Leurs premières conclusions sont présentées ci-après, organisées par typologie de matériaux et par pistes de réemploi identifiées.

Les opérations d'excavation prévues, incluant les tranchées ouvertes, couvertes ainsi que le creusement des rameaux, généreront des déblais provenant de plusieurs formations lithologiques. Le taux de réemploi de ces différentes lithologies, pour chacune des filières actuellement identifiées, est présenté ci-après. Ces taux de réemploi, exprimés en pourcentage, ont été déterminés par GEOS en s'appuyant sur la classification GTR, qui établit le caractère réemployable des matériaux en fonction de leurs propriétés géotechniques.

Dans le cadre du projet, les lithologies rencontrées sont globalement réemployables, sous réserve d'un état hydrique compatible. Il convient de souligner que la présence d'une nappe alluvionnaire peu profonde, caractéristique du contexte hydrogéologique local, limite la disponibilité de matériaux naturellement secs. En conséquence, des traitements spécifiques devront être envisagés pour optimiser les caractéristiques des matériaux en vue de leur réemploi. Les principales recommandations de traitement établies par GEOS sont les suivantes :

- **Traitement à la chaux (1 à 2 %) pour réemploi en remblai** : Ce traitement vise à corriger l'excès d'humidité des matériaux et à améliorer leur portance. Il est recommandé de l'appliquer de manière quasi-systématique aux matériaux issus des Limons des Plateaux, des alluvions modernes et des alluvions anciennes prélevés en conditions saturées.
- **Traitement combiné chaux (1 à 2 %) + ciment (6 à 7 %) pour réemploi en couches de forme** : Cette combinaison permet à la fois de maîtriser l'état hydrique et de garantir des performances mécaniques adéquates pour un usage en structure de chaussée ou plateforme. Ce traitement est à prévoir de manière quasi-systématique pour l'ensemble des matériaux destinés à cet usage, en particulier ceux issus des formations précitées.

Les matériaux considérés comme non réemployables correspondent principalement à ceux présentant un état hydrique trop élevé pour qu'un traitement correctif soit techniquement et économiquement envisageable.

- **Limons des plateaux / Alluvions modernes** : matériaux principalement F1/F2 (argiles sableuses)
 - Potentiel de réemploi en remblai courant (y compris avec traitement à la chaux) : 70 à 90%
 - Potentiel de réemploi en couches de formes : 10 à 30% (y compris avec traitement à la chaux + ciment)
 - Réemploi en modelé et comblement de carrière : 100% (fraction de 20 à 40% à mettre en cœur de remblai)

- **Alluvions anciennes** : matériaux sablo-graveleuses (G1, G3, S4), pouvant présenter des passées plus argileuses (I1)
 - Potentiel de réemploi en remblai courant (y compris avec traitement à la chaux) : 70 à 90%
 - Potentiel de réemploi en couches de formes : 40 à 60% (y compris avec traitement à la chaux + ciment)
 - Potentiel de réemploi en modelé : 100%
- **Marnes du Domérien** : matériaux de type F1/F2, matériaux pouvant être gonflants.
 - Potentiel de réemploi en remblai courant : 50 à 70% (à mettre en cœur de remblai)
 - Pas de réemploi envisageable en couche de forme
 - Potentiel de réemploi en modelé : 100% (à mettre en cœur de remblai)

Les retours de GEOS confirment le potentiel de réemploi des matériaux excavés dans les pistes de gestion identifiées sous réserve d'un traitement en cas de besoin.

A noter qu'au regard de leurs propriétés gonflantes, il n'est pas prévu de réemploi des Marnes du Domérien issus du creusement des rameaux notamment en couche de forme. Un réemploi en remblais courant ou modelé reste toutefois totalement envisageable pour cette lithologie.

De même, le potentiel de réemploi des marins de tunnelier devra faire l'objet d'études de formulations spécifiques complémentaire pour leur valorisation en couche de forme et en remblais au regard des transformations auxquelles seront soumis les matériaux dans le cadre d'un creusement au tunnelier (notamment à pression de terre).

5.3.2. Hypothèses prises en compte

Sont rappelés ci-après les données d'entrées utilisées de manière à définir les différentes stratégies de gestion des matériaux excavés dans le cadre du projet de l'A31bis

- Le projet génère un volume de 2,7 Mm³ de matériaux avec environ 2,2 Mm³ de déblais de terrassement traditionnel et 0,5 Mm³ de déblais générés par un creusement au tunnelier ;
- Un besoin maximal en matériaux en remblais et couche de forme de l'ordre de 2,3 Mm³ a pu être estimé à ce stade de l'étude
- Un réemploi des terres excavés hors marins de tunneliers fixée à hauteur de 25 % en remblais et 20 % en couche de forme ;
- Une capacité de mise en dépôt en modelés paysager et phonique de l'ordre de 1,1 Mm³ a pu être estimé à ce stade de l'étude ;

- La capacité maximale d'accueil des matériaux au sein du crassier de Marspich est estimée à 350 000 m³. Ce besoin en matériaux devra toutefois être précisé par ARCELOR MITTAL au sein du plan de gestion qui sera produit dans le cadre de la réhabilitation du crassier. À ce titre, cette solution n'a pas été intégrée aux stratégies de gestion et apparaîtra comme une solution qui pourra être précisée ultérieurement dans le cadre du projet.
- Une densité de 1,8 sera appliquée aux déblais de terrassement traditionnel et 2,3 aux déblais de Tunnelier pour convertir les volumes en tonnage accepté à l'exutoire.

5.3.3. Qualité des matériaux rencontrés

Afin de caractériser avec précision l'état de pollution du milieu souterrain, anticiper la gestion des terres qui devront être excavées, adapter leur traitement pendant la phase de chantier et estimer le coût associé à cette gestion, la DREAL Grand-Est a lancé des études de pollution des sols sur les secteurs d'aménagement de l'A31bis. L'état initial de la qualité des sols présenté ci-après repose sur les données disponibles à ce stade du projet, issues notamment de la prestation LEVE et du diagnostic environnemental.

5.3.3.1. Prestation LEVE

L'étude historique, documentaire et mémorielle représente la première étape dans le processus d'identification et de gestion des sites et sols pollués. Elle vise à repérer les risques de pollution des matériaux le long du linéaire étudié, en recensant de manière précise les activités exercées ainsi sur le périmètre concerné et à proximité immédiate du projet. Elle permet ainsi d'identifier les activités actuelles / passées à risque pour les milieux et la mise en évidence des sources potentielles de contamination (SPC).

Cette étude s'appuie notamment sur la consultation de diverses sources et organismes tels que l'IGN, la Préfecture, les Archives départementales, les services de la Mairie, l'ARS, ainsi que les bases de données BASIAS, BASOL, BARPI et BSS.

Dans le cadre du projet de l'A31bis, une LEVE a été réalisée par ACTIERRA en octobre 2024. Cette démarche a permis de dresser un état des lieux complet des sources potentielles de pollution, notamment dans les secteurs les plus sensibles du point de vue du risque de pollution du milieu souterrain. A l'issue de cette étude, 7 sites relevant potentiellement de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués ont pu être identifiés.

À la suite de cette étude et sur la base des sources potentielles de pollution identifiées, un programme de caractérisation au droit des sites concernées a été réalisé. Celui-ci a pour but de confirmer ou d'infirmer les suspicions de pollution, et le cas échéant, de qualifier et quantifier précisément l'état de contamination du site.

Chaque programme est adapté aux caractéristiques spécifiques du projet, telles que sa localisation ou la profondeur des aménagements et l'objectif de la caractérisation (fiabiliser le réemploi et/ou définir le caractère inerte des matériaux et la filière d'évacuation des matériaux le cas échéant).

5.3.3.2. Diagnostic de pollution des sols

Sur la base des conclusions de l'étude historique/LEVE réalisée en octobre 2024 par ACTIERRA et conformément aux programmes d'investigations établis en conséquence, une campagne de prélèvement et d'échantillonnage de matériaux excavés a été réalisée au mois de mai 2025 par le bureau d'études BS Consultants (référence N° YGK2024-11-05) afin de caractériser, quantitativement et qualitativement, l'état de pollution des sols.

Le programme de prélèvement et d'échantillonnage sur les sols a consisté en la réalisation de 40 sondages à la tarière mécanique, manuelle ou au carottier portatif entre 0 et 6 m de profondeur et le prélèvement d'échantillons sur 4 sondages carottés représentatifs des matériaux du tunnelier.

Les investigations ont eu pour objectif d'identifier et de caractériser les matériaux issus des sols de site concerné dans l'emprise du projet afin de lever les incertitudes liées à la pollution des terrains au droit des sources potentielles de pollution et de préciser la qualité des déblais qui seront terrassés en vue d'identifier les filières possibles d'élimination ou de valorisation des terres excavées.

Dans ce contexte et en vue de caractériser les déblais qui seront rencontrés dans le cadre du projet, des analyses de type Pack ISDI et métaux brut ont pu être réalisées sur les matériaux échantillonnés. Les résultats des analyses ont pu être comparés aux valeurs seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014 afin notamment de définir le caractère inerte des futurs déblais et les filières de gestion de matériaux associées.

5.3.3.2.1. Valeurs de référence d'estimation de la qualité environnementale des sols

L'analyse de la qualité des sols est basée sur la comparaison des concentrations mesurées en éléments à des valeurs de référence afin d'identifier d'éventuelles anomalies ou contaminations. Sont rappelées ci-après les valeurs de référence identifiées pour caractériser les matériaux échantillonnés.

Les concentrations en éléments traces métalliques (ETM) dans les sols des sites étudiés ont été comparées aux teneurs de fond géochimique et aux seuils indicatifs issus de la littérature technique, dans un objectif de diagnostic environnemental :

- **Sources de données régionales – Références BRGM :**

Les valeurs de fond observées dans la région Grand Est, et plus particulièrement dans le département de la Moselle, ont été extraites du rapport suivant :

- BRGM (2001). Éléments de diagnostic environnemental sur d'anciens sites sidérurgiques de Lorraine – Homécourt, Micheville, Forbach, Grosbliedersroff, Custines et Thionville. (Rapport BRGM/RP-50158-FR. 108 p).

Ce rapport fournit des valeurs moyennes et maximales mesurées dans différents contextes géologiques (vallées ferrifères, plaine alluviale de la Moselle, bassin houiller), utilisées comme indicateurs de pollution historique potentielle.

- **Valeurs de fond géochimique nationale – Réseau RMQS**

À défaut de disposer de données locales précises sur les teneurs naturelles de fond, des estimations issues du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) ont été mobilisées. La comparaison entre les teneurs mesurées sur site et les valeurs de fond géochimique (régionales ou nationales) permet d'identifier des anomalies, et de suspecter une contamination anthropique si les concentrations dépassent significativement les valeurs de fond ou les percentiles supérieurs (P90) recommandés.

- **Valeurs de référence Dioxines et furannes**

La toxicité des dioxines et furannes est estimée à l'aide d'un indicateur international, l'équivalent toxique (TEQ). Chaque congénère se voit attribuer un facteur d'équivalence toxique (FET), défini en comparant sa toxicité à celle de la molécule de référence, la 2,3,7,8-TCDD, considérée comme la plus toxique. Le TEQ total correspond à la somme des équivalents toxiques calculés pour l'ensemble des congénères présents dans un échantillon.

En l'absence de valeurs réglementaires ou d'objectifs de qualité pour les sols en France, les concentrations mesurées ont été comparées :

- Aux données issues du rapport BRGM « Dioxines/furannes dans les sols français : second état des lieux, analyses 1998-2007 » (RP-56132-FR de mars 2008).

Tableau 11 : Statistiques des teneurs en dioxines/furannes mesurées (BRGM – RP56132-FR, Mars 2008)

ng TEQ-OMS-97/kg MS	Médiane	90% des valeurs inférieures à	Nombre d'analyses
zones rurale (toutes ancienneté) et urbaine (principalement <10 ans)	1,3	3,2	138
zones urbaine/ industrielle (principalement >10 ans)	4,7	20,8	58
Cas particuliers (28-31 ans / TEQ > 30)	63,2	82,7	14

- A l'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (aujourd'hui ANSES) émis en 2009 indiquant que les valeurs de contamination tolérables dans les sols pour éviter un risque de non-conformité de la viande et/ou du lait issus des animaux ayant pâturé dans une zone "sinistrée" sont comprises entre 4 et 20 ng TEQ/kg de sol sec selon les différentes catégories d'animaux étudiées.
 - Sur la base de ces estimations, la valeur limite de 5 ng TEQ/kg de sol sec peut être considérée comme une valeur d'alerte nécessitant la mise en œuvre de mesures complémentaires. A titre indicatif, la valeur de 5 ng TEQ/kg de sols sec peut également être retenue dans le cas du pâturage des animaux.
- A la valeur seuil du *guide de valorisation des matériaux alternatifs en infrastructures linéaires – Evaluation environnementale et sanitaire* qui fixe à 10 ng I-TEQOMS, 2005/kg de matière sèche la concentration limite en dioxines et furannes à ne pas dépasser dans le cadre d'une opération de valorisation en infrastructure linéaire.

- **Référentiel pour l'évaluation du caractère inerte et l'orientation en filière d'élimination**

Dans le cadre cette étude, sont retenus comme référentiels :

- L'arrêté ministériel du 12/12/2014 relatif aux critères d'acceptation des déblais en installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et permet de définir le caractère inerte des matériaux selon la réglementation déchets.
- Pour les ISDND et les ISDD sont considéré par défaut les seuils de la décision européenne N°2003/33/CE du 19/12/02 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges ; ces seuils n'ayant pas été repris en droit français mais étant couramment utilisés pour définir les conditions d'admission dans ces exploitations.

- Certaines ISDI dites K3+ ou ISDI à Seuil Aménagé (SA) disposent de seuils d'admissibilité trois fois supérieurs à ceux des ISDI et permettent d'éviter le stockage en ISDND.

A noter que dans le cadre de la campagne d'investigation des sols, les objectifs de caractérisation des matériaux pouvaient différer entre les sondages et les sites associés. A l'issue de la LEVE, deux objectifs de caractérisation complémentaires, mais différents par les analyses à réaliser ont pu être identifiés :

- Identifier et fiabiliser une potentielle pollution issue des Sources Potentielles de Contamination relevées sur site à partir de paramètres traceurs. Cet objectif de caractérisation est notamment associé aux sites suspectés de relever de la méthodologie nationale des sites et sols pollués. Il repose notamment sur la réalisation d'un ensemble d'analyses (Pack Terrass¹) de paramètres sur brut (*i.e.* la teneur totale en métaux et composés organiques dans la matrice solide de l'échantillon).
- Déterminer les potentialités de valorisation sur et hors site des matériaux ainsi que leur qualité environnementale. Cet objectif, plus général, vise à définir le caractère inerte des matériaux, c'est-à-dire son absence de transformation dans l'environnement, en prévision ou non d'une évacuation en Installation de stockage de déchets. Il repose notamment sur la réalisation d'un ensemble d'analyses (Pack ISDI²) sur éluat (*i.e.* la teneur en métaux qui peut lixivier dans l'eau).

Ces deux packs analytiques bien que disposant de paramètres en commun (notamment les Hydrocarbures totaux, les HAP, les BTEX et les PCB) présentent des différences dont notamment l'absence d'analyses des métaux sur éluât sur les packs Terrass ne permettant pas de définir le caractère inerte ou non des matériaux quand ces analyses n'ont pas été réalisées.

5.3.3.2.2. *Qualité des matériaux rencontrés au droit du Linéaire*

Dans le cadre du diagnostic environnemental, 14 analyses de sols ont été réalisées au droit du futur linéaire de l'A31bis (hors site potentiellement pollués identifiés à l'issue de l'étude historique et documentaire). Aucun indice organoleptique n'a été identifié lors des prélèvements.

Les matériaux rencontrés au droit du linéaire présentent ponctuellement des concentrations en métaux sur brut supérieures au fond géochimique local. Ces concentrations mesurées restent toutefois du même ordre de grandeur que le bruit de fond sauf à l'exception de deux échantillons où les concentrations en Plomb et Baryum sont supérieures aux valeurs de références locales. Ces concentrations en métaux restent néanmoins majoritairement inférieures aux seuils de référence du BRGM dans la région du projet.³

Ces anomalies ponctuelles en Baryum (658 mg/kg mesuré) et Plomb sur brut (144 mg/kg mesurée pour une valeur de fond fixée à 64,8 mg/kg) sur un échantillon du linéaire, c'est-à-dire présentant concentrations supérieures au fond géochimique local et aux valeurs de référence du BRGM en région Moselle peut impliquer une gestion spécifique des matériaux associés à cet échantillon en cas notamment d'une évacuation en Installation de stockage de déchets.

Les analyses sur éluât n'ont toutefois pas mis en évidence de Baryum ou de Plomb dans des concentrations supérieures aux seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif à l'admissibilité des matériaux en Installation de stockage de matériaux inertes.

Concernant les polluants organiques sur brut (HCT, HAP, PCB et BTEX) et les métaux sur éluât, aucun dépassement des seuils de l'Arrêté du 12/12/2014 n'a été identifié. Des dépassements des seuils de l'arrêté en fluorures, sulfates, et fraction soluble ont pu être identifiés sur quelques échantillons analysés (6 dépassements des seuils ISDI en fluorures et 3 en sulfates constatés en surface).

5.3.3.2.3. *Sites relevant de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués*

Au vu des données recueillies à l'issue de la prestation LEVE au droit du site d'étude, il a été possible d'identifier 7 sites qui relèvent de la méthodologie nationale des SSP car pouvant présenter un risque de pollution des milieux et qui ont fait l'objet d'investigation des sols.

A noter l'absence d'investigation des sols au droit des sites 3 (au regard des conclusions des études antérieures sur l'absence d'impact des activités historiques du site sur ces milieux) et 4 (au regard de l'absence de terrassement sur les sols superficiels ayant pu être impactés par les activités historiques du site, seul un creusement au tunnelier étant prévu au droit du site).

¹ Pack TERRASS : Pack analytique comprenant les paramètres HCT dont HC volatils, HAP, BTEX, PCB, 4 COHV (cis 1,2-Dichloroéthylène, Chlorure de vinyle, Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène) et 8 métaux sur brut.

² Pack ISDI : Pack analytique comprenant sur brut les paramètres COT, BTEX, PCB, HC C10-C40, HAP et sur éluât les paramètres métaux, Chlorure, Fluorure, Sulfate, Indice phénol, COT et Fraction soluble.

³ BRGM (2001). Éléments de diagnostic environnemental sur d'anciens sites sidérurgiques de Lorraine – Homécourt, Micheville, Forbach, Grosbliederstroff, Custines et Thionville. (Rapport BRGM/RP-50158-FR. 108 p).

Tableau 12 : Synthèse des sites investigués dans le cadre du diagnostic environnemental (Source : BS Consultants, 2025)

Site d'étude	Localisation et coordonnées Coordonnées	Surface	Aménagement actuel	Sources de pollutions potentielles
Site 1	Rue Entrange Kanfen (57) X : 6.109628 Y : 49.424977	2 000 m ²	Dépôt sauvage de déchets de matériaux de construction (tas de terres, enrobés, gravats)	Présence de tas de terre (dépôt sauvage de matériaux de construction d'origine inconnu)
Site 2	Rue des terres rouges Thionville (57) X : 6.105526 Y : 49.351972 14 bcle de frênes Thionville (57) X : 6.108801 Y : 49.352057	55 000 m ²	Crassier (tas de terres) contenant des scories issues de l'activité industrielle de la société ARCELOR MITTAL	Crassier (tas de terres) contenant des scories issues de l'activité industrielle de la société ARCELOR MITTAL
Site 5	ZI Sainte Agathe, 57190 Florange X : 6.130899 Y : 49.313615	5 700 m ²	Zone de stockage de déchets (Gravats, Déchets verts, Papiers, Tout venant, Métaux, Pneumatiques (avec et sans jantes), Huiles de vidange, Huiles ménagères, Bouteilles en plastique, Verres, Batteries, piles, Carton, Bois, D3E, Eco-Mobilie). Site ICPE soumis à enregistrement (déchetterie)	Présence d'une zone de stockage d'huile usagée
Site 6	ZI, Rue du ruisseau, Rue Sainte-Agathe, 57190 Florange X : 6.127235 Y : 49.310443	28 400 m ²	Société de transport de matières dangereuse avec la présence de plusieurs sources potentiel de pollution (cuve de gasoil enterrée, résidus de combustion, aire de lavage et de séparateur HCT)	Présence d'une station-service, aire de lavage et ancienne déchetterie
Site 7	1 Rue Pilatre de Rozier, 57190 Florange (Transport Griselle) X : 6.128642 Y : 49.307729	28 800 m ²	Société de transport routier de matériaux, avec la présence de plusieurs sources potentiel de pollution (cuve de gasoil enterrée, résidus de combustion, aire de lavage et de séparateur HCT). Site ICPE soumis à déclaration.	Présence d'une station et aire de lavage, et dépôt de déchet de construction

De manière générale, plusieurs dépassements des seuils ISDI fixés par l'arrêté du 14 décembre 2021 en hydrocarbures totaux et composés organiques ont pu être identifiés sur les matériaux échantillonnés au droit de ces sites pollués (concentration maximale de 4 350 mg/kg mesuré sur le site 2 sur l'horizon 3-4m et une concentration moyenne déterminée à 369 mg/kg sur l'ensemble des sites identifiés.).

C'est également le cas du dépôt sauvage de déchets de matériaux de constructions du site 1 qui présentent des dépassements quasi-systématiques des seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014 (seuil ISDI) en Hydrocarbures totaux (5 dépassements en HCT totaux sur les 6 échantillons).

Dans ce contexte, il apparait pertinent de réaliser des analyses complémentaires au droit de certains zones de manière à délimiter horizontalement et verticalement les impacts identifiés. Cela concernera notamment le site 2 du crassier d'Arcelor Mittal, où des concentrations en HAP, HCT totaux et PCB ont pu être mesurées dans des teneurs élevées (respectivement 94mg/kg MS, 4350mg/kg MS et 30,2mg/kg MS) sur la strate échantillonnée entre 3 et 4 mètres de profondeur.

Des investigations à des profondeurs supérieures et autour des sondages problématiques permettraient de fiabiliser le volume de matériaux impactés à gérer et d'adapter la stratégie de gestion de ces matériaux. En cas d'identification d'une pollution concentrée au droit des sites SSP concerné :

- Une stratégie de gestion des matériaux impactées devra être initiée de manière à réduire le volume concerné et maîtriser les risques sanitaires et environnementaux à l'égard du futur projet. Pour cela, en complément d'investigations complémentaires des sols et de l'usage projeté du site concerné, une étude complémentaire de type Plan de gestion permettrait de définir et estimer les mesures de gestion de la pollution concentrée et les coûts associés et d'étudier la compatibilité des sols maintenus en place avec l'usage projeté.
- Des analyses des eaux souterraines au droit des sites concernés par des dépassements ISDI en polluants organiques sont recommandées afin de déterminer la présence ou non d'impact dans les eaux souterraines ainsi que la qualité des eaux dans le cas d'un éventuel rabattement de nappe.

S'agissant de pollutions organiques rencontrés au droit du site 2, des traitements in-situ ou ex-situ pourront également être envisagés pour réduire la contamination des matériaux, impliquant toutefois des délais de traitement à prendre en compte dans la logistique du projet.

Des réflexions complémentaires de traitement des matériaux impactées pourront être initiées de manière à réduire le volume concerné. Une stratégie de criblage des matériaux pourra par exemple permettre de concentrer la contamination organique dans la fraction fine et réduire en conséquent le volume de matériaux impactés à gérer.

Une telle réflexion pourra également être conduite sur les sites 1 et 7 où des dépassements des seuils inertes ont pu être identifiés sur des horizons de surfaces. Des investigations complémentaires permettraient de fiabiliser la qualité des matériaux rencontrés au droit de ces différents sites du projet.

La présence d'un secteur potentiellement pollué au niveau du tracé du projet autoroutier conduit à mener une réflexion sur la possibilité d'un éventuel évitement de cette zone. Une telle option pourrait en effet permettre de limiter les contraintes techniques, environnementales et réglementaires associées à la gestion de sols pollués lors de la phase travaux. La faisabilité d'une telle piste pourra être étudiée ultérieurement en fonction des conclusions des analyses complémentaires qui pourront être réalisées dans l'emprise.

De même, des dépassements réguliers des seuils ISDI en fluorures (18 échantillons concernés sur 27 packs ISDI réalisés ; l'analyse des fluorures n'étant pas systématiques sur les échantillons prélevés) et occasionnels en sulfates (8 sur 27) ont pu être identifiés sur les échantillons réalisés sur ces sites.

Par ailleurs, des dépassements des valeurs de fond géochimiques en métaux sont quasi-systématiques sur les matériaux échantillonnés au droit de ces sites. Ces dépassements concernent notamment le Cadmium, le Chrome, le Cuivre, le Plomb et le Zinc.

Ces concentrations mesurées restent toutefois du même ordre de grandeur que le bruit de fond sauf à l'exception de quelques échantillons où des anomalies en métaux, c'est-à-dire des concentrations nettement supérieures aux valeurs de bruits de fond géochimiques sont identifiées sur les échantillons de ces sites et notamment sur le site 2 du crassier contenant les scories issues de l'activité d'Arcelor Mittal.

A noter que, lorsque l'analyse sur lixiviat a été réalisée sur les sites avec des dépassements des bruits de fond géochimiques, les concentrations en métaux sur éluât sur les matériaux présentant des concentrations supérieures aux valeurs de fond géochimiques restent très régulièrement inférieures aux valeurs des seuils ISDI.

Seuls quelques dépassements très ponctuels en Antimoine (4 dépassements sur les 27 packs ISDI réalisés), en Molybdène (3 dépassements sur les 27 packs ISDI réalisés), en Chrome et en Sélénium (1 dépassement sur les 27 packs ISDI réalisés) ont pu être constatés.

5.3.3.2.3.1. *Dioxines et furannes*

Sur la base des prescriptions des différents guides de valorisations des matériaux et des conclusions de l'étude historique et documentaire, des analyses en dioxines et furannes ont également été réalisées sur les sites 1 et 2 concernés par la présence de dépôts sauvages de matériaux de constructions et d'un crassier contenant des scories issues de l'activité industrielle de la société ARCELORMITTAL.

Les analyses réalisées sur ces sites montrent que pour 3 échantillons sur 7, les concentrations dépassent le 90^e centile des fonds ruraux (3,2 ng/kg MS), avec un maximum mesuré à 6 ng/kg MS sur le site 2. Ces valeurs restent cependant inférieures au 90^e centile des zones urbaines/industrielles (20,8 ng/kg MS) ainsi qu'au seuil de 10 ng/kg MS fixé par le guide de valorisation des matériaux alternatifs en infrastructures linéaires.

Elles se situent également dans l'intervalle défini par l'AFFSA comme seuils de contamination tolérables dans les sols, visant à éviter tout risque de non-conformité des viandes et produits laitiers provenant d'animaux ayant pâture sur ces terrains.

5.3.3.2.4. *Qualité des matériaux rencontrés par le tunnelier*

Dans le cadre du diagnostic, 4 analyses ont été réalisées au droit du futur tracé du tunnelier de l'A31bis. Seuls de légers dépassements des valeurs seuil de référence en métaux sont observés sur 2 des 4 échantillons analysés. Aucun indice organoleptique n'a été identifié sur les prélèvements réalisés sur les carottes de l'ensemble tunnelier.

Concernant les paramètres organiques sur brut (HCT, HAP, PCB et BTEX), aucun dépassement des seuils de l'Arrêté du 12/12/2014 n'a été noté sur les échantillons analysés.

Concernant les paramètres sur éluât, aucun dépassement des seuils inerte en métaux n'a été mis en évidence sur les échantillons analysés à l'exception d'un échantillon où la concentration en Sélénium mesurée est légèrement supérieure à la valeur de référence du seuil d'acceptabilité en filière ISDI.

De même, aucun dépassement par rapport aux seuils ISDI en fluorures ou sulfates n'a été identifié sur les échantillons analysés.

Ces résultats témoignent de l'absence d'impact anthropique sur les horizons les plus profonds du linéaire et de la qualité intrinsèque des terrains naturels en place.

5.3.3.2.4.1. *Problématique de la pyrite*

Certaines lithologies profondes peuvent contenir des concentrations notables en minéraux sulfurés, la pyrite étant le plus représentatif. Ces minéraux présentent la particularité de pouvoir s'oxyder lorsqu'ils sont exposés à l'air et à l'eau, pouvant entraîner une acidification du milieu environnant impliquant des enjeux importants en matière de gestion et de valorisation des matériaux excavés.

A la suite au retour d'expérience du Grand Paris confronté à la problématique dans le cadre de sa gestion des matériaux excavés, le BRGM a élaboré un schéma décisionnel visant à structurer la démarche de caractérisation de ces matériaux. Ce schéma prévoit :

- Dans un premier temps, la mesure de la teneur en sulfures ou en soufre oxydable.
- Conformément à la note de gestion du ministère (DGPR) du 3/12/21 basé sur les recommandations du BRGM (RP-71252-FR), une teneur en sulfures $\geq 0,1\%$ (1 000 mg/kg) constitue un seuil de vigilance, au-delà duquel une analyse du rapport NP/AP (ratio du potentiel de neutralisation sur le potentiel d'acidification) est requise afin d'évaluer le potentiel acidogène du matériau
- Si ce ratio est supérieur ou égal à 4, alors le matériau n'est pas potentiellement acidogène, et il ne sera pas nécessaire de le traiter. Cependant, il conviendra de vérifier par des essais cinétiques le comportement à long-terme de ces matériaux, et plus précisément le relargage en sulfates et en ETM.

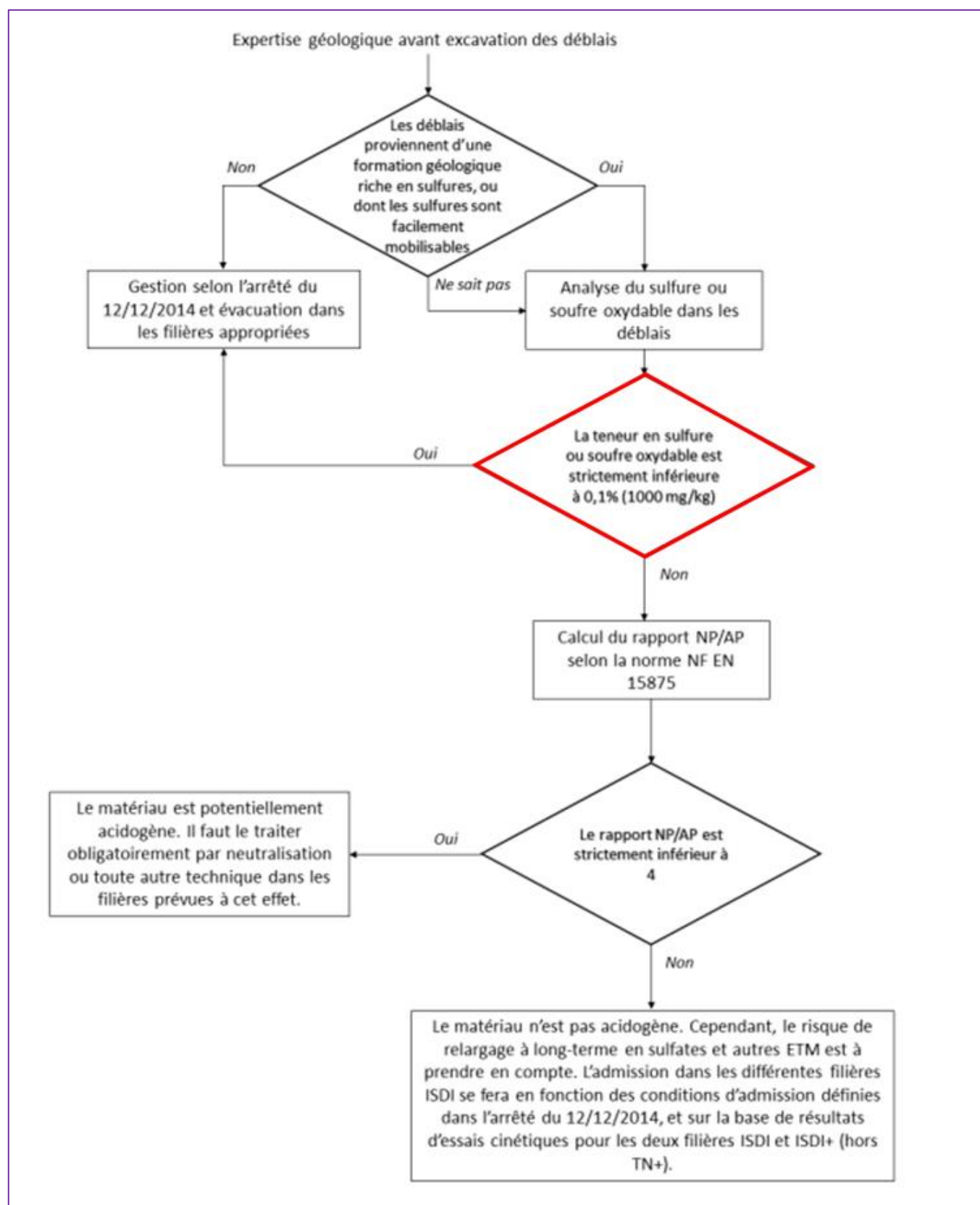


Figure 7 : Recommandation de schéma décisionnel pour orienter la caractérisation des déblais (BRGM/RP-71252-FR)

Dans ce contexte, des analyses selon la norme NF EN 15 875 sont recommandées sur des carottes représentatives des matériaux issus du tunnelier en vue de déterminer le potentiel acidogène des matériaux, c'est-à-dire leur capacité à relarguer de l'acide dans le milieu.

Une campagne d'analyses complémentaire sera nécessaire pour identifier la présence de matériaux pyritifères sur l'ensemble du linéaire et consolider l'interprétation et la stratégie de gestion proposées. Des essais dits cinétiques (CEN/TR 16363) pourront également être initiés de manière à fiabiliser le pouvoir acidogène des matériaux.

5.3.3.3. Synthèse du diagnostic de sol

Sur la base des résultats des investigations de sol réalisées dans le cadre du projet de l'A31bis, une analyse statistique a pu être menée afin de définir la qualité chimique des matériaux rencontrés dans le cadre du projet.

Les diagrammes ci-après permettent de mieux appréhender la qualité environnementale des matériaux au regard des seuils d'acceptation des matériaux en Installation de stockage de déchets définis en trois catégories :

- Inerte : Les matériaux sont considérés comme inertes au regard de la réglementation déchet.
- ISDI Seuil Aménagé (SA) : Bien que non-inerte au regard de la réglementation déchet, les analyses ont montré que les matériaux ne présentent pas de pollution organique en lien avec une pollution anthropique. Le caractère non inerte des matériaux est probablement imputable à la qualité intrinsèque des terres en place. Les dépassements vis-à-vis du seuil ISDI concernent généralement des problématiques en fluorures, sulfates et fraction soluble, mais ne sont pas liés à des composés organiques d'origine anthropique.
- Non inerte : Les matériaux sont considérés comme non inertes. Les impacts sont généralement imputables à des concentrations supérieures aux seuils ISDI notamment en hydrocarbures totaux et HAP dont l'origine est associée à un impact anthropique.

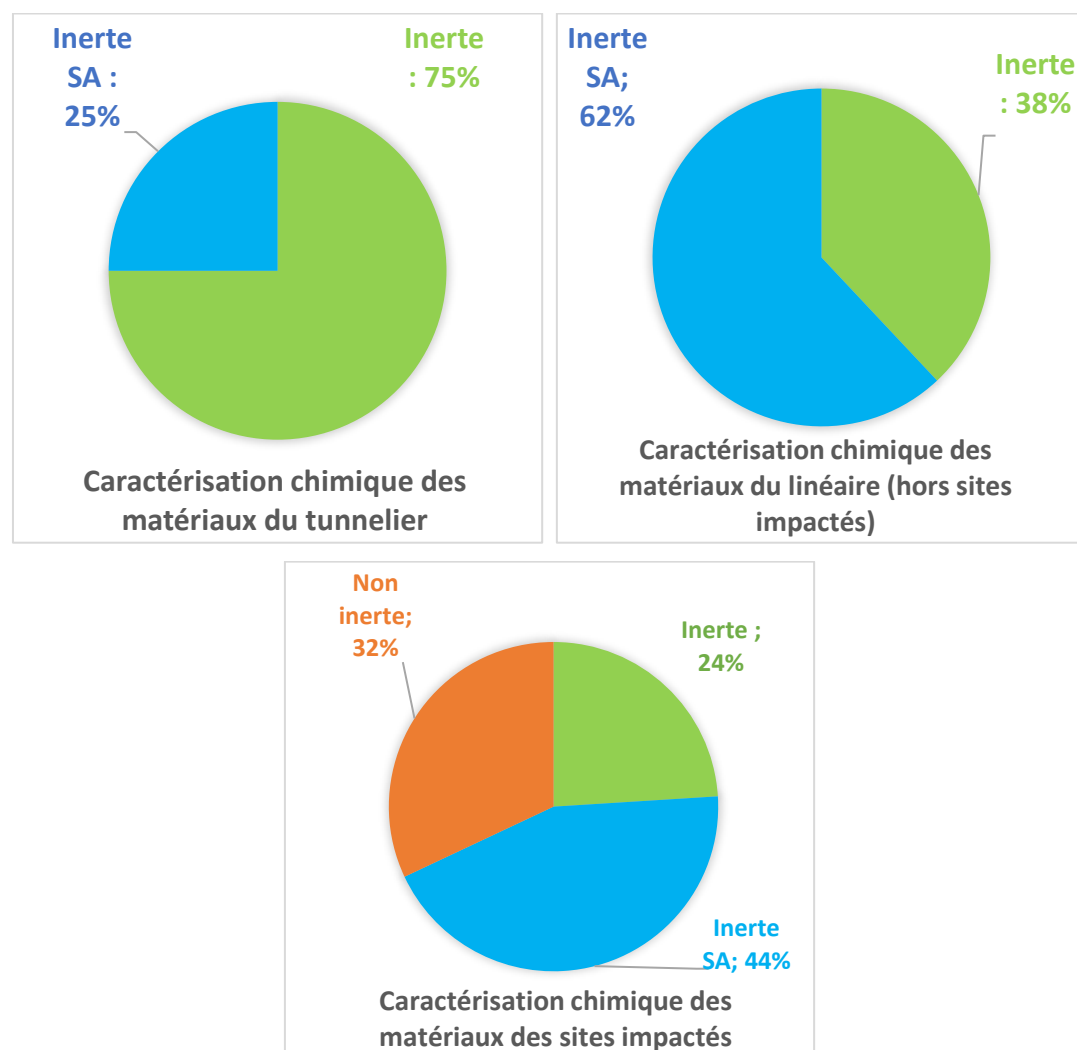


Figure 8 : Répartitions des déblais par typologie de matériaux et filière d'élimination

Les analyses menées sur le futur linéaire de l'A31bis, hors sites pollués identifiés, n'ont pas révélé d'indices organoleptiques et montrent globalement des concentrations en métaux proches du bruit de fond géochimique local, témoignant du faible impact anthropique sur la qualité des matériaux en place.

Les concentrations mesurées en polluants organiques (HCT, HAP, PCB, BTEX) et métaux sur éluât respectent les seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014, bien que le caractère non inerte des matériaux soit observé sur plusieurs échantillons au regard de dépassements en fluorures, sulfates, ou Fraction soluble.

Sur les sites identifiés comme potentiellement impactés au regard des activités identifiées, les matériaux échantillonnés sont fréquemment impactés en hydrocarbures totaux, fluorures, sulfates et métaux (cadmium, chrome, cuivre, plomb, zinc), avec des dépassements quasi-systématiques des valeurs de fond et des anomalies marquées sur le site 2, issu d'anciens dépôts industriels.

Des dioxines ont été détectées à des niveaux supérieurs aux fonds ruraux mais restant inférieurs aux références urbaines/industrielles et aux seuils de valorisation, sans risque identifié pour les sols agricoles et le pâturage.

Concernant les échantillons représentatifs des matériaux excavés dans le cadre du creusement du tunnelier ces derniers présentent une bonne qualité chimique majoritairement exempte de dépassements des seuils ISDI permettant d'associer un caractère inerte aux matériaux rencontrés.

Toutefois, les analyses réalisées ont mis en évidence le caractère acidogène des échantillons impliquant la nécessité de réaliser une campagne de prélèvement complémentaire en vue de fiabiliser l'observation faite sur les échantillons analysés et d'adapter en conséquence les mesures de gestion de la problématique.

Une répartition statistique de la qualité environnementale des matériaux, établie par lithologie, a également pu être définie et est présentée ci-après à titre informatif. Cette clé de répartition offre une vision d'ensemble de la qualité des matériaux rencontrés par lithologie, mais doit être interprétée avec prudence en raison du nombre limité d'analyses effectuées pour certaines lithologies.

Tableau 13 : Clé de répartition par lithologie et par qualité (%) déterminée à l'échelle du projet

	Nombre d'échantillons	Inerte	ISDI SA	Non inerte	Inerte	ISDI SA	Non inerte
Argile	3	0	2	1	0%	67%	33%
Grave	1	0	0	1	0%	0%	100%
Limon	27	7	14	6	26%	52%	22%
Remblais	9	1	4	4	11%	44%	44%
Sable	5	1	1	3	20%	20%	60%
Tunnel	4	3	1	0	75%	25%	0%
	50	12	22	15			

Différentes cartographies localisant les sondages et la qualité environnementale associée sont également présentées en annexe du présent document afin de représenter spatialement la qualité des matériaux en place.

5.3.4. Réemploi en remblais ou en couche de forme

Il est envisagé de réemployer les matériaux valorisables dans le cadre du projet en remblais :

- Remblais de fouille,
- Remblais techniques.
- Remblais de substitution, qui doivent être constitués de matériaux insensibles à l'eau,

L'utilisation des terres en remblai est directement liée à leur classification et à leur condition de mise en place. Pour l'ensemble des matériaux, il sera nécessaire de réaliser des études et essais d'aptitude et de traitement afin de statuer sur la possibilité de traitement des matériaux, ce qui permettrait leur réemploi en remblais de substitution en conditions météorologiques favorables.

Pour rappel, les volumes de matériaux générés dans le cadre du projet sont les suivants :

Tableau 14 : Rappel des volumes en jeu (INGÉROP, 2024)

	Tronçon nord (ASP)	Tronçon Sud	Volume total
Décapage	198 810 m ³	305 730 m ³	504 540 m ³
Déblais	741 500 m ³	1 997 970 m ³	2 739 470 m ³
dont marins du tunneliers		560 000 m ³	560 000 m ³

Sur la base d'une hypothèse classique en réemploi des terres excavés hors marins de tunneliers fixée à hauteur de 25 % en remblais et 20 % en couche de forme, cette solution de valorisation des matériaux absorberait environ 917 000 m³ de matériaux répartis géographiquement sur le projet comme suit :

Tableau 15 : Volume de matériaux réemployés sur site en remblais et couche de forme (INGÉROP, 2024)

	Tronçon nord (ASP)	Tronçon Sud	Volume total
Déblais en remblais	185 375 m ³	324 243 m ³	509 618 m ³
Déblais en couche de forme	148 300 m ³	259 394 m ³	407 694 m ³
Total	333 675 m ³	583 637 m ³	917 312 m ³

A noter qu'il s'agit ici de premières hypothèses de réemploi définies par GEOS qui pourront potentiellement être optimisées.

En effet, sur la base des potentialités de réemploi des lithologies rencontrées dans le cadre du projet définis par GEOS dans le chapitre 5.3.1, il apparaît que les volumes de réemploi des matériaux en remblais notamment peuvent être sensiblement revus à la hausse limitant un recours en matériaux d'apport pour répondre aux besoins identifiés. Pour rappel, les besoins totaux en matériaux excavés pour du remblais et couche de forme dans le cadre du projet sont respectivement de 1,5 Mm³ et 0,8 Mm³ soit un besoin total en matériaux de 2,3 Mm³.

Aussi, il pourrait être pertinent de revoir à la hausse les volumes de matériaux pouvant être réemployés dans le cadre du projet de l'A31bis sous réserve de disposer de matériaux géotechniquement intéressants et surtout de la capacité à stocker ces matériaux temporairement dans l'attente de leur réemploi.

Cette problématique de stockage contraindra la mise en œuvre d'une telle piste de gestion et devra être anticipée par le concessionnaire en amont du projet de manière à maximiser le réemploi des terres au sein même du projet.

5.3.5. Production de substitut de terre végétale à partir des terres excavées

Pour répondre à la demande croissante tout en préservant les ressources en terres végétales devenues rares, les sols construits, émergent comme une solution prometteuse favorisant l'économie circulaire.

Le projet SITERRE, financé par l'ADEME de 2010 à 2015, a initié la construction de sols fertiles à partir de terres excavées, démontrant ainsi la possibilité de créer des sols durables en utilisant des matériaux innovants en remplacement de la terre végétale. Selon les classifications établies dans ce programme, le mélange de terres excavées et de compost de déchets verts se révèle le plus efficace.

Actuellement, il n'existe pas de cadre réglementaire spécifique pour la construction de sols à partir de terres excavées. Cependant, ces matériaux sont déjà inclus dans la norme NF U44-551, qui les considère comme des supports de culture potentiellement utilisables. Ainsi, ces terres peuvent être employées individuellement ou mélangées pour former des sols construits.

Déterminer les caractéristiques physico-chimiques optimales d'un sol fertile apparaît à ce stade complexe, car elles varient selon l'application prévue (agricole, ornementale, etc.) et les besoins spécifiques des plantes considérées pour leur fertilité (Fourvel, 2019).

Le tableau ci-dessous présente un résumé des seuils des principales propriétés physico-chimiques du sol utilisés dans l'estimation de sa fertilité.

Tableau 16 : Valeurs seuils des principales propriétés physico chimiques du sol pour estimer sa fertilité (Source: ADEME SITERRE)

	Paramètres	Unités	Valeurs		Références
			Optimales	Défavorables	
Fertilité chimique	pH		6,5 à 7,5	< 5,5 ou > 8,5	Damas et Coulon (2016)
	Matière organique	g/kg	40 à 100	< 10 et > 100	Damas et Coulon (2016)
	Azote total	g/kg	10 à 20	< 2 et > 20	Damas et Coulon (2016)
	Rapport C/N		8 à 10	< 6 et > 15	Damas et Coulon (2016)
	Phosphore (Polson)	g/kg	>0.12	<0.04	Damas et Coulon (2016)
	Capacité d'échange cationique	Méq.100 /g	>40	<12	Damas et Coulon (2016)
	Concentration en CaCO ₃	g/kg	10 à 50	>500	Damas et Coulon (2016)
Fertilité physique	Masse volumique apparente	g cm ⁻³	< 1.2	> 1.7	Damas et Coulon (2016)
	Réserve utile pour les plantes	mm.cm ⁻¹	>1.5	< 0.5	Damas et Coulon (2016)

La réalisation d'analyses physico-chimiques, agronomiques sur les strates rencontrées dans le cadre des travaux et d'une étude spécifique par un bureau d'étude agronome permettra de statuer sur le potentiel de refertilisation des sols générés.

À noter qu'une telle piste de valorisation impliquera également un besoin d'une surface de stockage des matériaux non-négligeable et ce sur une période conséquente pour pouvoir être mise en application. Aussi, la mise en œuvre d'une telle stratégie sera dépendante des besoins identifiés dans le cadre du projet.

À ce stade de l'étude, un besoin en terre végétale de l'ordre de 504 000 m³ a pu être estimé dans le cadre du projet. Ce besoin est globalement à l'équilibre avec les volumes de matériaux qui seront décapés dans le cadre du projet.

Toutefois, une refertilisation des terres excavées en vue d'une cessation à tiers (exploitants d'Installations classées type carrière dans le cadre d'une remise en état par exemple) pourrait s'avérer intéressantes pour absorber une certaine quantité de matériaux à ce stade non estimable.

Des études pourraient être également lancées pour définir le potentiel de refertilisation que pourrait représenter les terres extraites au tunnelier. Il pourrait apparaître intéressant de capitaliser sur les projets d'infrastructures en cours où des tunneliers sont utilisés comme les chantiers du Grand Paris Express.

5.3.6. Mise en modelés des matériaux

5.3.6.1. Critères de mise en dépôt définitive des terres

Les critères environnementaux à respecter en vue d'une mise en dépôt définitif des terres excavées sont les critères définis dans la **section 2 de l'annexe I de l'Arrêté Ministériel SSD du 21/12/2021**.

Cette section intitulée « critères relatifs au dépôt de déblais de terres naturelles » implique que les terres à stocker répondent à la définition de déblais de terres naturelles constituée des exigences suivantes (**Cf. section 1 de l'annexe I de l'Arrêté Ministériel SSD du 21/12/2021**) :

- Les déblais de terres naturelles sont non dangereux et ne proviennent pas d'un site et sol pollués ;
- Les déblais de terres naturelles répondent aux critères d'admission en installations de stockage de déchets inertes définies par l'AM du 12/12/2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations de stockage ;
- Les déblais de terres naturelles ne sont susceptibles de subir aucune désintégration ou dissolution significative, ni aucune autre modification significative, de nature à produire des effets néfastes sur l'environnement ou la santé humaine (condition validée pour les terres respectant les seuils ISDI définis par l'AM du 12/12/2014).

Une fois ces conditions validées, le respect des critères suivants doit être démontré (Cf. section 2 de l'annexe I de l'Arrêté Ministériel SSD du 21/12/2021).

Le dépôt est réalisé sur le site du grand projet d'aménagement ou d'infrastructure ;

- Condition A : maintien de la qualité des sols du site receveur ;
- Condition B : maintien de la qualité de la ressource en eau et des écosystèmes ;
- Condition C : compatibilité des caractéristiques chimiques des terres excavées sur le plan sanitaire, avec l'usage futur du site receveur.

En outre, il convient de préciser que le recours à une telle stratégie de gestion doit être présenté dans le dossier d'autorisation environnementale. Un mémoire complémentaire pourra être communiqué aux services instructeurs pour présenter cette potentialité.

A noter que le respect des prescriptions de l'arrêté du 21 décembre 2021 permet de maîtriser le risque environnemental lié à la mise en dépôt définitif des matériaux excavés. Dès lors, le recours à une telle stratégie n'impliquerait pas de risques environnementaux supplémentaires. En effet, au regard des contraintes techniques, administratives et environnementales imposées par l'arrêté, une telle option ne génère pas d'incidence additionnelle en comparaison d'un dépôt en ICPE sur site, dès lors que l'ensemble des prescriptions réglementaires est strictement respecté.

5.3.6.2. Mise en dépôt sous statut ICPE

Si les terres excavées produites par le projet ne peuvent pas faire l'objet d'une sortie du statut de déchet – en raison de contraintes réglementaires, techniques, et organisationnelles que cela implique (analyses approfondies des matériaux, mise en place de procédures de traçabilité et de contrôle, démonstration de leur innocuité pour l'environnement et justification d'un usage certain) – le recours à une solution alternative pourrait être envisagé.

Cette solution consisterait à organiser leur stockage définitif dans une installation soumise au régime des installations classées pour la protection de l'environnement et dont le maître d'ouvrage assurerait la gestion et la responsabilité. Plus précisément, une telle installation relèverait de la rubrique ICPE 2760 qui concerne les installations de stockage de déchets

La création d'une installation de stockage de déchets nécessite le dépôt d'un dossier réglementaire auprès de la préfecture du département concerné, dont l'instruction est assurée par les services de l'État. Selon l'importance du projet et les volumes de déchets accueillis, l'installation peut relever d'un régime de déclaration, d'enregistrement ou d'autorisation environnementale.

Dans la pratique, les installations destinées à recevoir des volumes significatifs de terres excavées relèvent généralement d'un régime d'enregistrement ou d'autorisation, impliquant la constitution d'un dossier technique détaillé.

En matière de délais d'instruction, le régime de l'enregistrement prévoit en principe une durée d'environ 5 mois à compter de la réception d'un dossier complet.

Lorsque le projet relève de l'autorisation environnementale, le délai global est en principe d'environ 9 mois, comprenant une phase d'examen administratif, une phase de participation du public (dont enquête publique) et une phase de décision préfectorale. Ces délais peuvent être suspendus en cas de demande de compléments par l'administration.

Selon le régime applicable, une étude d'impact pourra être requise. Une attention particulière est portée aux caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du site, afin de vérifier l'absence de risques de pollution des eaux souterraines et la compatibilité du projet avec les enjeux environnementaux locaux.

La création d'une installation relevant de la rubrique 2760 constitue une solution réglementairement encadrée permettant d'assurer la gestion définitive de volumes importants de terres excavées considérées comme déchets.

Toutefois, cette option implique des procédures administratives conséquentes, des délais d'instruction significatifs et des contraintes d'exploitation spécifiques, ce qui conduit généralement à privilégier, lorsque cela est possible, les solutions de valorisation ou de réemploi des terres excavées dans le cadre d'opérations d'aménagement ou de remblaiement.

5.3.6.3. Zones de dépôts disponibles

Au sein du nœud sud et dans le secteur du nœud nord, plusieurs zones pouvant accueillir des dépôts en tant que modelés ont pu être identifiées. Ces zones sont définies sur la base de la géométrie du projet envisagée au stade des études préalables.

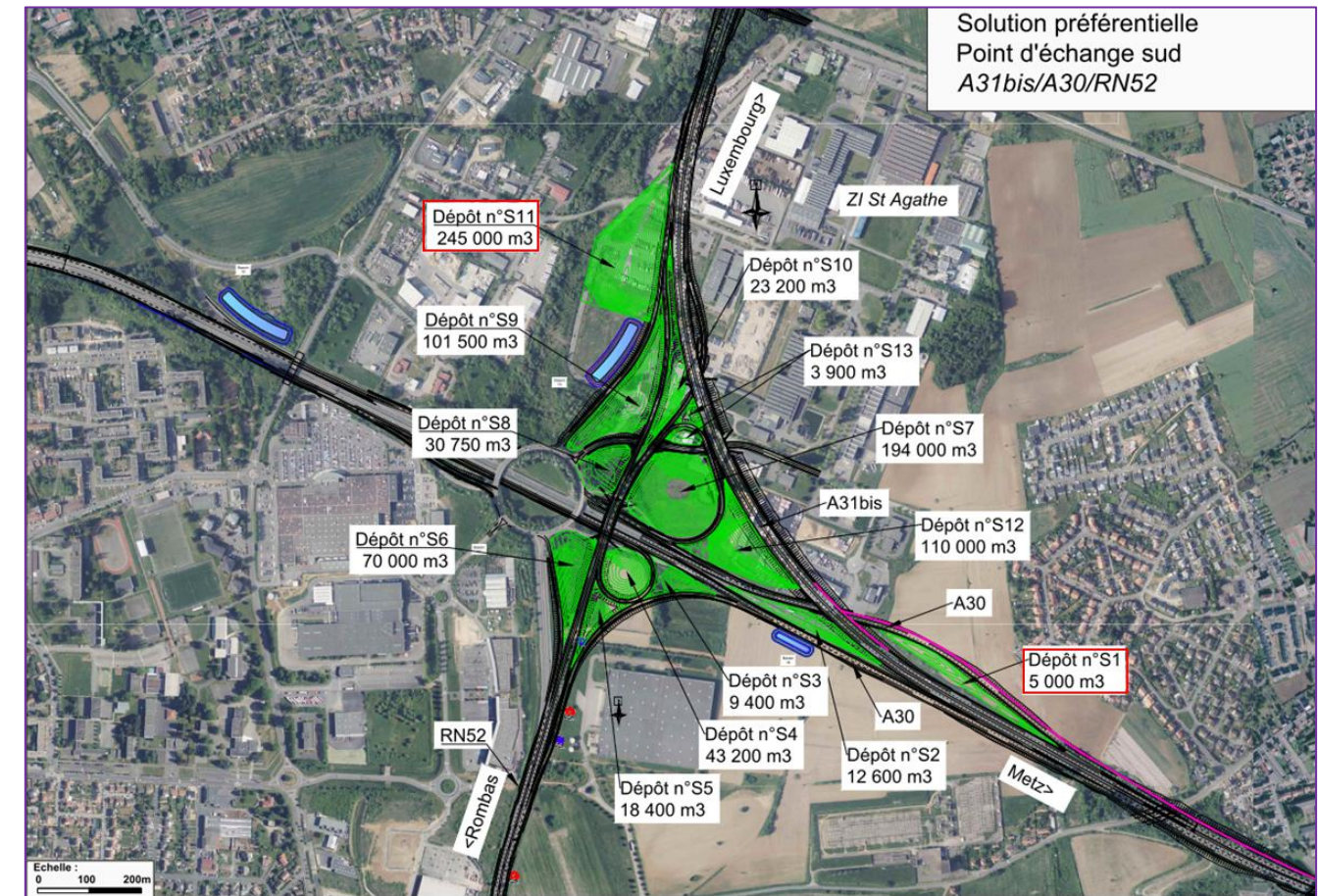


Figure 9 : Dépôts disponibles au droit du Secteur A31 / RN52 (INGÉROP, 2024)

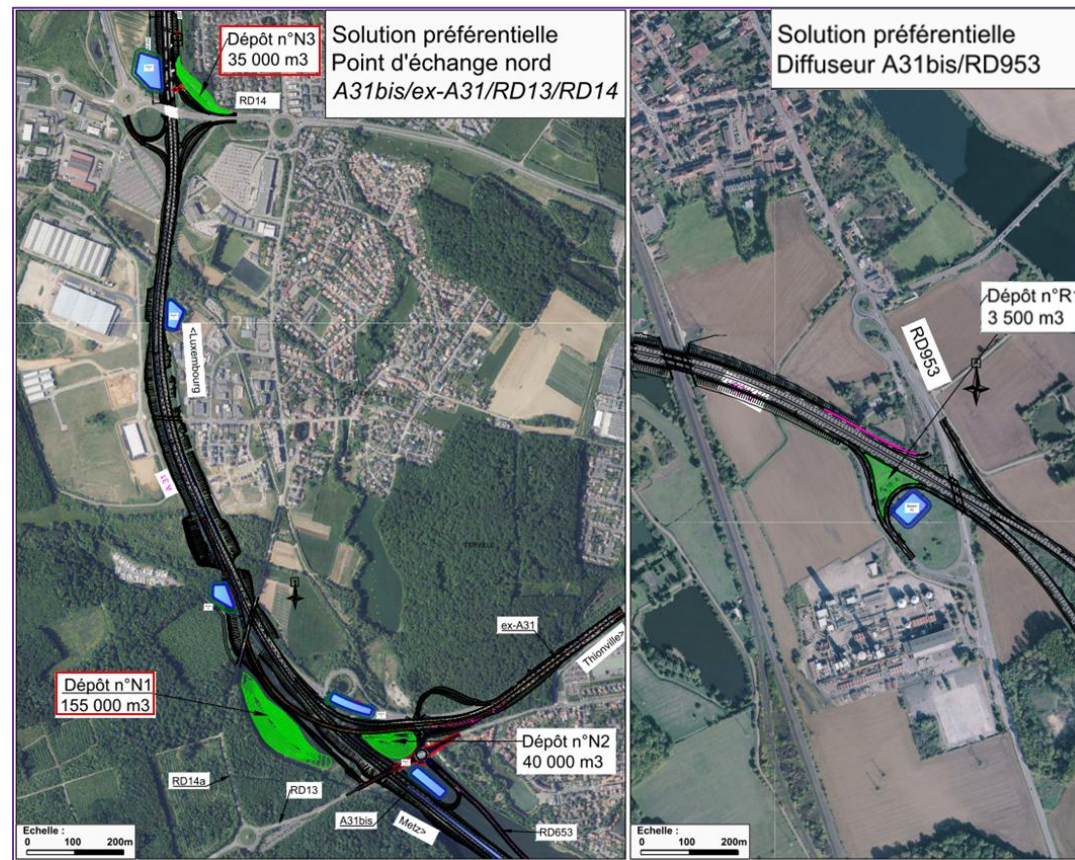


Figure 10 : Dépôts disponibles au droit des secteurs Secteur Ex-A31 / RD13/ RD14 et RD953 (INGÉROP, 2024)

Les surfaces identifiées pour chacun des dépôts est présentée dans le tableau ci-après. Les surfaces renseignées en rouge pourront servir de zones de stockage temporaire des matériaux excavés dans l'attente de leur gestion.

Tableau 17 : Capacité de stockage disponible pour le projet (INGÉROP, 2024)

Dépôts disponibles	Volume stockable (m³)
S1	5 000
S2	12 600
S3	9 400
S4	43 200
S5	18 400
S6	70 000
S7	194 000
S8	30 750
S9	101 500
S10	23 200
S11	245 000
S12	110 000
S13	3 900
Total Secteur A30 / RN52	861 950

N1	155 000
N2	40 000
Total Secteur Ex-A31 / RD13/ RD14	195 000
Secteur RD953 : R1	3 500
Merlon acoustique paysager Terville	99 000
Total	1 159 450

Un volume total de l'ordre de 1 159 450 m³ est au total disponible pour une mise en modèles des matériaux soit une capacité d'absorption de près de 40% du volume de déblais total généré par le projet.

Les terres excavées dans le cadre du projet seront mises en modèles paysagers définitifs lorsque les conditions suivantes seront réunies :

- Leur qualité géotechnique est insuffisante pour permettre le réemploi de celles-ci pour les besoins du projet ;
- Aucune opportunité de valorisation hors site ne s'avère efficiente ou envisageable (non-respect des conditions de compatibilité géochimiques, conditions économiques et conditions de transport défavorables, non-compatibilité avec le développement du projet).

Elle pourra par conséquent concerner tant les déblais traditionnels que les déblais de tunnelier. Un traitement des terres issus d'un creusement au tunnelier pourra être à prévoir de manière à garantir la stabilité du modelé.

5.3.7. Opportunité du crassier de Marspich

Il a été émis la volonté de réfléchir à l'opportunité que représenterait le crassier de Marspich comme site de dépôt des excédents de terres générées dans le cadre du projet. Ce crassier est actuellement la propriété d'ARCELORMITTAL.

La société ARCELOR MITTAL ATLANTIQUE ET LORRAINE est autorisée à exploiter sur le site du crassier de MARSPICH à HAYANGE des installations de stockage de déchets, de coke et de soufre, (l'exploitation de ce site étant réglementé par un arrêté préfectoral du 7 novembre 2007 modifié à plusieurs reprises) et à stocker des déchets dangereux dans des casiers étanches dédiés (boues de la station de traitement de Degrémont de Packaging), des déchets non dangereux dans la zone de stockage dite "lagune a boues diverses", des déchets inertes (laitiers granulés de hauts fourneaux, scories et décombres divers), du coke, de la fonte et du soufre.

Il est prévu dans le cadre de sa remise en état de transformer la zone en champ de panneaux photovoltaïques. À ce titre, un besoin en matériaux de remblaiement a été identifié dans le cadre de la réhabilitation du site. Aussi, sous réserve de la compatibilité calendaire entre le projet et les besoins en matériaux d'ARCELORMITTAL, le crassier de Marspich apparaît comme une solution potentielle de gestion des matériaux excavés dans le cadre du projet.

À ce stade de l'étude, seul des matériaux qualifiés d'inerte au sens de l'arrêté du 12 décembre 2014 pourront être réemployés dans le cadre de la remise en état du crassier. En outre, les matériaux de remblai devront disposer de propriétés mécaniques suffisante pour pouvoir accueillir une installation photovoltaïque prévu dans le cadre de la remise en état du crassier.

À noter que les volumes qui pourront être cédés au projet de réhabilitation de la zone concernée du crassier de Marspich seront strictement dépendant des besoins identifiés par ARCELOR, besoins qui seront évoqués dans le plan de gestion prévu à l'horizon 2030.

Aussi, bien qu'il soit à ce stade du projet difficile de considérer le crassier de Marspich comme une solution viable de gestion des matériaux excavés, notamment en raison du manque de données disponibles, il apparaît pertinent de le conserver comme une opportunité à garder en mémoire. À ce titre, cette voie de valorisation pourra être inscrite au registre des risques comme un risque à conséquences potentiellement favorables, sans pour autant être intégré à la conception du projet, ceci en vue de conserver la traçabilité de cette option.

5.3.8. Transfert des matériaux en carrières

Au terme de l'exploitation d'une carrière, un espace utilisé doit retrouver sa vocation d'origine ou utilisation précisée dans le projet se traduisant par un besoin en matériaux d'apport.

À ce titre, une réflexion a été menée sur l'opportunité que pourrait représenter les nombreuses carrières et gravières en activité aujourd'hui et qui à l'horizon du projet pourrait avoir des besoins en matériaux en vue de leur remise en état.

À partir des données récoltées par le Rapport annuel d'observation des déchets issus de chantiers du bâtiment et des travaux publics de 2022 établi à la demande de la région Grand Est, une recherche sur la présence de carrières en exploitation autorisées à utiliser des déchets inertes du BTP pour leur remise en état en Meurthe-et-Moselle, Meuse et Moselle a ainsi été réalisée de manière à identifier le potentiel que représenterait cette solution de gestion des matériaux générés par le projet de l'A31bis.

Sur la base de leurs arrêtés préfectoraux, une vingtaine de carrières ont pu être identifiées comme pouvant accepter des matériaux d'origines extérieures dans le cadre de leur remise en état.

Les volumes de matériaux d'apports extérieurs issus des travaux du BTP pouvant être acceptés dans le cadre du remblaiement de la carrière n'étant pas systématiquement renseignés dans les Arrêtés préfectoraux, sera prise ici l'hypothèse d'un volume autorisé égal à 30 % du volume total de matériaux extraits dans le cadre du creusement de la carrière.

Cette hypothèse de 30% a été fixée sur la base d'une moyenne des ratios entre les volumes extraits par carrière et les besoins en matériaux des 6 carrières où ces deux données étaient mentionnées dans les arrêtés préfectoraux desdites carrières. Cette moyenne des ratios étant initialement de l'ordre de 40%, il s'agira ici d'une hypothèse volontairement réduite à 30% de manière sécuritaire.

De même, le tonnage annuel autorisé à être accueilli n'étant pas systématiquement précisé pour l'ensemble des carrières, le volume autorisé annuel a été fixé à 3 % du volume total requis pour le remblaiement de la carrière, sur la base des exemples de installations GSM et de la Sablières de la Meurthe où le tonnage total de matériaux de BTP autorisé et renseigné tout comme le tonnage maximal annuel autorisé.

Tableau 18 : Carrière pouvant utiliser des matériaux issus du BTP en vue de leur remise en état (les informations mentionnées en italique sont issues d'hypothèses)

Nom	Commune	Dpt	Volume total à extraire (m ³)	Volume requis en vue d'une remise en état	Début AP	Fin de l'AP	Distance par rapport au projet (km)
Granulats Vicat (groupe Vicat)	Bathélémont	54	1 136 000 m ³	<i>Estimation 340 000 m³ 10 000 m³/an</i>	2011	2031	9
Les sablières de la Meurthe (groupe Eurovia)	Boust	57	625 000 m ³	<i>859 000 m³ Estimation 30 000 m³/an</i>	2013	2033	12
GSM	Blénod-lès-Pont-à-Mousson	54	1 206 000 m ³	<i>Estimation 360 000 m³ 10 000 m³/an</i>	2015	2030	45
Colas (Jametz)	Jametz	55	150 000 m ³	<i>13 000 m³ Estimation 500 m³/an</i>	2008	2038	54
Gsm (groupe Heidelberg Cement)	Charny sur Meuse	55	1 445 000 m ³	<i>100 000 m³ au total 4000 t/an</i>	2017	2036	59
COGESUD (groupe colas nord-est)	Jaillon	54	3 750 000 m ³	<i>Estimation 1 125 000 m³ 37 500 m³/an</i>	2004	2025	66
Granulats Vicat (groupe Vicat)	Richemont	57	420 000 m ³	<i>140 000 tonnes par an pour remblaiement</i>	2020	2030	79
Les Sablières de la Meurthe (Void Vacon)	Void - Vacon	55	NC	<i>300 000 m³ (10 000 m³/an)</i>	2021	2051	84
Granulats Vicat (groupe Vicat)	Maizières	54	800 000 t/an	<i>Estimation 240 000 t 8 000 t/an</i>	2008	2036	84
Chardot TP	Ménil la horgne	55	8 400 000 m ³	<i>2 520 000 m³ Estimation 84 000 m³/an</i>	2009	2039	84
SCL	Germigny	54	5 538 800 m ³	<i>1 200 000 m³ (1 899 200 m³ de TV) Estimation 40 000 m³/an</i>	2020	2050	88
Environnement carrière Beck (ECB)	Bettborn	57	4 000 000 t	<i>Estimation 1 200 000 t Estimation 40 000 t /an</i>	2021	2046	89
Granulats Vicat (groupe Vicat)	Hériménil	54	545 668 m ³	<i>Estimation 164 000 m³ Estimation 5 500 m³/an</i>	2008	2028	90
GSM Crévéchamps - Velle	Crévéchamps	54	780 000 m ³	<i>Estimation 235 000 m³ 7 800 m³/an</i>	2014	2021	92
Weible création (ex Barassi)	Repaix	54	427 000 m ³	<i>Estimation 130 000 m³ 4 500 m³/an</i>	2015	2030	96
Société de concassage et recyclage de l'est (SCRE)	Réding	57	6 007 980 m ³	<i>Estimation 1 800 000 m³ 60 000 m³/an³</i>	2020	2050	97
Société des travaux de la Vezouze	Tanconville	54	2 050 000 m ³	<i>Estimation 615 000 m³ 20 500 m³/an</i>	2018	2043	102
SARL de travaux Michel frères	Gémonville	54	664 000 m ³	<i>Estimation 200 000 m³ 6 000 m³/an</i>	2014	2036	104

Au regard de ces éléments, la capacité d'accueil des carrières localisées dans un rayon de 80 km vis-à-vis du projet représenterait un volume de 170 000 m³/an.

Rappelons que l'apport d'éléments extérieurs en remblaiement de la carrière devra être prévu dans l'arrêté d'Autorisation de la carrière (qu'elle soit encore en fonctionnement ou en période de remise en état). La vérification du respect de ces critères devra se faire directement auprès de l'exploitant de la carrière.

Les apports extérieurs devront être accompagnés d'un bordereau de suivi et l'exploitant de la carrière devra tenir à jour un registre où seront recensés la provenance, les quantités, les caractéristiques des matériaux et les moyens de transport utilisés ainsi qu'un plan topographique permettant de localiser les zones de remblais correspondant aux données figurant sur le registre.

De la même manière que pour le crassier de Marspich, seul le volume strictement nécessaire aux besoins de l'exploitation et présentant en outre des propriétés physico-chimiques intéressantes pourront être alloués à l'exploitant dans le but de la réhabilitation de l'installation.

À ce titre, des échanges seront à prévoir ultérieurement entre la DREAL (ou le futur concessionnaire) et les exploitants des carrières pour définir un besoin estimatif en matériaux tant d'un point de vue volumétrique que qualitatif à l'horizon des travaux de l'A31bis. De même, des besoins en terres végétales pourront également être identifiés dans le cadre de cette remise en état.

Notons également que la remise en état de carrière sous statut Carrière est considérée comme de la valorisation de déchets inertes. Néanmoins, le réaménagement ou la réhabilitation d'une carrière qui a cessé son activité est considéré comme du stockage de déchets inertes, c'est à dire de l'élimination.

5.3.9. Fabrication d'écomatériaux

La société d'ingénierie NÉO-ECO a réalisé une étude permettant de définir, à partir de la qualité des matériaux, les potentiels de réemploi des matériaux dans le cadre du projet. NÉO-ECO développe des filières par la création d'écoproduits et écomatériaux à partir de matières usagées dont les terres excavées.

À travers une analyse multi-filières des gisements à valoriser, de nouveaux matériaux et produits alternatifs pourront être produits permettant de répondre à de nombreux enjeux tels que l'optimisation des coûts à l'achat de matière première, la préservation des ressources et le renforcement de l'image du territoire.

Les écoproduits et écomatériaux sont formulés de sorte à respecter un cahier des charges spécifique à la filière développée (béton, technique routière, aménagement paysager...) basée sur les guides et les normes en vigueur pour assurer une sortie implicite du statut de déchet.

Notons qu'un tel projet d'infrastructure peut être particulièrement consommateur de béton (béton de rechargement, besoin en béton dans le cadre des installations de chantier type plateforme) et qu'un réemploi des terres excavées en béton pourrait s'avérer intéressante de manière à développer une circularité des matériaux excavés.

À titre d'exemple, un linéaire de 2,6 km de tunnel créé par tunnelier à pression de terre à impliqué un besoin en béton de l'ordre de 25 000 m³. Sous réserve que les propriétés des terrains rencontrés le permettent, une formulation en béton apparaîtrait comme une piste pouvant absorber un volume non négligeable de matériaux excavés.

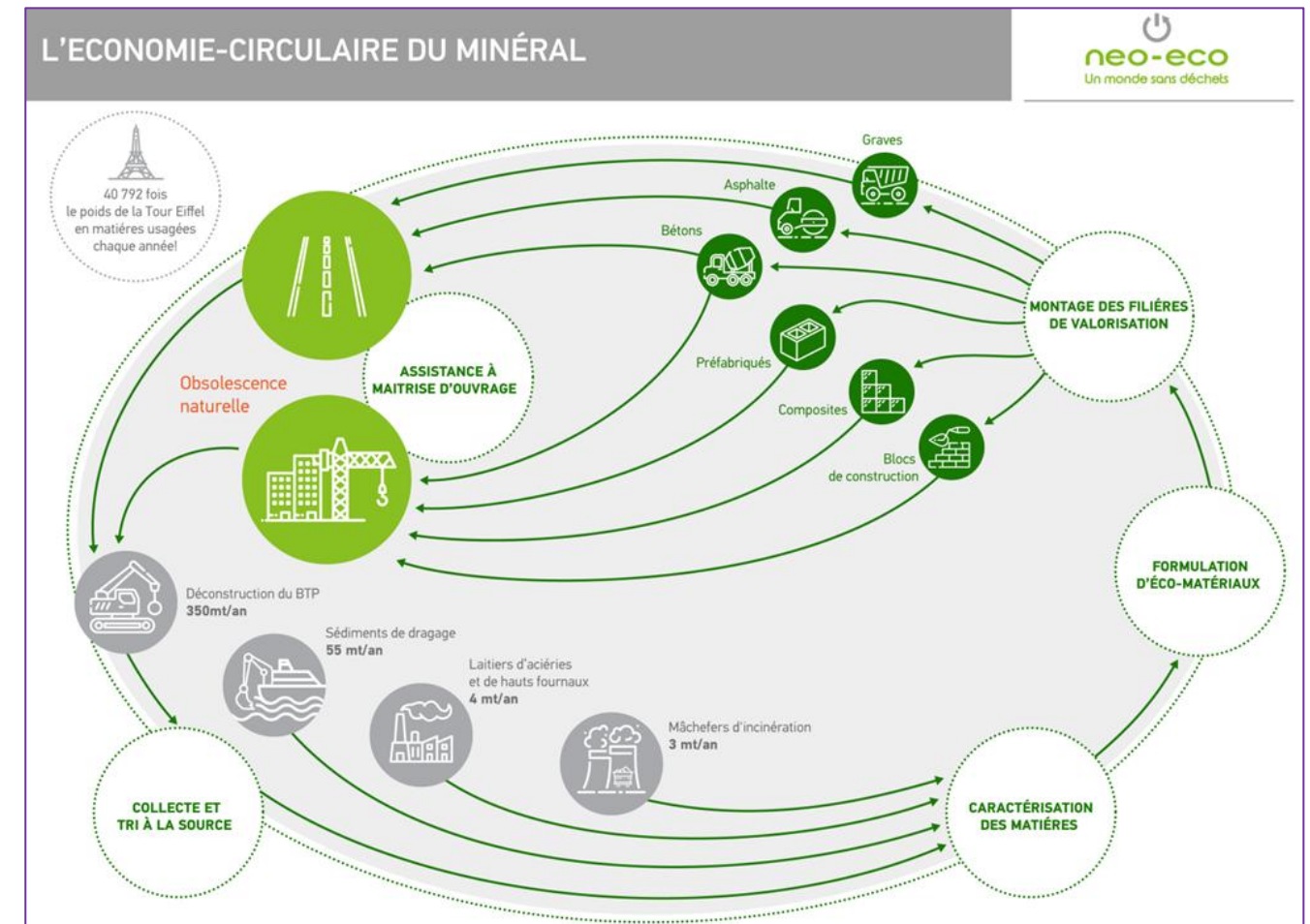
Une telle stratégie pourra par conséquent concerner tant les déblais traditionnels que les déblais de tunnelier sous réserve d'un traitement des terres disponibles garantissant le respect des critères attendus pour du remblais routier conformément aux guides et normes en vigueur.

L'étude produite par NÉO-ECO a permis de définir le potentiel que représente la fabrication d'écomatériaux pour le projet. Une synthèse des éléments de l'étude est présentée ci-après et l'annexe du présent document définit plus précisément les pistes de valorisation envisagées dans le cadre du projet de l'A31bis.

5.3.9.1. Présentation de la démarche de valorisation des matériaux

Les méthodologies développées par Néo-Eco pour des partenaires comme Voies Navigables de France (VNF), la Société du Grand Paris, RTE ou pour les gestionnaires d'infrastructures portuaires ont permis la mise au point de méthodologies de valorisation des déblais, terres et sédiments.

Le synoptique ci-dessous présente le concept général de la démarche de valorisation :



Les écomatériaux sont préparés par les partenaires industriels et BTP sélectionnés, puis mis en œuvre dans le projet d'aménagement ou revendus localement en fonction des circonstances. La démarche repose sur le principe de la sortie explicite ou implicite du statut de déchet.

L'approche de la valorisation matière réside non seulement dans le développement de solutions techniques de valorisation mais également dans leur insertion dans les différents marchés du projet. À cela s'ajoutent un accompagnement technique spécifique des différents acteurs des filières et un appui lors des différents dialogues compétitifs qui assureront l'alignement des intérêts économiques de tous les participants.

Dans le cadre de grands projets d'aménagement, une grande partie des écomatériaux issus des déblais valorisés sera commercialisée vers des parties tierces en dehors du périmètre du projet, qui n'a pas la capacité d'en absorber la totalité.

Néanmoins, en respect des préceptes de l'économie circulaire, un réemploi local des matériaux dans les circuits les plus courts possibles sera privilégié dans le cadre du projet de l'A31bis. À partir des informations disponibles, Néo-Eco a cherché à modéliser le plus tôt possible les impacts économiques et environnementaux de la valorisation. Plusieurs scénarios ont été étudiés et affinés permettant de voir comment maximiser la valeur des matières usagées préparées en écomatériaux.

Le modèle économique prend en compte les coûts de préparation, les coûts d'étude, les coûts de transport et les alternatives à la valorisation telles que la mise en centre de stockage.

Cela a permis d'apprécier les gains générés par la démarche. Les circuits courts (locaux) de valorisation sont systématiquement privilégiés, en particulier, ceux qui permettent au maître d'ouvrage de réutiliser les écomatériaux qui ont été préparés à partir de ses matières usagées.

L'objectif est de faire parcourir aux matériaux le moins de distance possible. L'exploitation des filières de valorisation d'acteurs extérieurs permet par exemple d'effectuer du double fret : le moyen de transport achemine les matériaux issus des chantiers à l'allé, et se charge des matériaux de construction préparés au retour. L'utilisation d'emprises éphémères sur les chantiers rentre également dans les préceptes de l'économie circulaire.

L'installation d'une plateforme de valorisation des gisements de matériaux est également envisageable, permettant aux matières minérales de ne pas sortir de la zone du chantier, depuis leur extraction jusqu'à leur transformation en matériaux de construction.

En conclusion, en utilisant les filières de valorisation déjà opérationnelles, mais également en passant par le développement de nouvelles, il sera possible de satisfaire une partie des besoins propres du projet d'aménagement et de réinjecter des matériaux dans les autres projets d'aménagement des territoires environnants.

5.3.9.2. Méthodologie de l'étude

5.3.9.2.1. ETUDE DES DONNÉES D'ENTRÉES

La première étape de l'étude a été d'analyser les données d'entrée transmises. 38 sondages répartis sur l'ensemble du tracé de l'A31bis, ont permis d'analyser la lithologie traversée par le projet. Les résultats sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : Analyses des données relatives à la lithologie des terrains rencontrés dans le cadre du projet de l'A31bis

	Terre végétale	Enrobé noir	Machefer	Remblai	Limon	Béton	Argile sableuse	Argile	QUANTITES DE SONDAGES
entre 0 m et 0,8 m	24%	4%	3%	3%	31%	5%	13%	16%	
0 - 0,02	63%	16%	3%	3%	3%	3%	3%	0%	38
0,02 - 0,04	63%	16%	3%	3%	3%	3%	3%	0%	38
0,04 - 0,06	63%	16%	3%	3%	3%	3%	3%	0%	38
0,06 - 0,08	63%	16%	3%	3%	3%	3%	3%	0%	38
0,08 - 0,1	63%	16%	3%	3%	3%	3%	3%	0%	38
0,1 - 0,2	45%	11%	3%	3%	11%	3%	5%	8%	38
0,2 - 0,3	24%	0%	3%	3%	21%	3%	13%	11%	38
0,3 - 0,4	11%	0%	3%	3%	29%	5%	11%	16%	38
0,4 - 0,5	5%	0%	3%	3%	32%	5%	13%	16%	38
0,5 - 0,6	3%	0%	3%	3%	34%	5%	13%	18%	38
0,6 - 0,8	3%	0%	3%	3%	34%	5%	13%	18%	38

Ces résultats associés aux hypothèses liées au tracé et aux profondeurs d'excavation, permettent d'estimer les volumes des différentes lithologies.

5.3.9.2.2. SIMULATION DE DIFFÉRENTS SCENARIOS DE GESTION

Les matériaux peuvent être évacués, mis en dépôt, réutilisés sur site directement ou valorisés. L'objet de la pré-étude réalisée par Néo-Eco était d'étudier les voies de valorisation possibles pour les matériaux excédentaires du projet.

Un point important de l'étude est donc de chiffrer par matériau le tonnage destiné à une valorisation hors site. Plusieurs scénarios ont été étudiés en respectant les besoins de réutilisation in situ et les critères nécessaires à la création de filières (qualité chimique diversifiée par gisement, capacité d'absorption).

Le scénario de gestion proposé est détaillé dans la feuille de calcul Pré-étude A31bis (scénario valorisation matière) proposée en annexe du présent document. Le tonnage total (déblais issus du terrassement et marins de tunneliers) visé pour la valorisation est de plus de 850 000 tonnes.

Cette feuille de calcul permet également de comparer ce scénario avec un scénario sans valorisation (scénario initial). L'économie associée au scénario proposé est supérieure à 46 000 000 €.

5.3.9.2.3. MÉTHODOLOGIE DE VALORISATION MATIÈRE

La méthodologie de valorisation matière appliquée aux 850 000 tonnes ciblées est décrite dans la présentation en annexe. Elle est détaillée en fonction de la qualité chimique et de la lithologie de la matière.

5.3.9.2.3.1. Gestion des marins de tunneliers

Néo-Eco a déjà pu travailler sur la gestion de marins de tunneliers pour la Société du Grand Paris. La gestion proposée était celle décrite ci-après.

Le tunnelier fait remonter les marins à la surface, puis une bande transporteuse les déverse dans des casiers de 500 m³. Les marins sont alors mis en attente de caractérisation. Cette caractérisation peut prendre 4h en cas de flux très tendu et de caractérisation rapide, et 96h en cas de caractérisation standard.

À l'issue de cette opération, le casier est labélisé en fonction de son niveau de pollution (ISDI, ISDI+, TN+, ISDND, ISDD), et chargé sur le mode de transport propre au chantier pour être envoyé sur l'exutoire adapté. Ce temps d'attente en stockage dans les casiers présente alors une opportunité de traitement.

Les marins peuvent être valorisés en tant que remblais, couche de forme ou butte paysagère en fonction du traitement, de la lithologie et de leur qualité chimique. La filière du béton peut également être envisagée notamment pour une valorisation en tant qu'addition minérale.

Sont présentés ci-après des exemples de formulation développés par Néo-Eco dans le cadre de gestion de marins de tunnelier :

Tableau 20 : Exemples de formulations développées par Néo-Eco dans le cadre de la gestion de marins de tunnelier

PROVENANCE	LITHOLOGIE	APPLICATION	FORMULATION / TAUX DE SUBSTITUTION
TUNNELIER	SABLE DE BEAUCHAMPS	Remblai	100 %
		Couche de forme	95 % (+ 5 % liant)
		Digue	97 % (+ 3 % de CaO)
	MARNES ET CAILLASSES	Remblais	100 %
		Grave traitée	50 % du sable
		Couche de forme	94 % (+ 6 % liant)
		Etanchéité	97,6 % (+ 2,4 % bentonite)
		Agronomique	100 %
		Béton (filler calcaire)	60 % du filler calcaire
	CALCAIRE GROSSIER	Remblais	98 % (+ 2 % CaO)
		Agronomique	100 %
		Béton (addition minérale)	10 % du ciment
		Etanchéité	100 %

À ce stade du projet, Néo-Eco ne dispose pas encore d'exemples d'application concrets permettant de démontrer le potentiel de réemploi des Marnes du Domérien, lithologie principalement rencontrée dans le cadre du creusement du tunnelier, en tant qu'écomatériaux.

Toutefois, au regard de son expérience acquise sur les chantiers du Grand Paris, notamment dans le cadre de travaux de creusement au tunnelier, Néo-Eco dispose d'une solide expertise en matière de formulation pour la réalisation d'écomatériaux. Des essais préliminaires de formulation en laboratoire, à réaliser sur les Marnes du Domérien issues de creusements au tunnelier, seront nécessaires et permettront à terme de valider et de fiabiliser le potentiel de réemploi de ces matériaux en éco-produits.

5.3.9.2.3.2. Matériaux de terrassement

Néo-Eco développe des filières innovantes par la création d'éco-produits et écomatériaux à partir de matières usagées (déblais, sédiments, terres excavées...).

À travers une analyse multi-filières des gisements à valoriser, de nouveaux matériaux et produits alternatifs pourront être développés permettant de répondre à de nombreux enjeux tels que l'optimisation des coûts à l'achat de matière première, la préservation des ressources et le renforcement de l'image du territoire :

- La méthodologie développée suit des étapes précises de caractérisation, formulation, préparation et de suivi environnemental afin d'assurer une valorisation des gisements dans la perspective d'aboutir à une industrialisation ou une opérationnalisation de la solution.
- L'outil de suivi environnemental développé par nos équipes permet de garantir l'innocuité environnementale des éco-produits et écomatériaux développés.
- Les éco-produits et écomatériaux sont formulés de sorte à respecter un cahier des charges spécifique à la filière développée (béton, technique routière, aménagement paysager...) basée sur les guides et les normes en vigueur pour assurer une sortie implicite du statut de déchet.

Ci-après quelques exemples de ressources sur lesquelles Néo-Eco a pu travailler :

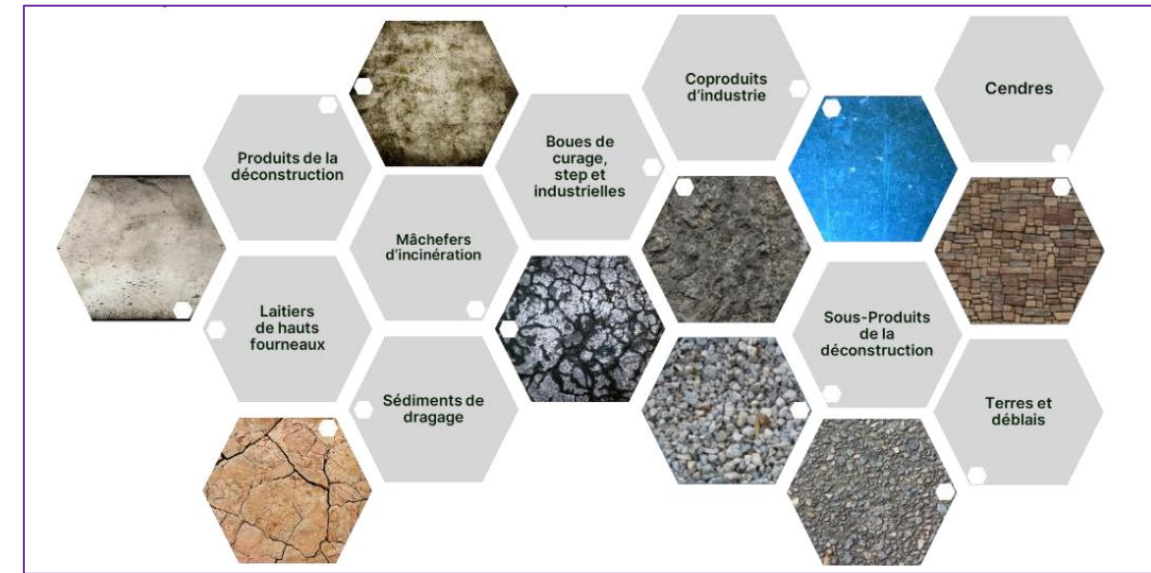


Figure 11 : Typologie de ressources classiquement utilisées par Néo-Eco pour produire des écomatériaux

Sont présentées ci-après des applications envisageables sur lesquelles Néo-Eco a déjà pu travailler dans le cadre de projets d'aménagement en fonction du type de gisement et qui pourrait être appliquée au projet de l'A31bis.

Tableau 21 : Exemple d'écomatériaux produits en fonction du type de gisement de matériaux (Néo-Eco, 2024)

Gisement	Filière	Application	
Terre végétale*	Agronomie	Support de culture Amendement organique Restructuration de sol agricole	
		Enrobé noir	Béton
Machefer	Béton	Pavés de voirie	
	Technique routière	Sous-couches routières Voiries légères Coulis	
	Aménagement paysager	Eco-modulé paysager	
Remblai	Technique routière	Sous-couches routières Voiries légères Coulis	
		Support de culture Amendement organique Restructuration de sol agricole	
Limon	Technique routière	Sous-couches routières Voiries légères Coulis	
		Aménagement paysager	Eco-modulé paysager
		Support de culture Amendement organique Restructuration de sol agricole	
Argile sableuse	Agronomie	Support de culture Amendement organique Restructuration de sol agricole	
	Ciment	Addition minérale	
	Technique routière	Coulis de tranchée	
Argile	Technique routière	Support de culture Amendement organique Restructuration de sol agricole	
		Ciment	Addition minérale
		Coulis de tranchée	

5.3.10. Béton bas carbone

Néo-Eco a notamment travaillé depuis plusieurs années sur certains types de gisements locaux afin de les réintégrer dans des formulations de bétons. Les bétons bas carbonés peuvent aussi provenir de différentes sources, dont l'utilisation de matériaux recyclés. Habituellement, les bétons bas-carbone sont principalement des CEMIII, constitués pour partie de laitier de haut fourneau en substitution du clinker, produit comme synthétisé ci-dessous :

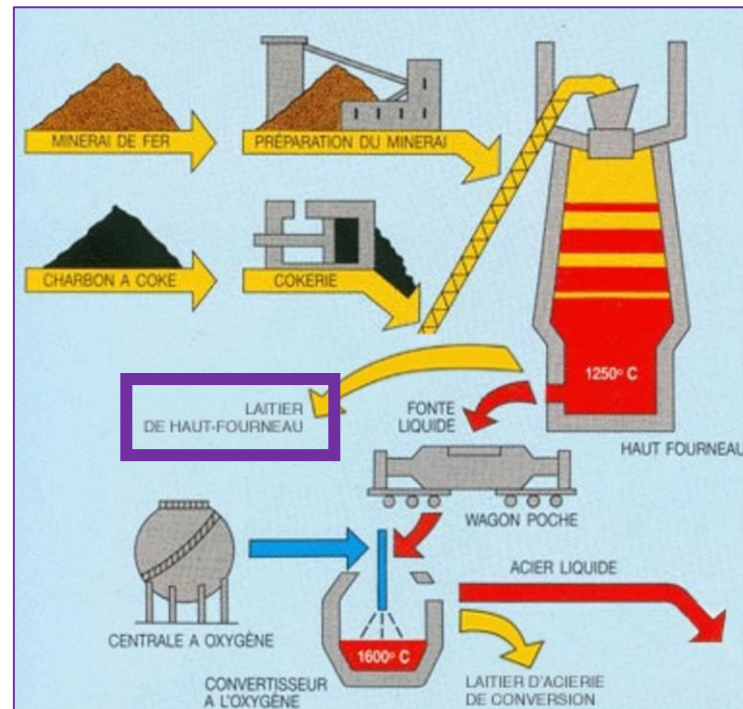


Figure 12 : Processus de fabrication du laitier de haut fourneau (coproduit)

Ce gisement tend à se raréfier avec le temps. Depuis l'introduction de nouvelles normes, un matériau prometteur pour la fabrication de bétons bas carbone sont les argiles calcinées, dont le processus de fabrication est décrit ci-dessous :

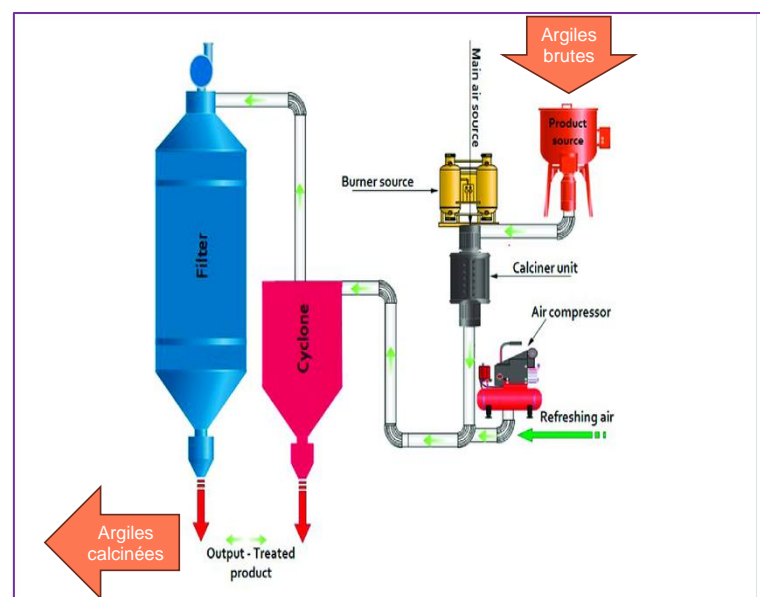


Figure 13 : Processus de fabrication des argiles calcinées

L'industrie est en développement, avec des nouvelles unités partout en France.

5.3.11. Problématique des déblais pyritifères

5.3.11.1. Contexte et caractérisation du risque acidogène

Comme mentionné dans le chapitre relatif à la qualité chimique des matériaux du tunnelier, des teneurs en sulfure supérieures aux seuils d'alerte du BRGM nécessiteraient la réalisation d'analyses complémentaires pour fiabiliser le caractère acidogène des matériaux liés à la présence de pyrite.

En effet, la présence de pyrite (FeS_2) dans des déblais pose un risque environnemental important, car son oxydation au contact de l'air et de l'eau génère de l'acide sulfurique et libère des métaux lixiviables. Elle impliquerait une gestion spécifique de ces matériaux pour éviter tout risque pour l'environnement. Une valorisation de ces matériaux resterait possible mais sous de strictes conditions de garantie d'absence de contact des matériaux avec l'eau ou l'air.

5.3.11.2. Exigences techniques et réglementaires

Une gestion adaptée, associée à un suivi analytique et à des procédures de contrôle en phase travaux, apparaît essentielle pour prévenir tout risque de génération d'eaux acides et de relargage de métaux dans le milieu.

Aussi, conformément à la note DGPR du 3 décembre 2021, les déblais considérés comme potentiellement acidogènes, nécessitent préalablement à toute gestion, la mise en œuvre d'un traitement spécifique de stabilisation que le BRGM recommande de réaliser au sein d'une installation classée autorisée par l'Etat en situation administrative régulière.

D'autres protocoles pourront être envisagés, sous réserve d'en démontrer la capacité à assurer une stabilisation chimique durable compatible avec les exigences du site receveur.

Si l'opération de stabilisation est prévue dans une installation non classée, l'exploitant devra solliciter un classement au titre des rubriques adaptées (2515, 2516 ou 2517), en intégrant explicitement l'activité de stabilisation.

Le temps d'exposition à l'air libre avant stabilisation et admission sur le site receveur devra être limité à quelques dizaines d'heures auquel cas, des mesures spécifiques de limitation de l'oxydation devront être définies notamment en ce qui concerne les conditions et délais de transport.

La solution retenue (stockage ou valorisation) devra garantir la traçabilité et, le cas échéant, la reprise des déblais. Elle devra être mise en œuvre dans un site disposant d'une autorisation environnementale ou relevant de la réglementation ICPE, afin de permettre toute prescription corrective en cas de résultats défavorables de la stabilisation,

5.3.11.1. Influence des méthodes de creusement

La problématique des déblais contenant de la pyrite doit être analysée au regard des conditions de creusement et de manipulation des matériaux, qui peuvent influencer significativement les processus de transformation de ce minéral et, par conséquent, le potentiel acidogène des déblais.

En effet, les méthodes de creusement utilisées lors de la réalisation d'ouvrages souterrains peuvent modifier les propriétés physiques et les conditions d'exposition des matériaux initialement en place.

Dans le cas d'un creusement au tunnelier, les matériaux excavés subissent généralement une fragmentation mécanique importante liée à l'action des outils de coupe et aux phases de broyage éventuelles dans la chambre d'abattage.

L'augmentation des surfaces d'échange entre les minéraux sulfurés et leur environnement favorise les réactions d'oxydation de la pyrite, processus qui constitue l'étape initiale de la formation d'acide sulfurique. Par ailleurs, les

opérations de creusement au tunnelier impliquent souvent l'apport d'eau, notamment pour le conditionnement des déblais ou le fonctionnement du système d'excavation.

La présence simultanée d'eau et d'oxygène peut accélérer les processus d'oxydation et favoriser la mise en solution de certains éléments métalliques.

Les méthodes de creusement conventionnelles peuvent également conduire à des phénomènes similaires, notamment par la fragmentation induite par l'abattage mécanique ou à l'explosif.

Dans les deux cas, les phases de manutention, de stockage temporaire et de reprise des matériaux constituent des étapes sensibles. Chaque opération de reprise ou de remaniement des déblais tend en effet à augmenter leur aération, à accroître leur fragmentation et à multiplier les surfaces réactives exposées aux agents d'oxydation.

Ces modifications physico-chimiques des matériaux entre leur état in situ et leur état après excavation peuvent conduire à une évolution progressive du potentiel acidogène des déblais au cours du temps.

Ainsi, des matériaux initialement peu réactifs peuvent présenter, après excavation et manipulation, des conditions favorables au déclenchement ou à l'accélération des processus d'oxydation des sulfures.

Ces considérations renforcent la nécessité d'anticiper les modalités de gestion des déblais potentiellement pyriteux afin de limiter leur exposition à l'air et à l'eau lors des différentes phases du chantier (excavation, stockage temporaire, transport et réemploi).

5.3.11.2. Principes directeurs de gestion

La gestion de la pyrite repose avant tout sur une approche préventive, visant à éviter la mise en œuvre de mesures correctives lourdes et coûteuses.

Elle consistera principalement à limiter au maximum les réactions d'oxydation des sulfures, responsables de la lixiviation des métaux et de la migration des produits d'altération.

Pour ce faire, les techniques mises en œuvre cherchent à :

- Réduire l'apport en oxygène,
- À restreindre l'infiltration de l'eau et les phénomènes de lessivage,
- À éliminer ou isoler les minéraux sulfurés lorsque cela est possible,
- Ainsi qu'à contrôler le pH des eaux interstitielles et les processus bactériens et biogéochimiques associés.

En complément, des mesures spécifiques peuvent être appliquées aux terres pyriteuses, telles que

- le lavage par tri granulométrique afin de concentrer les pyrites dans les fractions fines,
- le stockage sur site en conditions limitant l'accès à l'oxygène,
- la neutralisation du potentiel acidogène des matériaux par l'ajout de carbonates.⁴

Un confinement de ces matériaux au sein d'une barrière étanche (géomembrane, couche argileuse) permettrait par exemple de supprimer toute oxydation des matériaux et risque de relargage dans le milieu.

Sur cette base, une utilisation comme remblai au cœur d'un ouvrage routier type merlons phoniques ou autre, totalement encapsulé sous couches imperméables et drainées pourrait s'avérer pertinente pour favoriser le réemploi de ces matériaux.

La mise en œuvre de contrôles qualité stricte en phase travaux pour garantir l'intégrité du confinement s'avérera nécessaire pour s'assurer de l'absence de risque pour l'environnement.

La production d'écomatériaux à partir de ces matériaux pyriteux permettrait également de participer à la valorisation de ces déblais. Les différentes formulations et tests permettraient de s'assurer au préalable de l'absence de risque des écomatériaux sur l'environnement.

Dans le cas où une valorisation de ces matériaux s'avérerait trop complexe à mettre en œuvre, un envoi en Installation de Stockage de Déchets ou centre de traitement agréé permettrait de totalement sécuriser la gestion de ces matériaux. Une telle gestion impliquerait toutefois un impact financier non négligeable et ne correspondrait pas à une valorisation au sens strict.

⁴ Webinaire « terres excavées » - Comportement des terres pyriteuses excavées – Université Gustave Eiffel – 2022

6. Etude du potentiel de stockage des déblais

6.1. Phasage des travaux et mouvement des matériaux

En fonction des plannings prévisionnels élaborés, un synoptique de l'évolution de la quantité des matériaux au cours du temps et au cumulé a pu être produit et est présenté ci-après.

Sera représenté en trait pointillé, l'évolution du cumul des tonnages de matériaux générés et requis dans le cadre du projet et en trait plein une évolution estimative par mois des quantités de matériaux par typologie (matériaux générés, besoins identifiés ou mise en dépôt). Notons que les axes des ordonnées sont distincts entre ces deux jeux de données.

Rappelons que ces informations ne sont données qu'à titre indicatif, le planning de réalisation des travaux étant dépendant de la stratégie de travaux que le concessionnaire mettra en œuvre.

Pour rappel, sont présentés ci-après l'ensemble des zones de travaux intégré dans le présent mouvement des matériaux :

- ASP Nord
- Diffuseur 43 Elange
- Aire de Thionville Porte de France
- Aire d'Enrange
- Diffuseur 44 Kanfen
- Nœud de Richemont
- Diffuseur d'Uckange
- ASP A31bis sur A30
- Nœud Sud
- Tronçon centre neuf hors tunnel
- Section souterraine
- A31bis Sud tunnel et nord tunnel
- Nœud Nord

À titre informatif, les démarrages respectifs des deux phases de creusement au Tunnelier ont été estimés à novembre 2029 pour le premier Tunnel et avril 2031 pour le Tunnel 2. Une durée de 12 mois de creusement a été estimés à ce stade pour chacun des tunneliers. Le phasage exposé ci-dessous n'est pas tributaire de la date de démarrage des travaux et reste valable en cas de dérive.

- *À ce stade du projet en faisabilité, il a été pris l'hypothèse de répartir uniformément les volumes de terres végétales, de déblais, et les besoins pour la mise en œuvre du remblai et de couche de forme sur la durée de la phase de travaux. À titre d'exemple, le volume de déblais du Nœud de Richemont a été estimé à 52 000 m³ sur une durée fixée à 6 mois, représentant au total un volume réparti de 8 667 m³ par mois sur une durée de 6 mois. Cette stratégie de répartition des déblais et des besoins en matériaux a été appliquée sur l'ensemble des autres travaux.*

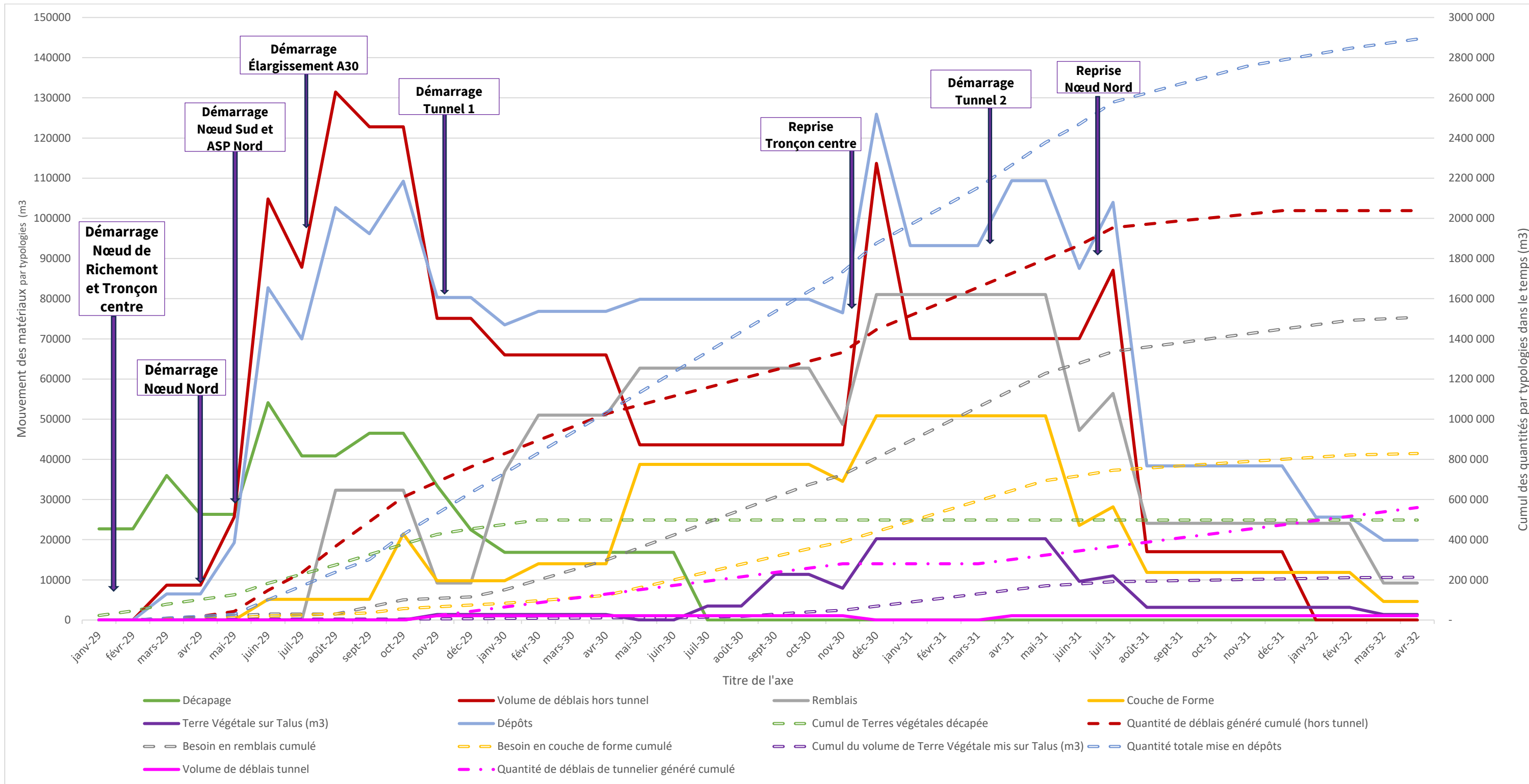


Figure 14 : Évolution des volumes de matériaux dans le temps (trait plein, axe des ordonnées gauche) et en cumulé (en pointillé, axe des ordonnées droit) et par phase de travaux

Sur la base du mouvement des matériaux présentés, il apparaît 3 grands pics de production de déblais :

- Entre juillet et août 2029 correspondant au démarrage des travaux de la zone ASP Nord et la finalisation des travaux de terrassement du Tronçon centre et du Nœud Sud.
- En décembre 2030, associé à la reprise des travaux de terrassement du Tronçon centre à la suite de la finalisation du creusement du tunnel en concomitance avec la finalisation des travaux dans la zone de l'ASP Nord.
- Une dernière évolution croissante dans la production de déblais apparaîtra à partir de juin 2031 en lien avec le démarrage de la seconde phase de creusement au tunnelier.

On constate également à partir du mois de septembre 2030 les premiers besoins importants en remblais et couche de forme qui apparaissent en parallèle des évolutions des quantités de déblais, permettant en conséquent d'absorber les déblais générés durant le pic associé.

Ce besoin en matériaux évoluera de manière inversement proportionnelle à la quantité de déblais générés à partir de décembre 2029. La courbe d'évolution de la quantité de matériaux mis en dépôts quant à elle suivra la même logique que celle liée à la production de déblais.

Le pic de la phase de décapage des terres végétales a été estimé à juin 2029, période où les travaux de décapage des zones du nœud de Richemont, des Nœuds Nord et Sud, du Tronçon Centre et du démarrage de la zone de l'ASP Nord. La quantité de terres végétales décapées restera relativement constante jusqu'en novembre 2029 pour se finaliser en mars 2030.

Ces terres devront être stockées de manière à être réutilisées dans le cadre de leur réemploi à partir de juin 2030, période où des besoins auront été identifiés dans le cadre de l'élargissement de l'A30.

6.1.1. Capacité de stockage nécessaire pour la réception des matériaux excavés

Au regard de la quantité de matériaux générés dans le cadre du projet, une réflexion a été menée afin de déterminer la capacité de stockage minimale nécessaire pour réceptionner les matériaux préalablement à leur réemploi de manière à répondre aux besoins maximaux en remblais et couche de forme identifiés dans le paragraphe 3.5.

Pour ce faire, un équilibre entre les matériaux excavés ressources (déblais) et les besoins en matériaux (besoins en remblais et couche de forme) a été calculé mensuellement sur la base du phasage déterminé. L'exercice a également été réalisé en parallèle pour les terres végétales au regard de leur condition de stockage plus restrictive (hauteur maximale de l'ordre de 3 mètres).

Une hypothèse principale de réemployabilité optimale des matériaux tant d'un point de vue chimique que géotechnique a ici été prise pour déterminer la capacité de stockage minimale des matériaux nécessaires au projet. Cette surface pourra être fiabilisée ultérieurement notamment grâce à l'intégration des informations sur la qualité chimique des matériaux excavés réceptionnés ultérieurement. A noter également qu'au regard des différentes hypothèses majorantes prises, à ce stade du projet en faisabilité, la présente réflexion pour déterminer les surfaces requises a été menée sur des volumes en place de matériaux excavés (donc non foisonnés).

L'objectif est ici de mettre en corrélation les ressources en matériaux générées avec les besoins en matériaux identifiés par INGEROP, dans le cadre du phasage élaboré, afin de s'assurer que les ressources produites couvrent précisément les besoins recensés. Les premiers besoins en matériaux étant fixés à juin 2029 quand les premiers matériaux excavés apparaissent en mars 2029, laissant de fait un temps de stockage préalable pour préparer les matériaux en vue de leur réemploi en remblais ou couche de forme.

A noter qu'il s'agira toutefois d'une réflexion au stade hypothétique, la stratégie de gestion des matériaux étant notamment dépendante du futur concessionnaire de l'autoroute en charge de la gestion du projet et des travaux associés.

Le détail des volumes pris en compte pour élaborer le présent graphique est présenté en annexe du document dont un extrait est présenté dans le tableau ci-après pour une meilleure compréhension.

Tableau 22 : Équilibre ressource/ besoin réalisé pour les déblais

	Déblais générés	Besoin en matériaux (Remblais et/ou couche de forme)	Équilibre Ressource-Besoin	Équilibre Ressource-Besoin cumulé
Janvier 29	0	0	0	0
Février 29	0	0	0	0
Mars 29	8 667	0	8 667	8 667
Avril 29	8 667	0	8 667	17 333
Mai 29	25 674	0	25 674	43 007
Juin 29	104 841	- 5 138	99 703	142 710
...
Avril 30	92 970	- 64 997	27 973	769 967
...
Mars 32	26 962	- 13 856	13 105	389 775
Avril 32	26 962	- 13 856	13 105	402 880

Tableau 23 : Équilibre Ressource / Besoin réalisé pour les Terres végétales

	Décapage	Terre Végétale sur Talus (m3)	Équilibre Ressource - Besoin	Équilibre Ressource - Besoin cumulé
Janvier 29	22 716	/	22 716	22 716
Février 29	22 716	/	22 716	45 433
Mars 29	33 316	/	33 316	78 749
Avril 29	23 683	/	23 683	102 432
Mai 29	23 683	/	23 683	126 115
Juin 29	51 465	/	51 465	177 580
...
Juin 30	16 832	/	16 832	511 463
...
Mars 32	/	-1 381	- 1 381	308 181
Avril 32	/	-1 381	- 1 381	306 800

Le graphique ci-après présente l'évolution de cet équilibre ressource/besoin cumulé au cours du temps.

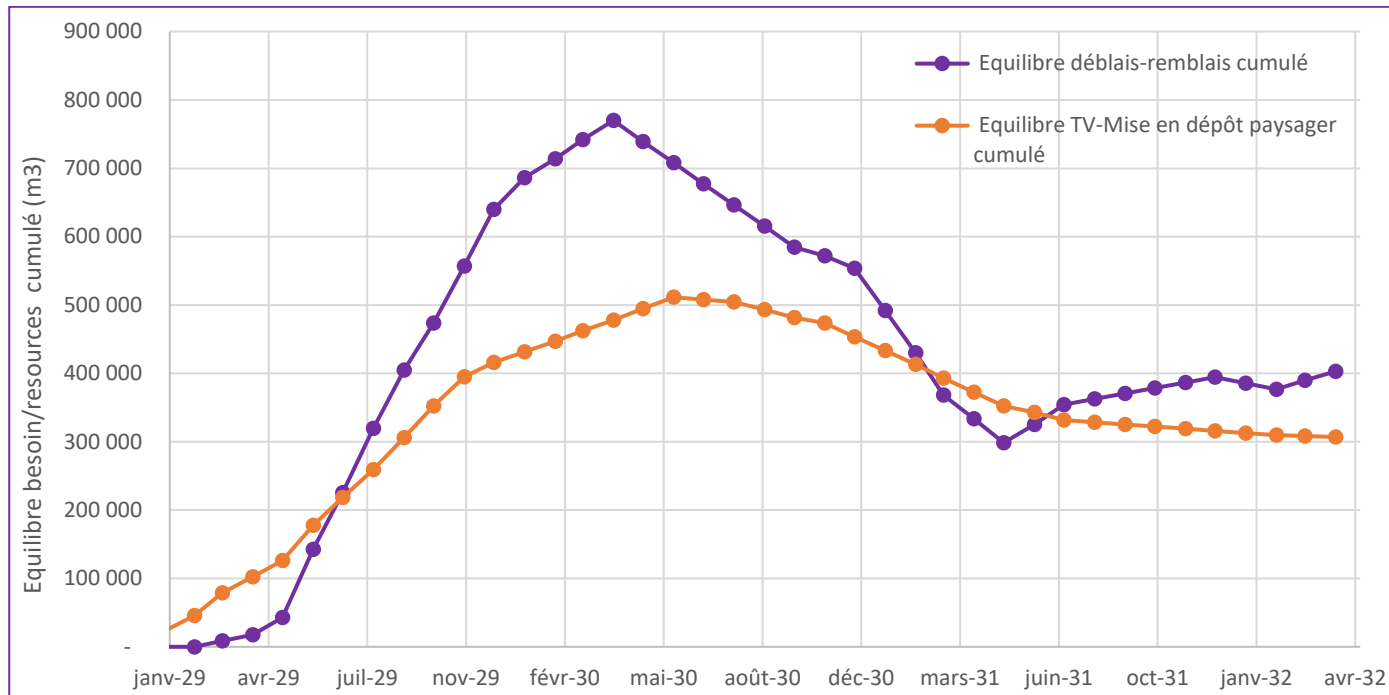


Figure 15 : Évolution de l'équilibre ressource/besoin cumulé au cours du temps

Sur la base du phasage élaboré et d'une hypothèse de réemploi de l'ensemble des matériaux, le pic de cet équilibre pour le mouvement des déblais/remblais apparaîtrait en avril 2030. Il représenterait un volume maximal cumulé de 769 967 m³ de matériaux excavés, ne pouvant être réemployés directement et destiné en conséquent à un stockage provisoire. Le pic de l'équilibre pour le mouvement des terres végétales apparaîtra en juin 2030 pour une valeur maximale de 511 463 m³.

En prenant une hypothèse d'une hauteur maximale de stockage pour les déblais de 4 mètres pour les déblais classiques et de 3 mètres pour les terres végétales, les surfaces minimales suivantes seraient nécessaires pour assurer le stockage de l'intégralité des matériaux générés.

Tableau 24 : Surface de stockage nécessaire pour le stockage des matériaux excavés

	Hauteur maximale du dépôt (m)	Capacité de stockage nécessaire réelle (m ³)	Capacité de stockage nécessaire arrondie (m ³)	Surface de stockage nécessaire (m ²)
Déblais	4	769 967	800 000	200 000
Terres végétales	3	511 463	550 000	185 000
Total		1 281 260	1 350 000	385 000 m ²

Le graphique suivant retrace l'évolution de la surface de stockage nécessaire dans le temps du projet sur la base des hypothèses de stockage prises et du phasage théorique défini.

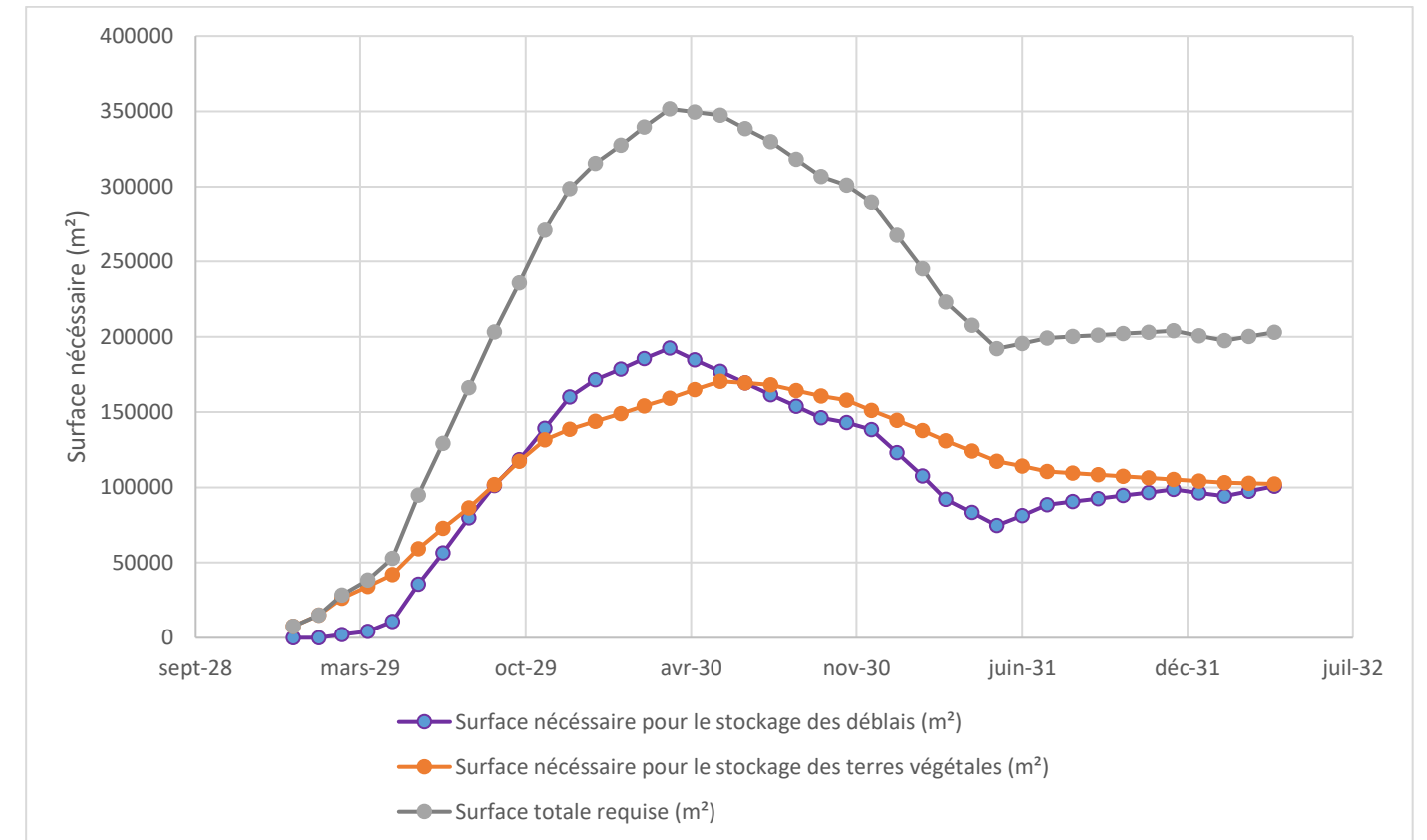


Figure 16 : Évolution de la surface disponible nécessaire pour le stockage des matériaux excavés au cours du temps

Au total, une surface de stockage temporaire de l'ordre de 385 000 m² pour accueillir un volume maximal de l'ordre 1 350 000 m³ (Terres végétales + déblais) serait à minima nécessaire en vue d'un réemploi optimisé (remblais et couche de forme) des matériaux excavés dans le cadre du projet.

Il est précisé que les surfaces présentées ci-avant constituent une première estimation, établie sur la base d'hypothèses à ce stade du projet. Elles devront être consolidées et affinées lors des phases ultérieures d'études. En effet, le dimensionnement définitif reste dépendant de plusieurs paramètres structurants, notamment la technique de creusement qui sera retenue par le futur concessionnaire, les cadences d'avancement, ainsi que la stratégie de gestion et d'orientation des matériaux qu'il mettra en œuvre.

Par ailleurs, au regard des incertitudes relatives aux pollutions identifiées sur certains sites, ainsi qu'à la présence de problématique de pyrites reconnus au droit de l'emprise du tunnelier, des surfaces de stockage complémentaires pourraient s'avérer nécessaires.

Celles-ci permettraient d'assurer, le cas échéant, un stockage temporaire spécifique des déblais concernés, la mise en œuvre de casiers dédiés à la caractérisation, ainsi que l'installation éventuelle d'unités de traitement adaptées aux matériaux pollués ou potentiellement pyritifères.

S'agissant plus particulièrement de la gestion des déblais issus du tunnelier, et conformément aux principes exposés au paragraphe 4.2, une emprise de l'ordre de 1 500 à 2 000 m² a été estimée nécessaire pour l'aménagement d'environ 12 casiers unitaires d'une capacité de 600 m³ chacun, destinés au stockage temporaire et à la caractérisation des matériaux.

En intégrant ces besoins complémentaires de manière prudente et conservatoire, une surface globale de l'ordre de 400 000 m² peut ainsi être retenue à ce stade afin de garantir une gestion opérationnelle optimisée et sécurisée des matériaux du projet.

6.1.2. Capacité de stockage temporaire disponible

Des zones pouvant servir de zones de dépôts temporaires des matériaux excavés ont été identifiées dans la bande DUP en périphérie des futures infrastructures routières pour éviter toute gêne lors des travaux d'aménagement.

À ce stade, une capacité d'accueil de l'ordre de 500 000 m³ a pu être identifiée pour un stockage temporaire des matériaux excavés en vue de leur réemploi ultérieur. Notons que le dépôt S11 sera disponible approximativement 2 mois après le démarrage des travaux au regard de la nécessité de réaliser un dégagement de l'emprise.

La réalisation du merlon acoustique de Terville pourra également absorber une quantité de l'ordre de 100 000 m³ dès le démarrage des travaux. Toutefois, les matériaux ne pourront y être stockés que de manière définitive et non temporaire en vue d'un réemploi ultérieur.

Tableau 25 : Capacité de stockage temporaire disponible pour le projet (INGÉROP, 2024)

Dépôts disponibles	Volume stockable (m ³)
S11	245 000
N1	155 000
Merlon acoustique paysager Terville	99 000
Total	499 000

Au regard de ces éléments, il apparaît que la capacité de stockage temporaire disponible ne permet pas de répondre en intégralité aux besoins de stockage des matériaux en vue de leur réemploi ultérieur impliquant la nécessité de recherche de solutions alternatives pour le stockage provisoire des matériaux.

6.1.3. Stockage temporaire des matériaux au sein de friches

Pour répondre aux besoins en surface de stockage, le recours à un stockage de matériaux excavés au sein de friches industrielles localisées à proximité du projet a été envisagé.

Une friche est une zone désaffectée après avoir connu une activité économique (industrielle ou commerciale), des usages résidentiels ou des équipements. On estime que ces sites pourraient représenter en France entre 90 000 et 150 000 hectares d'espaces inemployés, l'équivalent de plus de six ans d'artificialisation.

Ces sites présentent en effet l'avantage d'être déjà artificialisés ou faiblement valorisés, ce qui peut limiter les incidences sur les milieux naturels et agricoles. Néanmoins, la faisabilité opérationnelle et environnementale de cette option devra être confirmée par des investigations complémentaires.

Conçue par le CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, la mobilité et l'aménagement), l'application Cartofriches a permis de localiser les friches présentes dans un rayon de 10 kilomètres autour du projet.

Au total, 53 friches ont pu être identifiées dans ce périmètre dont 3 localisées dans le périmètre de la bande DUP du projet représentant une surface totale disponible maximale de 62,84 hectares (57,15 ha en retirant les trois friches présentes dans la bande DUP).

Parmi ces friches identifiées, 9 apparaissent comme des opportunités intéressantes pour l'accueil temporaire des matériaux excavés en vue de leur réemploi ultérieur au regard de leur surface disponible supérieure ou égale à 2 hectares.

Tableau 26 : Informations relatives aux friches identifiées à proximité du projet (Surface > 2 ha)

Nom du site	Département	Commune	Producteur	Statut	Type	Distance (m) vis-à-vis du projet	Surface (ha)
Gassion sud	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	2857	4,85
Ancienne station d'épuration	57	Florange (57221)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Autre	3086	3,05
Côte des Roses- Bel Air	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Inconnu	3769	2,98
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 (Dossier N° 3624701)	57	Thionville (57672)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	3769	2,98
THIONVILLE CRS 36	57	Manom (57441)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche militaire	3806	2,04
La Platinerie	57	Hayange (57306)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	4149	2,6
ZAC Rive gauche Sud	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche d'équipement public	4695	3,06
Hauts fourneaux – voies ferrées	57	Algrange (57012)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	5681	2,13
							25.81 ha

Sur la base d'une hypothèse de hauteur de stockage maximale de 3 mètres, l'ensemble de ces friches représenterait une capacité d'accueil temporaire de l'ordre de 780 000 m³ permettant d'absorber un volume conséquent de matériaux générés dans le cadre du projet en préalablement à leur réemploi ultérieur.

A noter qu'une telle hauteur de stockage pourra être revue à la hausse permettant d'absorber des quantités plus importantes de matériaux de manière temporaire.

De même, les potentiels de stockage de chacune des friches devront être confirmés après l'étude des PLU et PPRI disponibles sur les communes identifiées et sous réserve de leur disponibilité à la période des travaux.

À titre informatif, l'intégralité des friches localisées dans un rayon de 10 kilomètres et classées selon leur surface est présentée dans la figure ci-après. Des données complémentaires sur ces friches sont présentées en annexe du présent document.

Ces démarches permettront de confirmer la pertinence du recours à des friches pour l'implantation des installations nécessaires à la gestion des matériaux du projet et, le cas échéant, de préciser les conditions techniques, environnementales et réglementaires de leur mobilisation.

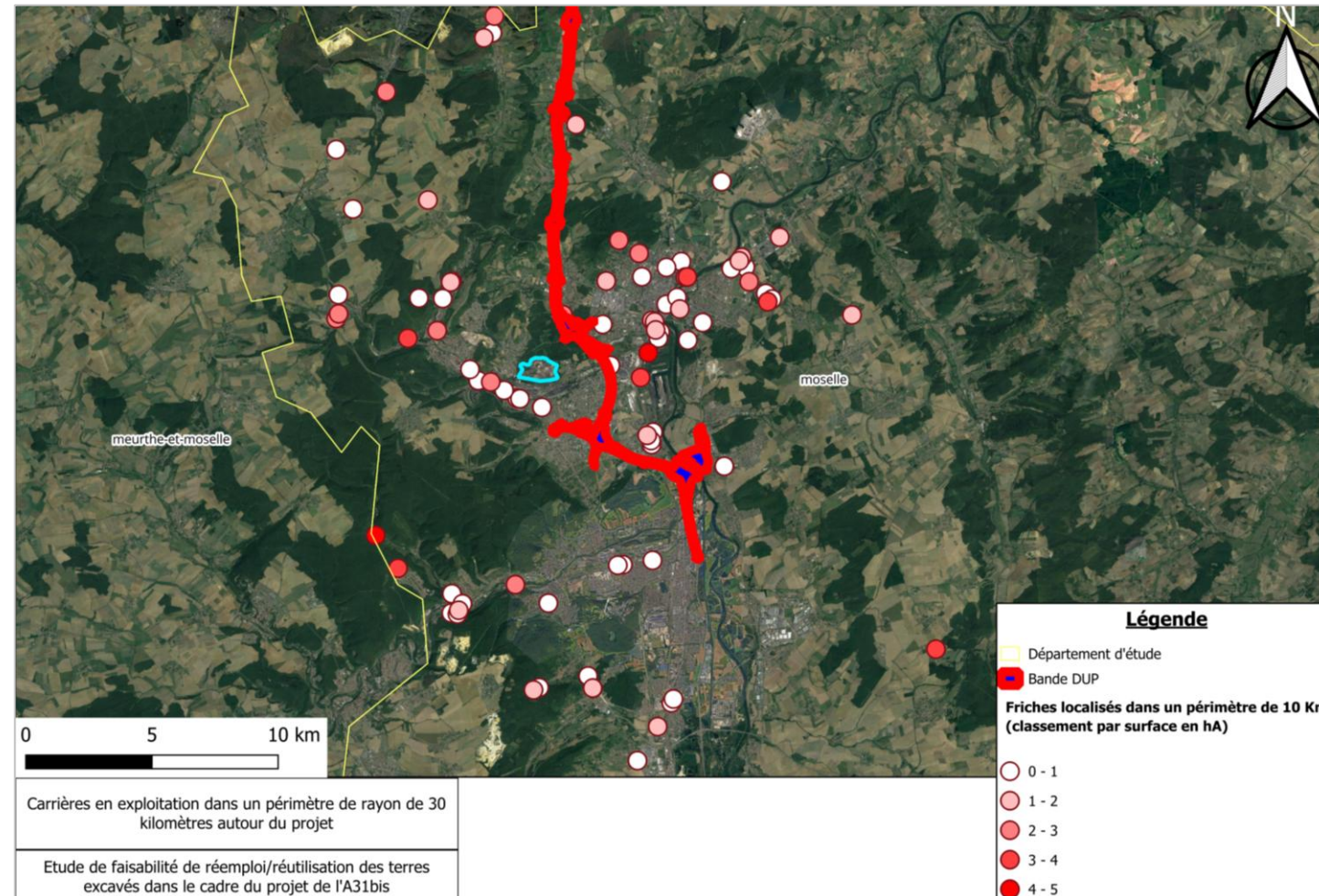


Figure 17 : Localisation des friches autour du projet (Classement des friches selon la surface en hectare)

La poursuite des études permettra d'identifier et de présélectionner des sites potentiels, puis de vérifier leur compatibilité avec les usages envisagés.

Ces investigations porteront notamment sur la situation foncière des terrains, leur compatibilité avec les documents d'urbanisme en vigueur, les contraintes environnementales éventuelles (présence de milieux sensibles, proximité de zones habitées ou de captages d'eau).

Le cas échéant, des investigations visant à caractériser la qualité environnementale du site (analyses de sols, caractérisation du fond géochimique, étude hydrogéologique) pourront être réalisées afin de s'assurer de la compatibilité environnementale des sites envisagés et de définir les éventuelles mesures de gestion à mettre en œuvre.

6.1.4. Transfert des matériaux en Installations de stockage de déchets

6.1.4.1. Transfert des matériaux en Installations de stockage de déchets

Une recherche de l'ensemble des Installations de stockage de déchets inertes et non-dangereux non inertes a également été réalisée dans le cadre de cette étude de manière à mieux appréhender le potentiel que représenterait cette solution de gestion des matériaux. Pour ce faire, la base de données de Géorisques a été consultée en sélectionnant uniquement les ICPE concernées par la rubrique 2760.

Les détails de chacune des Installations de stockage de déchets en exploitation à date sont présentés en annexe du présent document.

Tableau 27 : Installation de stockage de déchets inertes localisées à proximité du projet

Numéro sur la carte	Nom	Commune	Dpt	Type	Distance par rapport au projet (km)	Tonnage maximal	Tonnage maximal annuel autorisé	Début de l'AP	Fin de l'AP
3	RTPA	Distroff	57	ISDI	10,9	450 000 t	45 000 t /an	2018	2028
5	EUROGRANULATS	Denting	57	ISDI	26,4	200 000 t	50 000 t/an	2022	2035
7	SOGEA Est BTP	Boulay-Moselle	57	ISDI	32,1	330 000 t	22 000 t/an	2017	2029
9	CODECOM PAYS DE SPINCOURT	Sénon	55	ISDI	35,2	4 000 t	200 t /an	2013	2033
11	Lingenheld Environnement	Saint-Louis	57	ISDI	43,6	109 196 t	25 000t/an	2023	2051
13	CGR Environnement	Carling	57	ISDI	47,7	NC	51 400 t /an	2017	NC
16	EUROVIA LORRAINE	Belrupt en verdunois	55	ISDI	55,8	336 000 t	22 500 t /an	2016	2031
18	Kanos TRF (Ex Carrière du Wameau)	Belleville sur Meuse	55	ISDI	58,2	800 000 t	20 000 t /an	2018	2058
19	Terre et Val	Haudainville	55	ISDI	60,4	176 000 t	8 800 t/an	2012	2032
20	Eurovia Lorraine	Oetting	57	ISDI	61,1	80 000 t	10 000 t/an	2018	2026
21	EUROGRANULATS	Lanfroicourt	54	ISDI	63,8	450 000 t	80 000 t/an	2018	2024
22	Chardot TP	Commercy	55	ISDI	75,7	289 000 t	14 500 t/an	2019	2038

23	Les Sablières de la Meurthe (Void-Vacon)	Void-Vacon	55	ISDI	83,5	30 000 m ² disponible		2021	2051
24	EUROVIA CHAMPAGNE ARDENNE	Erize st Dizier	55	ISDI	86,6	297 600 t	30 000 t/an	2014	2024
25	SARL Thomas	Vaucouleurs	55	ISDI	88,106	5000 t	250 t/an	2013	2033
27	Agri Tp 55	Longeville en barrois	55	ISDI	96,6	200 000 t	3000 t/an	2020	2070
28	SABLIÈRES DE LAIMONT	Laimont	55	ISDI	97,2	75 000 m ³	15000 m ³ /an	2018	2025
29	FOISSY FRÈRES	Tréveray	55	ISDI	97,970	60 000 t	3000 t/an	2017	2037
30	ISDI - DEMANGE AUX EAUX	Demange-Baudignécourt	55	ISDI	98,9	30000 t	1 000 t/an	2014	2034
31	Harquin SAS	Abainville	55	ISDI	100,6	60 000 t	3000 t/an	2018	2038

Tableau 28 : Installation de stockage de déchets non dangereux localisé à proximité du projet

Numéro sur la carte	Nom	Commune	Dpt	Type	Distance par rapport au projet (km)	Tonnage maximal	Tonnage maximal annuel	Début de l'AP	Fin de l'AP
1	Suez Rv Nord	Fameck	57	ISDND	3,9	1100 m ³	NC	2012	NC
4	OGD	Talange	57	ISDND	12,6	5000 t	NC	2024	NC
14	SUEZ RV Nord Est	Lesménils	54	ISDND	52,9	NC	175 000t/an	2018	2029
15	SUEZ RV Nord Est	Teting sur Nied	57	ISDND	52,9	NC	200 000 t/an	2023	NC

Tableau 29 : Installation de stockage de déchets dangereux localisé à proximité du projet

Numéro sur la carte	Nom	Commune	Dpt	Type	Distance par rapport au projet (km)	Tonnage maximal	Tonnage maximal annuel	Début de l'AP	Fin de l'AP
4	OGD	Talange	57	ISDD	12,6	11 500 t	50 000 t/an	2024	NC
12	Lingenheld Environnement	Louvigny	57	ISDD	43,6	15 000 t de Terres polluées	NC	2024	NC
17	Suez	Jeandelaincourt	54	ISDD	57,5	1 500 000 m ³	100 000 t/an	2013	2035

Il apparaît que le périmètre d'étude dispose d'un choix conséquent de solutions d'évacuation des matériaux en complément d'un réemploi sur site, certaines se localisant à proximité réduite du projet de l'A31bis.

Aussi, dans un rayon de 50 kilomètres autour du projet, un tonnage de l'ordre de 210 000 t/ an pourra être accueilli dans les installations de stockage de déchets identifiées représentant un volume de l'ordre de 115 000 m³ par an en prenant une hypothèse d'une densité de 1,8.

Une telle piste de gestion pourra être adaptée tant pour la gestion des déblais classiques que les déblais de tunnelier. Une pelletabilité minimale et des camions bâchés et adaptés au transport de matériaux de ce type devront toutefois être exigés de manière à garantir l'intégrité des routes lors du transfert des matériaux à la suite par exemple de déversement accidentel.

6.1.4.2. Plateforme de transit

Une plateforme de transit pour les terres excavées est un site temporaire où des matériaux extraits lors de travaux de construction ou de terrassement, comme des terres, des sédiments ou des déblais, sont stockés, triés, et éventuellement traités avant d'être réutilisés, transportés vers un autre chantier, ou éliminés.

Ces plateformes jouent un rôle clé dans la gestion environnementale des matériaux issus des chantiers, notamment en zones urbaines, où la réutilisation des terres excavées peut réduire le besoin en matériaux neufs et limiter les impacts environnementaux liés au transport et à la gestion des déchets.

Au total, 20 plateformes de transit ont pu être identifiées dans les départements de la Meuse, de la Meurthe-et-Moselle et de la Moselle dont 5 sont localisées à près de 30 kilomètres du projet. A noter que l'utilisation de ces plateformes est prévue dans le cadre du PRPGD pour les besoins du territoire et non pour un grand projet d'infrastructure.

Ces dernières sont rappelées à titre informatif, en cas notamment de besoin ponctuel de traitement de certains matériaux, mais ne seront pas comptabilisées dans le calcul de la capacité de stockage potentiellement disponible pour le projet.

Tableau 30 : Présentation des différentes plateformes de transit identifiées

Établissement	Dpt	Commune	Distance par rapport au projet	Surface de Stockage disponible de déchets inertes	Volume de déchets non dangereux non inertes autorisés
GEPOR Illange	57	Illange	3739	8 000 m ² quantité maximale de sable transitant sur le site de 250 000 t/an.	Non précisé
EUROGRANULATS	57	Illange	3891	53 000 m ²	Non précisé
EUROVIA ALSACE LORRAINE	57	Florange	4021	10 500 m ²	Non précisé
SLAG (SOCIÉTÉ LORRAINE D'AGRÉGATS)	57	Nilvange	4233	8 000 m ²	900.000 m ³
GSM	57	Yutz	7450	750 000 m ²	Non précisé
ARCELORMITTAL Gandrange	57	Gandrange	9112	50 000 m ²	Non précisé
MONDELANGE INDUSTRIES (ex Eurovia)	57	Mondelange	9990	25 000 m ²	Non précisé
ENERGISERV MONDELANGE	57	Mondelange	10578	23 000 m ² dont 14 000 m ² de stockage bruts et 9000 m ² de préparation et stockage de produits préparés	Non précisé
Granulats Vicat (ex-SABLIÈRES DIER)	57	Ay-sur-Moselle	11482	13 000 m ²	Non précisé
LES SABLIERES DE LA MEURTHE	57	Boust	11928	75 000 m ²	Non précisé
LA ROCHE BLANCHE	57	Volmerange-les-Mines	13084	30 000 m ²	Non précisé

EG LOG	57	Talange	13142	60 000 m ²	Non précisé
LECLERC SAS	57	Moyeuve-Grande	13665	72 000 m ²	Non précisé
CARRIÈRES ET MATÉRIAUX NORD-EST (CMNE)	57	Montois-la-Montagne	13899	60 000 m ²	22 000 m ³
Granulats Vicat (ex-SABLIÈRES DIER)	57	Ay-sur-Moselle	14055	16 000 m ²	Non précisé
CARRIÈRES ET MATÉRIAUX NORD-EST (CMNE)	57	Audun-le-Tiche	14765	30 000 m ²	Non précisé

6.1.5. Modalités de mobilisation des surfaces, cadre réglementaire et études environnementales associées

Les surfaces nécessaires à la gestion des déblais, aux éventuelles opérations de traitement des matériaux et aux activités de valorisation seront précisées et sécurisées dans les phases ultérieures d'avancement du projet.

La mobilisation de ces emprises pourra reposer sur plusieurs modalités foncières, en fonction de la localisation des sites retenus et de leur statut juridique.

Elle pourra notamment prendre la forme :

- D'acquisitions foncières par le maître d'ouvrage,
- De conventions d'occupation temporaire conclues avec des propriétaires publics ou privés,
- Ou encore de la mobilisation de terrains appartenant déjà au domaine public ou à des partenaires institutionnels.

Le choix et la sécurisation de ces surfaces tiendront compte de plusieurs critères, parmi lesquels la proximité des zones de production des déblais, l'accessibilité logistique pour les engins et les transports de matériaux, la compatibilité avec les documents d'urbanisme applicables, ainsi que les contraintes environnementales et hydrogéologiques locales.

Une attention particulière sera portée à la sensibilité des milieux environnants, notamment en matière de protection des ressources en eau, afin de garantir la compatibilité des activités envisagées avec les enjeux environnementaux du territoire.

En fonction de la nature des installations mises en place pour la gestion et le traitement des matériaux excavés, certaines plateformes pourront relever de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

À ce titre, plusieurs rubriques de la nomenclature ICPE sont susceptibles d'être concernées, notamment :

- La rubrique 2517 relative aux installations de transit, regroupement ou tri de matériaux ou de déchets inertes,
- La rubrique 2515 relative aux installations de broyage, concassage, criblage ou mélange de matériaux,
- La rubrique 2760-3 relative aux installations de stockage de déchets.

Selon les volumes concernés et les caractéristiques des installations envisagées, ces activités pourront relever d'un régime de déclaration, d'enregistrement ou d'autorisation.

Le cas échéant, les dossiers réglementaires correspondants devront être élaborés et déposés auprès de l'autorité administrative compétente préalablement à la mise en service des installations. La planification de ces démarches tiendra compte des délais d'instruction réglementaires et des éventuelles phases de consultation associées.

A noter que le délai d'instruction sera notamment dépendant du régime de l'installation classée avec un délai fixé à :

- 2 mois pour un dossier de déclaration ;
- 5 mois pour un dossier d'enregistrement ;
- 9 mois à minima pour un dossier d'autorisation.

La constitution de ces dossiers pourra nécessiter la réalisation d'études environnementales complémentaires visant à caractériser l'état initial des milieux et à définir les mesures de gestion appropriées.

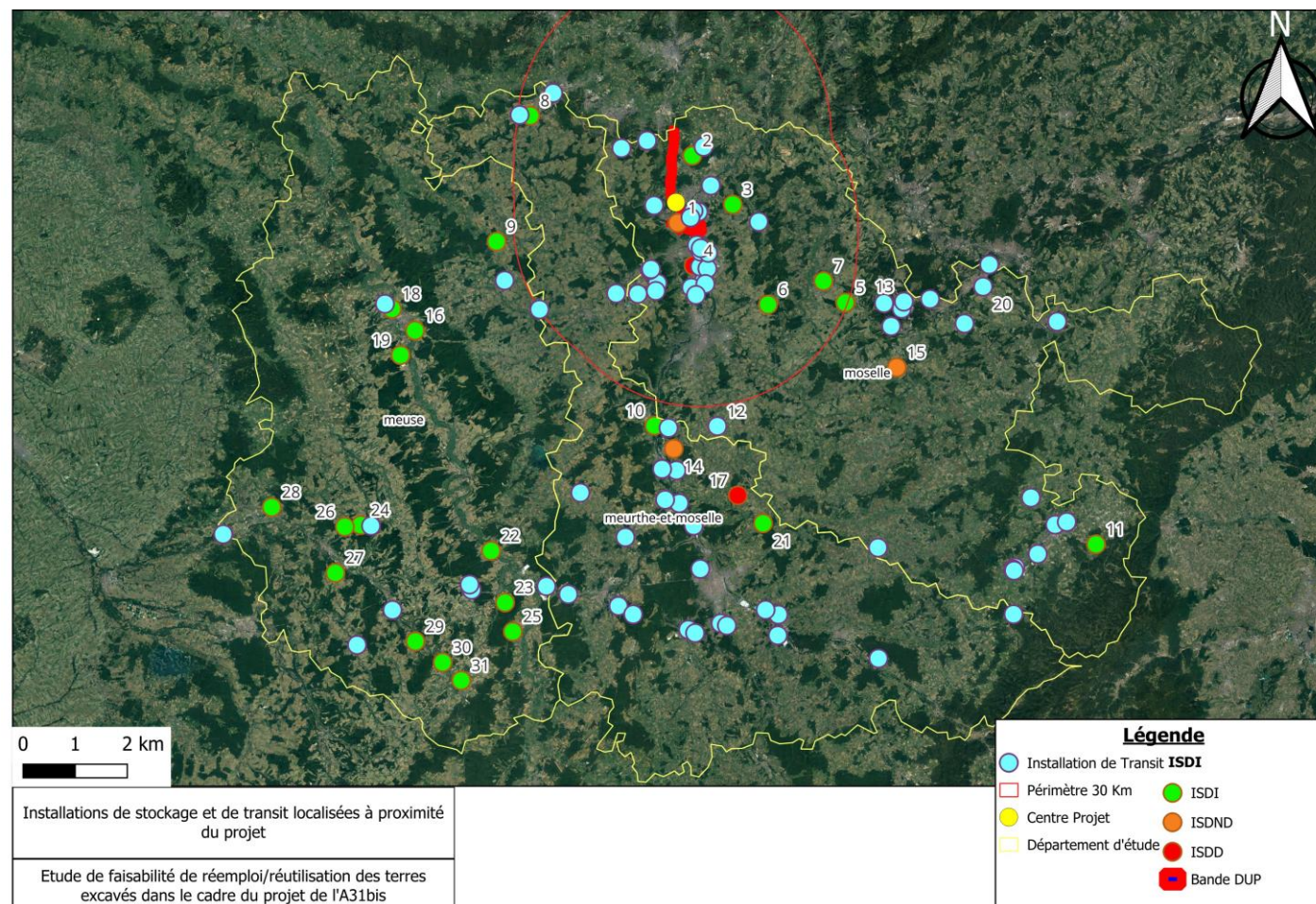


Figure 18 : Localisation des Installations de stockage et de transit à proximité du projet (Source : Géorisques)

Ces études pourront comprendre la détermination du fond géochimique local afin de disposer d'un état de référence des sols, la réalisation d'études hydrogéologiques destinées à évaluer la sensibilité des terrains aux phénomènes d'infiltration et à définir les modalités de gestion des eaux sur les plateformes de stockage ou de traitement ou encore d'études faune-flore pour confirmer l'absence d'espèces à enjeu.

Ces études permettront de vérifier la compatibilité environnementale des sites retenus et de préciser, le cas échéant, les dispositifs de prévention et de protection à mettre en œuvre.

6.2. Bilan de mouvement des matériaux

Le tableau ci-après récapitule les volumes de déblais générés dans le cadre du projet et les pistes de stockage et de gestion envisagées à date dans le cadre du projet.

Rappelons toutefois que les volumes de matériaux pouvant être mis en dépôt et valorisés dans le cadre de la remise en état d'une carrière sont dépendants de la qualité chimique des matériaux en jeu. Une prochaine campagne de caractérisation des matériaux permettra de confirmer les potentiels de gestion de ces matériaux.

Tableau 31 : Bilan volumétrique de la stratégie de gestion des matériaux

	Typologie de matériaux ou de solutions	Volumétrie concernée	Total
Matériaux générés	Déblais générés par tunnelier	560 000 m ³	2 739 470 m ³
	Déblais générés par terrassement traditionnel	2 179 470 m ³	
Pistes de stockage temporaire envisagées	Friches	780 000 m ³	1 280 000 m ³
	Stockage temporaire	500 000 m ³	
Pistes de gestion envisagées	Besoins en remblais	509 618 m ³	2 931 762 m ³
	Besoins en couche de forme	407 694 m ³	
	Mise en dépôt paysager	1 159 450 m ³	
	Remise en état de carrières (Volume total accepté sur 3 ans de travaux)	510 000 m ³	
	ISD (Volume total accepté sur 3 ans de travaux)	345 000 m ³	
	Production d'écomatériaux	Volume à déterminer	

Au regard de l'ensemble des éléments présentés précédemment, il apparaît que les volumes de stockage temporaires identifiées ne permettent pas à elles seules d'accueillir les volumes de matériaux excavés en vue d'un réemploi. À ce titre, des pistes de stockage temporaire des matériaux et de gestion définitive ont été recherchées visant à absorber le volume de matériaux excavés dans le cadre du projet.

Sur la base d'hypothèses relativement pessimistes, (3% du volume de la carrière à remblayer acceptés annuellement pour la remise en état de la carrière, friches dans un rayon restreint de 5 kilomètres autour du projet ...), la capacité de stockage de matériaux permettrait d'accueillir le volume de matériaux nécessaire en vue d'un réemploi en remblais, couche de forme et mise en dépôt pour la réalisation de merlons paysagers et/ou phoniques.

Notons toutefois que l'utilisation de ces pistes de gestion, les friches, les carrières et les installations de stockage, reste dépendante de leur disponibilité à la date de réalisation des travaux, auquel cas, le futur concessionnaire devra identifier de nouvelles zones de stockage pour accueillir les matériaux en vue d'un réemploi ultérieur.

7. Modalités de gestion des terres végétales

7.1. Caractérisations préalables

7.1.1. Caractérisations pédologiques

Un diagnostic pédologique sera à réaliser de manière à caractériser l'état de fertilité des parcelles faisant l'objet d'occupation temporaire ou de dépôts définitifs. La caractérisation des sols et de leurs horizons constitutifs sera réalisée selon les techniques et maillages suivants :

- Sondage tarière : 1 sondage à l'hectare pouvant être modulé à une densité de 3 sondages pour 5 ha sur les secteurs les plus homogènes – permettant une restitution au 1/10 000ème
- Description morphologique de profil pédologique : 1 par zone homogène de sol dans le périmètre du dépôt jusqu'à 1,50 m.
 - Identification et épaisseur des horizons
 - Textures des horizons
 - Etat structural
 - Hydromorphie
 - Effervescence à l'acide chlorhydrique pour révéler la présence de calcaire
 - Matière organique
 - Enracinement
 - Activité biologique
- Analyses de terre : 1 analyse par zone homogène de sol et au minimum par tranche de cinq hectares selon le menu suivant, dans la couche de terre végétale, prélevé à la tarière (échantillon constitué par le mélange de 15 prises élémentaires prélevées dans un cercle de 15 m de diamètre) :
 - Granulométrie cinq fractions
 - Carbone organique
 - Azote total
 - Calcaire total
 - pH eau
 - Phosphore assimilable, par méthode Olsen
 - Potassium, magnésium, sodium, calciums échangeables
 - 7 Éléments traces métalliques : Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Ni
- Densité apparente : la mesure des densités apparentes, par la méthode du cylindre, au sable, ou à l'eau, ou autre méthode soumise à validation, sera réalisée dans chaque horizon pédologique lors des observations de profils.

Une fréquence d'un sondage à l'hectare pouvant être modulé à une densité de 3 sondages pour 5 hectares sur les secteurs les plus homogènes pourra être dans un premier temps préconisé dans les zones concernées. Cette fréquence pourra être revue à la baisse au regard du contexte environnemental du projet.

7.2. Modalités de décapage des terres végétales

L'objectif ici sera de préserver le maximum d'épaisseur de terre végétale afin de restituer en surface l'horizon le plus fertile des terres cultivées. De fait, la terre végétale et la sous-couche devront être décapée de manière distincte et soignée de manière à optimiser l'épaisseur de terres végétale à gérer.

Les horizons superficiels devront en outre être manipulés en conditions favorables, à savoir ressuyées associées à de bonnes conditions météorologiques.

Tout manèment (décapage, chargement, mise en stock, déstockage, mise en œuvre) de matériaux fertiles se fera avec des ateliers comprenant des pelles mécaniques montées sur chenilles larges et des échelons de camions.

Les engins pousseurs de types Bulldozers (D5 ou D6) et niveleuses seront proscrits au regard de la dégradation structurelle et du compactage des matériaux fertiles que pourrait générer un passage répété des chenilles et lame des bulldozers.

Seules les pelles mécaniques seront autorisées à rouler modérément sur les matériaux fertiles. Les ateliers de travail doivent être organisés de sorte à limiter au strict minimum les passages successifs et répétés au même endroit des chenilles de pelle mécanique avec circulation préférentielle sur les zones décapées.

De même, de trop nombreuses manipulations de sols de nature à provoquer seront à proscrire de manière à réduire le risque de provoquer un mélange de couches, des phénomènes de tassement, de cisaillement et de pulvérisation des terres pouvant altérer la qualité des matériaux. À ce titre, il sera nécessaire de définir en amont et mettre en œuvre des pistes de circulation dédiées à l'acheminement des matériaux de manière à limiter les surfaces soumises au tassement.

7.3. Constitution des plateformes de terre végétale

Les déplacements de matériaux pendant les travaux exigent la mise en place de dépôts temporaires avant leur réutilisation sur le chantier ou ailleurs. Deux principaux objectifs sont associés à ces dépôts temporaires : d'une part, la préservation de la qualité des matériaux stockés, notamment la terre destinée à la reconstitution des parcelles cultivées, et d'autre part, la préservation des parcelles utilisées comme sites temporaires de dépôt.

Les résultats escomptés incluent la préservation de l'intégrité des différentes couches de sol, la prévention du tassement de la parcelle réceptrice et de la terre végétale extraite, ainsi que la protection contre la contamination par les mauvaises herbes. Des mesures sont prises pour garantir un accès et des circulations sans créer d'ornières ni de tassements lors du décapage et du transport des matériaux.

Concernant la localisation des dépôts, ils sont aménagés pour permettre l'accès aux opérations d'entretien agricole, avec une zone de 3m préservée autour du dépôt pour les activités d'ensemencement et de fauchage. Lorsque plusieurs dépôts sont établis sur une même parcelle, ils sont espacés de 3m. Les zones de dépressions et de circulation naturelle de l'eau sont interdites pour éviter tout engorgement et asphyxie des matériaux stockés.

Pour préserver la qualité des matériaux lors des opérations de décapage / terrassement et de stockage, il est important que ceux-ci ne subissent aucunes compactations et que les travaux se fassent en condition sèche. Le stockage se fait en andain de section triangulaire fermée au godet avec engins montés sur chenille.

Le stockage standard se fera sous forme d'andain de section triangulaire ou trapézoïdale (surface plane supérieure du stock limité à 0,5m maximum) dont la conformation est imposée (voir tableau ci-dessous).

Tableau 32 : Modalités de constitution des andains

Teneur en eau de la terre constaté	Hauteur de l'andain	Base de l'andain
Teneur en eau < à la limite de plasticité	4m	8m
Teneur en eau > à la limite de plasticité	2m	4m

Pour le volume de stockage il faut considérer $1,5\text{m}^3/\text{m}^2$ de surface d'andain, cette capacité peut être maximisée à $2,5\text{m}^3/\text{m}^2$ en augmentant la capacité de stockage entre deux andains. La prise en compte de l'espace nécessaire pour les roues et la circulation d'engins réduit la capacité de stockage à un maximum $2\text{m}^3/\text{m}^2$ de plateforme.

En complément et pour permettre d'augmenter la capacité de stockage des plateformes, possibilité de stockage des terres en inter-andains jusqu'à une hauteur maximale de 5m et en conservant un inter-andain libre tous les deux andains, y compris rigole d'écoulement des eaux pluviales.

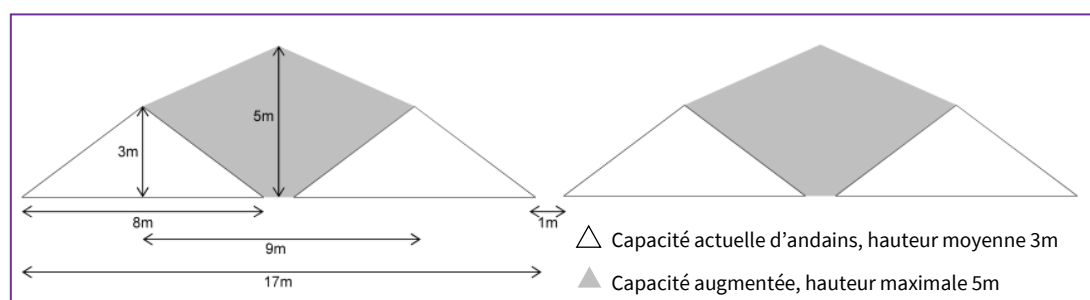


Figure 19 : Modalité de stockage sur la plateforme de terre végétale

8. Compatibilité du projet vis-à-vis des documents d'urbanisme

8.1. Compatibilité vis-à-vis du PLU

Un PLU, ou Plan Local d'Urbanisme, est un document d'urbanisme élaboré par les communes françaises. Il remplace progressivement les anciens Plans d'Occupation des Sols (POS) depuis la loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) de 2000. Le PLU définit les règles d'utilisation des sols sur le territoire communal. Il fixe notamment les zones constructibles, les règles de construction, les règles de densité, les espaces verts, les équipements publics, etc.

Le PLU est un outil stratégique permettant à la commune de planifier son développement urbain et de maîtriser son évolution. Il doit prendre en compte différents enjeux tels que la préservation de l'environnement, la gestion des risques, la mixité sociale, l'accessibilité aux équipements et services, etc.

Parmi les pièces constitutives du PLU, le règlement divise le territoire communal en différentes zones (urbaines, à urbaniser, agricoles, naturelles, etc.), chacune étant soumise à des règles spécifiques en matière d'urbanisme. Le règlement précise les conditions de constructibilité, les hauteurs autorisées, les obligations en matière de stationnement, les règles de mitoyenneté, etc.

Ces zones sont définies en fonction des caractéristiques du territoire, des enjeux locaux, des objectifs de développement de la commune, et des contraintes environnementales ou patrimoniales. Voici quelques exemples courants de zones réglementaires dans un PLU :

- **Zone urbaine (U) :** Cette zone concerne les secteurs déjà urbanisés ou destinés à l'urbanisation. Les règles d'urbanisme y sont généralement moins contraignantes, permettant une densité de construction plus élevée.
- **Zone à urbaniser (AU) :** Cette zone est réservée pour l'extension future de l'urbanisation. Les constructions y sont souvent soumises à des conditions particulières et peuvent nécessiter des études d'impact.
- **Zone agricole (A) :** Cette zone est destinée à la protection des espaces agricoles et naturels périurbains. Les constructions y sont très limitées, principalement réservées aux activités agricoles.
- **Zone naturelle et forestière (N) :** Cette zone vise à préserver les espaces naturels, forestiers et les paysages remarquables. Les constructions y sont généralement interdites ou très restreintes.
- **Zone industrielle (I) ou artisanale (A) :** Ces zones sont réservées pour l'implantation des activités industrielles ou artisanales. Les règles d'urbanisme favorisent généralement le développement économique et la compatibilité avec l'environnement.
- **Zone de protection patrimoniale :** Cette zone concerne les secteurs présentant un intérêt architectural, historique ou paysager particulier. Les règles d'urbanisme y sont souvent plus contraignantes pour assurer la préservation du patrimoine.

Dans le cadre du projet, les déblais générés pourront faire l'objet d'un dépôt définitif ou provisoire dans des zones identifiées dans l'emprise du projet. Or, parmi les prescriptions des PLU, des règles spécifiques pour encadrer des pratiques comme les exhaussements de terrains ou la mise en place de dépôt peuvent être établies.

À ce titre, les PLU des communes concernées par la présence de zones de dépôt identifiées dans le cadre du projet, provisoire comme définitive, ont été analysés pour s'assurer de la compatibilité du projet vis-à-vis des documents d'urbanismes en vigueur.

Les communes concernées par la présence de dépôts provisoires et définitifs sont les suivantes :

- Florange
- Hayange
- Serémange-Erzange
- Fameck
- Uckange
- Richemont
- Thionville

Les cartes ci-dessous localisent les zones de dépôts provisoires (en rouge) et définitives (en vert) identifiées dans le cadre du projet.

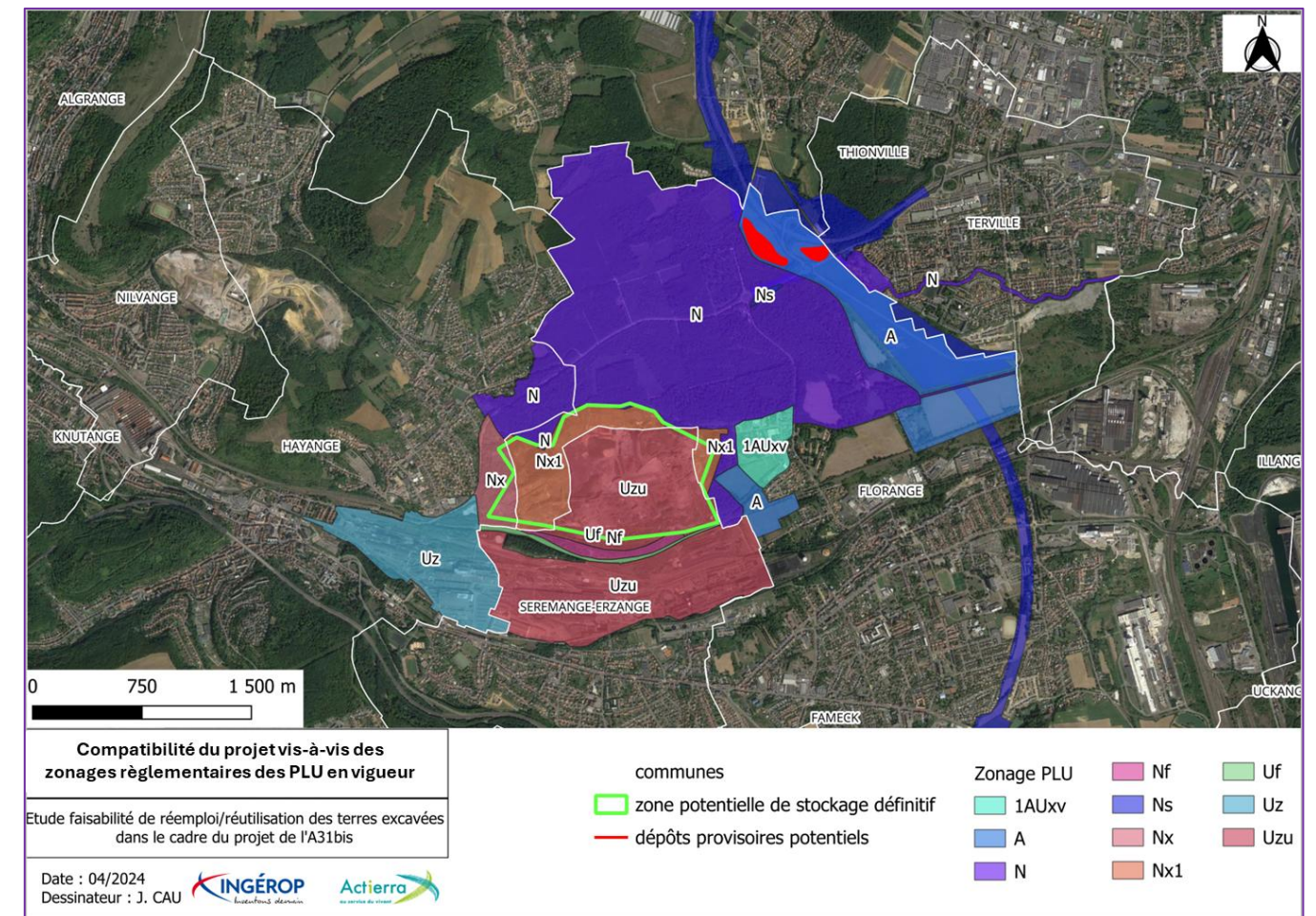


Figure 20 : Compatibilité du projet vis à vis du zonage réglementaire du PLU (communes de Florange, Hayange et Serémange-Erzange)

Une analyse de la compatibilité du projet vis-à-vis des différents PLU concernés est présenté ci-après.

Tableau 33 : Analyse de la compatibilité des PLU en vigueur vis-à-vis du projet

Commune concernée	Zonage réglementaire	Interdits	Autorisés sous condition	Analyse de la compatibilité du projet vis-à-vis du PLU à ce stade
Florange	N		Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités et travaux autorisés dans la zone, aux infrastructures de transports terrestres (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), aux fouilles archéologiques, ainsi qu'aux travaux visant à réduire le risque d'inondation ou à restaurer le bon fonctionnement écologique du milieu naturel.	Compatible sous réserve que les travaux soient autorisés
	Nx1		Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités et travaux autorisés dans la zone, aux infrastructures de transports terrestres (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), aux fouilles archéologiques, ainsi qu'aux travaux visant à réduire le risque d'inondation ou à restaurer le bon fonctionnement écologique du milieu naturel. Dans le secteur Nx et Nx1 : les constructions temporaires et installations nécessaires à l'exploitation de crassiers industriels ou d'activités d'entrepôt de matériaux, à condition que le site soit réaménagé après l'exploitation (et par l'exploitant) en espace naturel adapté au contexte environnemental et paysager local. En zone inondable, seul l'entreposage de matériaux à l'air libre est autorisé, les constructions étant interdites. Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités et travaux autorisés dans la zone, aux infrastructures de transports terrestres (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), aux fouilles archéologiques, ainsi qu'aux travaux visant à réduire le risque d'inondation ou à restaurer le bon fonctionnement écologique du milieu naturel.	Compatible sous réserve que les travaux soient autorisés
	A		Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités et travaux autorisés dans la zone, aux infrastructures de transports terrestres (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), aux fouilles archéologiques, ainsi qu'aux travaux visant à réduire le risque d'inondation ou à restaurer le bon fonctionnement écologique du milieu naturel.	Compatible sous réserve que les travaux soient autorisés
Hayange	Nx		Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités autorisées dans la zone, aux infrastructures de transport (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), aux fouilles archéologiques, ainsi qu'aux travaux visant à réduire le risque d'inondation ou à restaurer le bon fonctionnement écologique du milieu naturel. Dans le secteur Nx : les constructions et installations nécessaires à l'exploitation des crassiers industriels, à condition que le site soit réaménagé après l'exploitation (et par l'exploitant) en espace naturel adapté au contexte environnemental et paysager local.	Compatible sous réserve que les travaux soient autorisés
Serémange-Erzange	Uzu Zone Urbaine réservée aux activités Économiques Usine – ArcelorMittal	À l'exception du secteur Uze, les dépôts de matériaux sont interdits. Les affouillements et exhaussements du sol autres que ceux liés aux occupations et utilisations du sol admises dans la zone sont interdits.		Incompatible. Mise en compatibilité à rechercher dans le cadre de la cessation d'activité et cession de la parcelle par Arcelor à la DREAL.

L'exercice a également été produit pour les zones de stockage localisés au droit des communes de Florange et de Richemont.

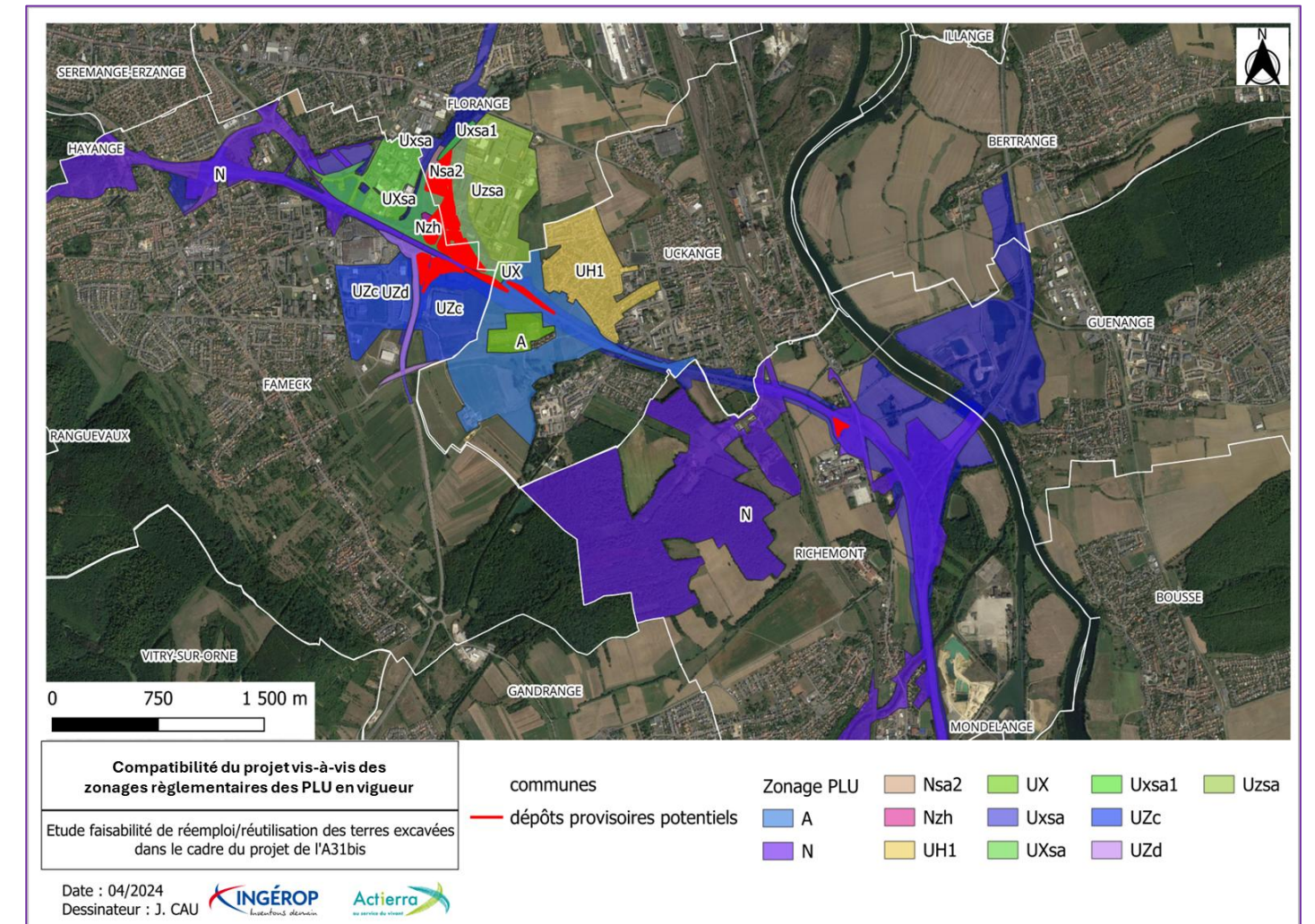


Figure 21 : Compatibilité du projet vis à vis du zonage réglementaire du PLU (communes de Florange, Fameck, Uckange et Richemont)

Une analyse de la compatibilité du projet vis-à-vis des différents PLU concernés est présenté ci-après.

Tableau 34 : Analyse de compatibilité du projet vis-à-vis des PLU en vigueur dans les communes concernées

Commune concernée	Zonage réglementaire	Interdits	Autorisés sous condition	Analyse de la compatibilité du projet vis-à-vis du PLU à ce stade
Florange	Uzsa	En secteur Uzsa, sont interdits : Les décharges de toutes natures.	Les déblais provenant des terrassements généraux et des excavations pour fondations des constructions devront être évacués aux décharges autorisées à moins d'être utilisés sur place à l'aménagement de la parcelle acquise.	Compatibilité à étudier en fonction de la lecture de la notion de parcelle et de fondation des constructions.
	Nsa2	En secteur Nsa2 sont interdits : les dépôts de toute nature.	Y sont autorisés : • Les constructions, installations et extensions nécessaires aux services publics d'intérêt collectif y seront autorisées. Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités et travaux autorisés dans la zone, aux infrastructures de transports terrestres (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), aux fouilles archéologiques, ainsi qu'aux travaux visant à réduire le risque d'inondation ou à restaurer le bon fonctionnement écologique du milieu naturel.	Compatibilité à vérifier en fonction de la lecture de la notion d'intérêt collectif et de la vocation des dépôts
Fameck	Nzh		Les affouillements et exhaussements des sols à condition qu'ils soient liés aux infrastructures de transports terrestres, ou qu'ils soient nécessaires à l'aménagement de la zone.	Compatible sous réserve que les travaux soient autorisés
	UXsa		Occupations et utilisations des sols admises sous conditions : Les affouillements et exhaussements du sol à condition qu'ils soient strictement nécessaires au fonctionnement d'une occupation et utilisation du sol admise dans la zone.	À Clarifier en fonction de la lecture de la notion de constructions à usage d'équipement collectif (mentionné au 2.2 comme admis sous condition)
	UZc	Prescriptions générales pour tous les secteurs : sont interdits - les dépôts de toutes natures en dehors des bâtiments clos spécialement aménagés à cet effet - les affouillements et exhaussements du sol non liés à une construction sauf cas visés à l'article 2	Les constructions liées à la réalisation d'un équipement d'infrastructure, ainsi que les affouillements et exhaussements liés à ces infrastructures.	Compatible sous réserve que les travaux soient autorisés
Uckange	Ux	Usages et affectations des sols interdits : Les affouillements et exhaussements du sol non liés à une construction, un usage	Les dépôts et stockages de matériaux sont admis à condition de respecter l'une des conditions suivantes : ☒ être liés à une activité existante et d'être situés sur la même unité foncière ;	Compatible sous réserve d'être sur la même unité foncière que l'autoroute

		ou une affectation du sol admis dans la zone ;	☒ avoir un caractère temporaire et être liés à un chantier.	
Richemont	N		Les affouillements et exhaussements du sol sont admis à condition qu'ils soient strictement nécessaires aux activités autorisées dans la zone ou aux infrastructures de transports terrestres ou fluviaux (y compris les pistes piétonnes ou cyclables), et à condition qu'ils n'aient pas d'impact négatif sur les fonctionnalités du lit mineur et du lit majeur de l'Orne et qu'ils n'entraînent pas une dégradation de la qualité physique de cette rivière.	Compatible sous réserve de l'absence d'impact sur le lit majeur de l'Orne

Au regard de ces éléments, il apparaît que la compatibilité des zones de stockages vis-à-vis des PLU en vigueur est à minima à clarifier pour les communes de Florange et Fameck.

L'utilisation potentielle du crassier de Marspich comme solution impliquerait en revanche la nécessité de produire une Mise en compatibilité de documents d'urbanisme (MECDU) au regard de l'incompatibilité notable entre le règlement écrit et la volonté de procéder à un exhaussement via un dépôt dans le cadre de la remise en état du site par ARCELOR.

8.2. Compatibilité vis-à-vis du PPRI

Un PPRI, ou Plan de Prévention du Risque Inondation, est un document établi par les autorités publiques dans le but de gérer et de réduire les risques liés aux inondations dans une zone géographique spécifique.

Ce plan identifie les zones exposées aux inondations, évalue les risques encourus par les habitants, les infrastructures et les activités économiques, et propose des mesures de prévention, de protection et de gestion des crises.

Il peut en outre inclure des dispositions telles que des restrictions d'urbanisation, des normes de construction, des mesures d'alerte précoce, des systèmes de protection contre les crues, et des plans d'évacuation en cas d'inondation.

Ces restrictions sont notamment localisées au travers de la cartographie du zonage réglementaire des PPRI. Ces zonages réglementaires sont élaborés en tenant compte des caractéristiques géographiques, hydrologiques et urbanistiques de la zone concernée, ainsi que des enjeux humains, économiques et environnementaux. Ils ont pour objectif de réduire les risques d'inondation et de limiter les dommages en cas de crue tout en assurant une gestion équilibrée du territoire.

Il divise le territoire concerné par le PPRI en différentes zones en fonction du niveau de risque d'inondation. Ces zones peuvent inclure :

- **Zone rouge** : Il s'agit des zones les plus exposées au risque d'inondation. Dans ces zones, les constructions nouvelles sont généralement interdites ou soumises à des restrictions très strictes. Les constructions existantes peuvent également être soumises à des réglementations spécifiques, parfois avec des obligations de renforcement ou de protection.
- **Zone orange** : Ces zones présentent un risque d'inondation moindre que la zone rouge, mais elles restent soumises à des réglementations spécifiques. Les constructions dans ces zones peuvent être autorisées sous certaines conditions et avec des mesures de prévention et de protection appropriées.

- Zone verte : Il s'agit des zones où le risque d'inondation est plus faible. Dans ces zones, les constructions sont généralement autorisées, mais elles peuvent être soumises à des réglementations visant à limiter l'impact des inondations, telles que des hauteurs minimales de construction ou des normes de construction spécifiques.

De la même manière que le PLU, le PPRI peut imposer des prescriptions d'inconstructibilité dans certains zonages réglementaires pouvant être incompatibles avec les zones de dépôts identifiées.

À ce titre, les PPRI des communes concernées par la présence de zones de dépôt identifiées dans le cadre du projet, provisoire comme définitive, ont été analysés pour s'assurer de la compatibilité du projet vis-à-vis des documents d'urbanismes en vigueur.

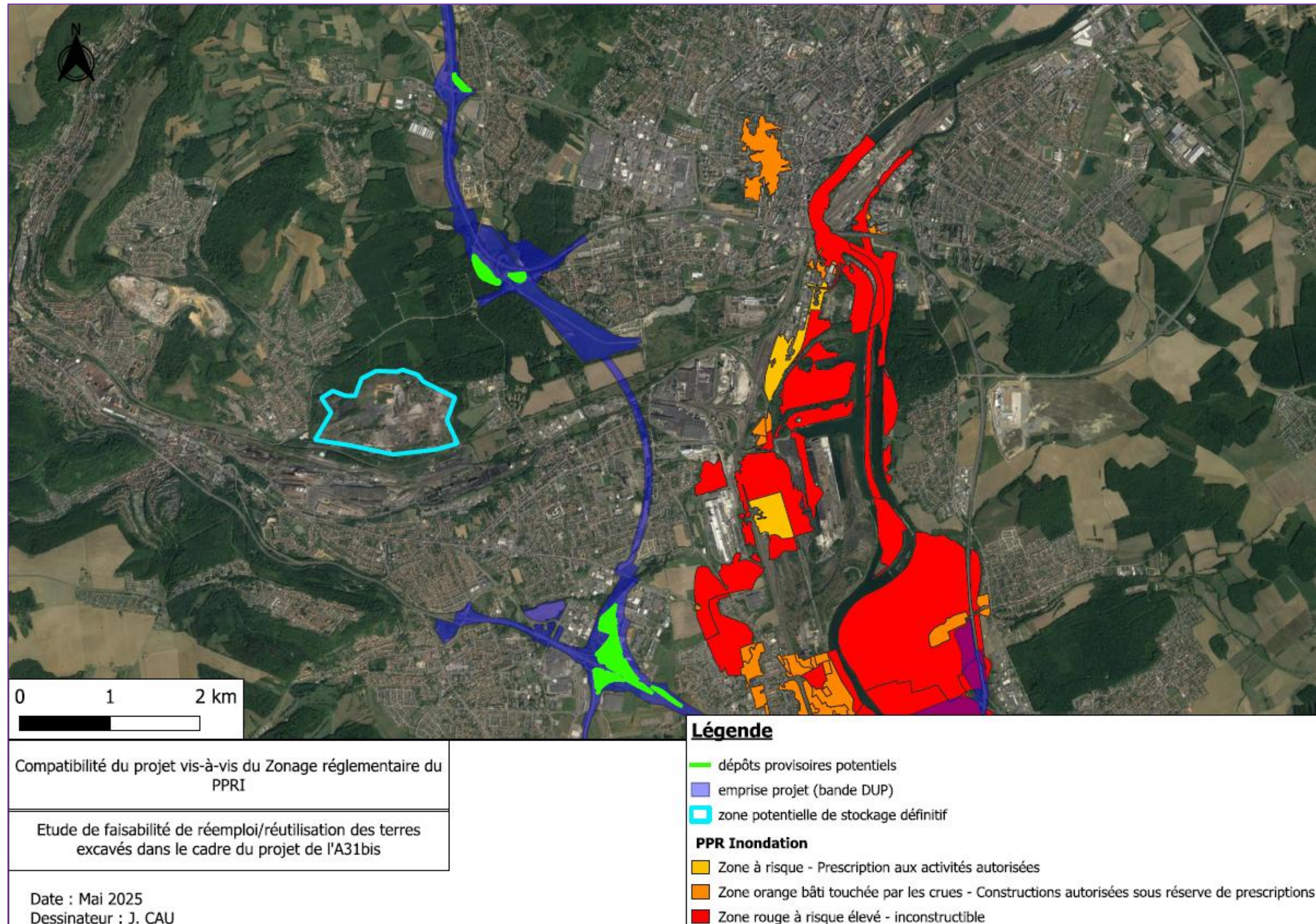


Figure 22 : Compatibilité du projet vis-à-vis du PPRI (Zoom Fameck, Séremange -Erzange et Uckange)

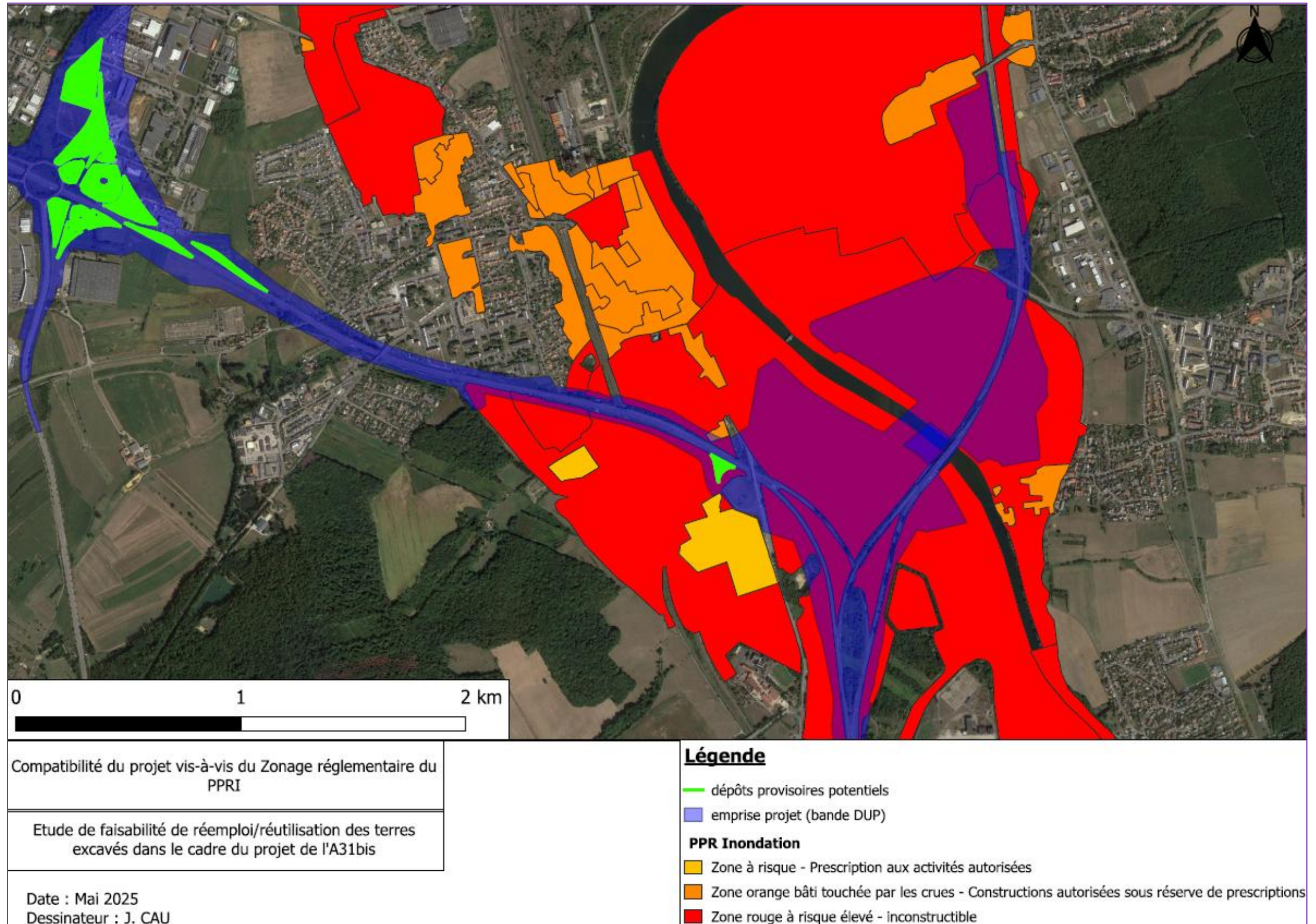


Figure 23 : Compatibilité du projet vis-à-vis du PPRI (Zoom Florange - Richemont)

Au regard de ces éléments, il apparaît que la majorité des zones de stockage sont localisés hors périmètre du PPRI.

Seule la zone de stockage localisée au droit de la commune de Richemont est localisée en zone Rouge du PPRI considérée comme inconstructible. La possibilité de son usage reste donc à déterminer.

9. Modalités de gestion, de contrôles et de traçabilité

Des conditions spécifiques de remise en état sont appliquées selon que le dépôt est temporaire ou définitif. Elles sont détaillées aux deux chapitres suivants relatifs respectivement aux dépôts temporaires et aux dépôts définitifs.

9.1. Modalités de stockage provisoire

Le projet d'aménagement intègre la création de terrains de dépôts définitifs et temporaires des terres excavées.

Les aires de stockage provisoire des déblais doivent pouvoir servir à absorber le flux de déblais et ne pas bloquer l'évacuation en cas de besoin, à stocker les terres pour prélèvements et analyses complémentaires puis tri éventuel si nécessaire.

Les aires de stockage temporaires présenteront à minima les caractéristiques suivantes :

- Des merlons périphériques sur 0,5 m de hauteur, réalisés avec des matériaux extraits sur le site (hors zones polluées) ;
- Un complexe d'étanchéité en vue de garantir l'absence d'impact des matériaux sur le sol sous-jacent (géotextile/géomembrane en PEHD avant dépôt des matériaux).

Ces aires consisteront en une ou plusieurs plateforme(s) d'une superficie et d'une capacité de stockage suffisante (à définir en fonction du phasage de terrassement et d'évacuation). L'aire(s) devra être conçue pour permettre une reprise des tas et un chargement en camion ou barges pour évacuation du site.

Au regard de la réglementation en vigueur, du fait que les terres stockées temporairement sur ces aires seront voués à être éliminées, réutilisées et/ou valorisées hors site, conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, les installations de stockage seront soumises aux rubriques 2517 et 2716 de la nomenclature des installations classées.

Tableau 35 : Rubriques ICPE des installations de stockage

Rubrique	Détail des rubriques ICPE
2517	Station de transit, regroupement ou tri de produits minéraux ou de déchets non dangereux inertes autres que ceux visés par d'autres rubriques La superficie de l'aire de transit étant : - supérieure à 10 000 m ² => E - 5 000 m ² < X < ou égal à 10 000 m ² => D
2716	Transit, regroupement, tri ou préparation en vue de réutilisation de déchets non dangereux non inertes, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715 et 2719 le volume susceptible d'être présent dans l'installation étant : - supérieur ou égal à 1 000 m ³ => E - Supérieur ou égal à 100 m ³ mais inférieurs à 1 000 m ³ => D
2760	Installations de stockage de déchets, à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2720 : 1. Installation de stockage de déchets dangereux autre que celle mentionnée au 4 => (A-2) 2. Installation de stockage de déchets non dangereux autre que celle mentionnée au 3 : a) Dans une implantation isolée au sens de l'article 2, point r) de la directive 1999/31/ CE, et non soumise à la rubrique 3540 => (E) b) Autres installations que celles mentionnées au a => (A-1) 3. Installation de stockage de déchets inertes => (E) 4. Installation de stockage temporaire de déchets de mercure métallique 1. Pour la rubrique 2760-4 : 2. Quantité seuil bas au sens de l'article R. 511-10 : 50 t. => (A-2) 3. Quantité seuil haut au sens de l'article R. 511-10 : 200 t => (A-2)

Des dossiers ICPE spécifique pour les aires de stockage provisoire devront donc être réalisés si les terres stockées sont à valoriser, réutilisées et/ou éliminées hors site en installation de stockage spécifique.

A noter que le délai d'instruction sera notamment dépendant du régime de l'installation classée avec un délai fixé à :

- 2 mois pour un dossier de déclaration
- 5 mois pour un dossier d'enregistrement
- 9 mois à minima pour un dossier d'autorisation environnementale

Rappelons que les matériaux ne prennent pas le statut de déchet s'ils sont stockés sur l'emprise du projet, à ce titre, cette activité de stockage ne serait pas soumise à la réglementation ICPE au sein de l'emprise.

Des dossiers ICPE devraient toutefois être réalisées dans le cadre où des emprises supplémentaires hors bande DUP seraient utilisées pour du stockage des matériaux.

9.2. Modalités de transport des matériaux excavés

Une réflexion sur l'adoption de modes de transport alternatif plus respectueux de l'environnement a pu être menée dans le cadre de ce projet. Certains modes de transport sont plus adaptés à certains types de marchandises. Ainsi, les produits volumineux comme les terres excavées se prêtent mieux au transport ferroviaire ou fluvial, et la massification des envois permet de transporter de grandes quantités à travers des zones de forte congestion routière. Les modes de transport examinés ici sont :

- Le transport fluvial
- Le transport ferroviaire

Le rail présente des avantages économiques et environnementaux par rapport à la route. Il permet le transport de volumes de matériaux conséquent en réduisant le nombre de rotations de transport et facilite la gestion du trafic. En comparaison avec la route et le transport fluvial, le rail offre un bon compromis entre coûts et rapidité sur longue distance.

Cependant, la voie ferroviaire roulant n'est pas toujours adaptée au transport des déblais, surtout lorsque ceux-ci sont très humides. La mise en œuvre du fret ferroviaire requiert une occupation au sol importante pour accueillir les trains et nécessite la présence d'un locotracteur pour les manœuvres, ce qui peut poser des problèmes d'espace disponible.

D'un point de vue technique, le rail est moins flexible que la route pour une activité en flux tendus, entraînant des problèmes d'exploitation fréquents et nécessitant une coordination soutenue entre les acteurs. De plus, les nombreuses manœuvres associées augmentent les risques liés au bruit.

Enfin, la nécessité de réserver des sillons, souvent déjà très utilisés pour le transport de passagers, limite davantage le transport ferroviaire des déblais par rapport au fluvial. Malgré ces problématiques, le transport ferroviaire reste envisageable, bien que moins recommandé que le transport fluvial en raison de sa complexité de mise en œuvre.

Le transport fluvial offre quant à lui la meilleure efficacité énergétique et les coûts les plus bas par tonne-kilomètre. Ce mode de transport est à la fois plus écologique, en raison de sa faible consommation d'énergie et de ses faibles émissions de polluants, et économique, grâce à sa capacité de tonnage supérieure au camion et des transports sur de longue distance.

Tableau 36 : Avantages et inconvénients des modes de transports de matériaux

	Transport routier	Transport ferroviaire & fluvial
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyen de transport direct ; ▪ Moins de manutention ; ▪ Flexibilité ; ▪ Parcours porte à porte ; ▪ Délais de transit courts. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gros volumes ; ▪ Prix compétitifs ; ▪ Peu polluant ; ▪ Alternative à la route bénéficiant de mesures politiques et légales incitatives ; ▪ Convient aux longues distances ; ▪ Horaires d'arrivée fixes sur site.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restriction sur les temps de conduite ; ▪ Saturation et congestion des infrastructures ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besoins de manutentions supplémentaires ▪ Ruptures de charge

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyen polluant ; ▪ Peu recommandé pour de longues distances ; ▪ Augmentation des restrictions légales ; ▪ Incidents nombreux ▪ Coûteux. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dépendance vis-à-vis de la route pour la partie initiale/terminale du transport ; ▪ Moyen de transport non-porte à porte ; ▪ Temps de transit plus long ; ▪ Infrastructures limitées et hétérogènes en Europe ; ▪ Producteur de nuisances sonores ; ▪ Taux d'avaries plus élevé.
---	---

À noter la présence d'un réseau ferroviaire national à proximité du projet et qui pourrait être envisagé pour le transport des matériaux excavés. De même, la proximité de la Moselle vis-à-vis du projet pourrait s'avérer intéressante dans le cadre d'un transport par voie fluviale de matériaux excavés sur une distance importante.

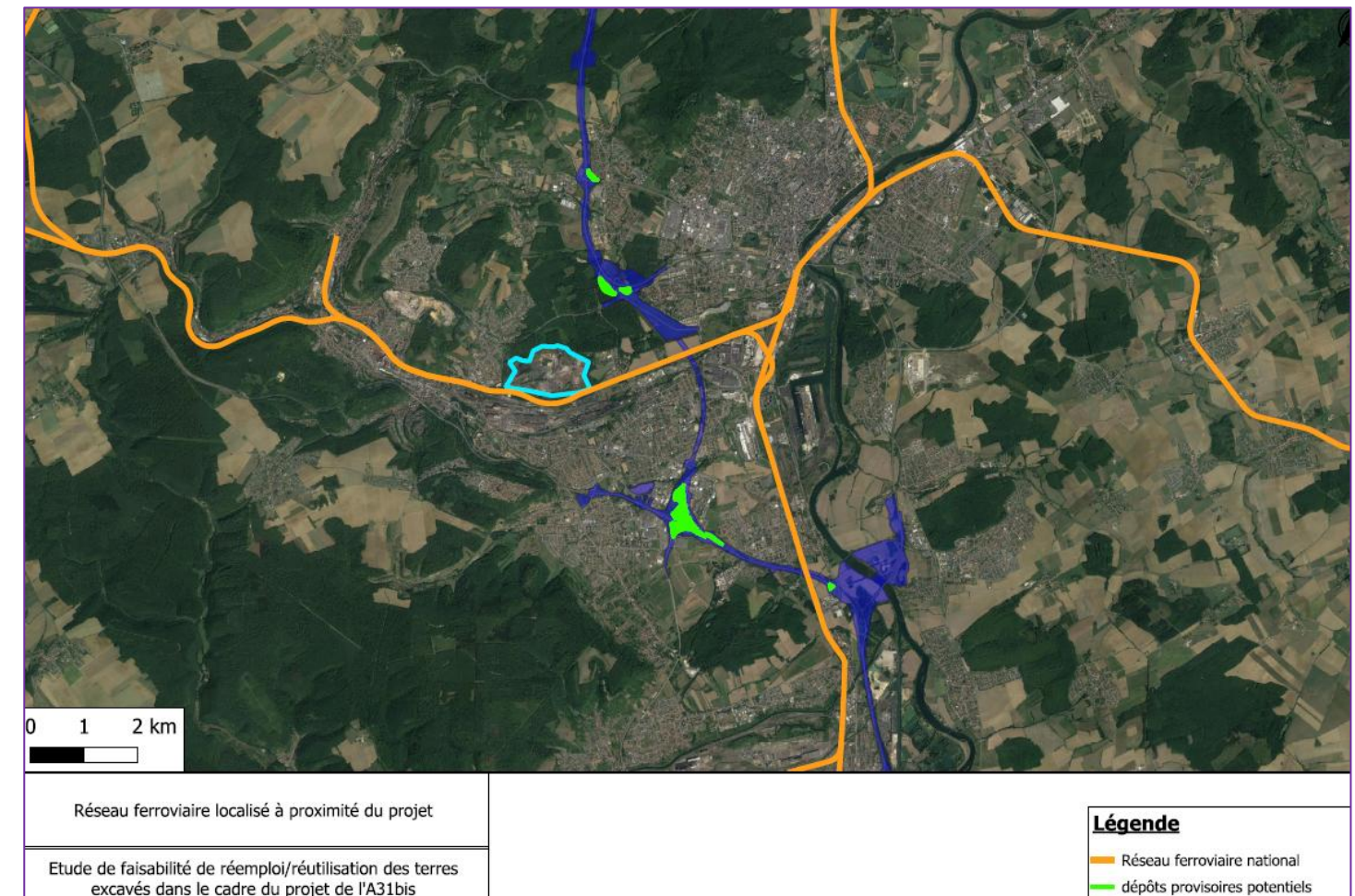


Figure 24 : Localisation du réseau ferroviaire à proximité du projet

9.3. Modalités de remise en état et de contrôle des dépôts définitifs

9.3.1. Accord des propriétaires des parcelles

L'accord du propriétaire est réputé acquis dans le périmètre de la bande DUP. L'accord des propriétaires des parcelles concernées par les dépôts qui sont extérieures au périmètre de l'arrêté de cessibilité est transmis au préfet avant l'aménagement des sites de dépôts définitifs. Il est tenu à la disposition des services de contrôle compétents.

Le bénéficiaire est en mesure de justifier à tout moment à la date du premier dépôt de terres excavées qu'il a obtenu le droit d'aménager et exploiter les dépôts définitifs implantés sur des parcelles extérieures à l'arrêté de cessibilité de la part des propriétaires des parcelles concernées par des dépôts définitifs qui sont à l'extérieur au périmètre de l'arrêté de cessibilité (sous la forme de la convention précitée).

9.3.2. Déchargement et contrôle des terres excavées

Le déchargement des terres excavées se fera directement dans la zone de stockage définitive ou provisoire.

Les modalités de ce contrôle comprennent la mise en place une organisation permettant de garantir la conformité des terres entreposées en fonction de leurs conditions d'admission en dépôt définitif.

Des contrôles aléatoires par analyse physico-chimique pourront être réalisés sur les matériaux mis en dépôt définitif dans le but de valider la caractérisation préalable associée. Les résultats de ces analyses physico-chimiques et les conclusions sur l'évaluation de la conformité des matériaux mis en dépôt définitif seront consignés dans un registre.

9.3.3. Modalités de restitution des dépôts définitifs

Un rapport détaillé de la remise en état de chaque site de dépôts et modelés paysagers sera établi et comprendra :

- Les coordonnées géographiques du dépôt ;
- son plan final conforme aux exigences en matière d'intégration paysagère
- les données de la remise en état pour un usage agricole en conformité avec les protocoles rédigés en concertation avec les chambres d'agriculture concernées ;
- La liste des mailles admises sur le dépôt – extrait du registre des mouvements des matériaux à l'échelle du chantier et les données sur ces mailles contenues dans le registre (localisation du lieu d'excavation, qualité des terres et résultats des contrôles en phase chantier, période d'excavation et de dépôt, volumes) ;
- Le code déchet de chaque lot (en l'occurrence 17 05 04 : terres et cailloux autres que ceux visés à la rubrique 17 05 03) ;
- Les résultats des contrôles en phase travaux sur les modelés paysagers.

Des analyses physico-chimiques et différents essais pourront être par ailleurs réalisés sur les sites de dépôts préalablement au premier apport de matériaux. Ces mêmes analyses et essais seront réalisées sur ces sites après l'achèvement de la remise en état des sites afin de valider le maintien de leur qualité.

Des analyses géotechniques et agropédologiques telles que l'identification du degré de compactage et la mesure de l'enherbement du site et autres analyses spécifiées dans les protocoles rédigés en concertation avec les chambres d'agriculture concernées pourront également être prévues.

La conformité de la remise en état sera réputée satisfaite si les résultats des analyses effectuées démontrent que la qualité environnementale du site de dépôt est conservée.

9.3.4. Attestation de conformité

Dans le cadre de l'application de l'arrêté du 21 décembre 2021 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les terres naturelles excavées issues de grands projets d'aménagement ou d'infrastructure notamment adapté aux dépôts définitifs identifiés dans le cadre du projet, le producteur ou détenteur des déblais est tenu d'établir une attestation de conformité.

Cette attestation vise à garantir que les terres concernées ne relèvent plus de la réglementation applicable aux déchets et peuvent être utilisées comme matériaux produits. Elle est indispensable pour sécuriser juridiquement les opérations de valorisation et éviter que les matériaux soient soumis aux obligations ICPE (notamment la rubrique 2760 relative au stockage définitif de déchets).

L'attestation de conformité doit certifier que :

- Les déblais sont destinés à un usage précis et défini dès l'amont du projet.
- Il existe une demande ou un marché effectif pour cet usage, garantissant que les matériaux trouvent un exutoire réel.
- Les déblais répondent aux exigences techniques et aux normes applicables, notamment en matière de qualité, de sécurité et de compatibilité avec l'usage prévu.
- Leur utilisation ne présente pas de risque global pour l'environnement ni pour la santé humaine.

Le producteur ou détenteur est responsable de :

- Établir et signer l'attestation, sur la base des éléments de traçabilité et des résultats des contrôles réalisés.
- Transmettre l'attestation au destinataire, lorsque cela est requis par un arrêté spécifique.
- Conserver l'attestation pendant au minimum cinq ans, ou pour la durée précisée par le texte réglementaire applicable, afin de pouvoir la présenter à tout moment aux autorités compétentes (notamment aux inspecteurs de l'environnement habilités).

Par ailleurs, la mise en œuvre de la procédure de sortie du statut de déchet doit s'appuyer sur un dispositif de gestion qualité, couvrant :

- Le respect des critères réglementaires définis,
- Les contrôles internes ou réalisés par un organisme tiers accrédité, selon les cas,
- La conservation des échantillons et des rapports de contrôle pendant les durées minimales prévues.

Pour certains flux spécifiques (par exemple, les terres excavées ou les sédiments), l'intervention obligatoire d'un organisme tiers accrédité est prévue afin de valider la conformité des lots préparés. L'organisme tiers remet un rapport d'expertise à l'opérateur, lequel doit ensuite être transmis au représentant de l'État (préfet).

En cas de non-conformité constatée, les matériaux conservent leur statut de déchet et ne peuvent en aucun cas être considérés comme produits valorisables.

Concernant les terres excavées, le recours à un organisme tiers accrédité est obligatoire afin de valider la conformité aux critères réglementaires.

Dans ce cadre, l'opérateur en charge de la valorisation doit :

- Collecter et archiver toutes les informations relatives aux déchets entrants dans le processus ;

- Conserver un échantillon représentatif de chaque lot :
 - jusqu'au premier contrôle tiers post-préparation ;
 - puis pendant au moins trois ans après la date mentionnée sur l'attestation de conformité matérialisant la fin du statut de déchet.

L'organisme tiers transmet un rapport d'expertise à l'opérateur, qui doit être impérativement communiqué au représentant de l'État (préfet).

En cas de non-conformité constatée, les lots concernés conservent leur statut de déchet et ne peuvent en aucun cas être valorisés ni être considérés comme produits.

9.4. Modalités de traçabilité des matériaux

Le système de gestion des matériaux fera en sorte que chaque mouvement de matériaux d'un site d'excavation vers sa destination finale (remblais, mise en dépôts ou exutoire hors site) soit défini et identifiable facilement, tout en respectant la réglementation en vigueur. Ce système de gestion correspondra à un registre des mouvements des terres qui sera corrélé aux espaces définis sur plan

9.4.1. Registre des mouvements des matériaux – à l'échelle du chantier

La mise en place d'un système qualité dédié à la gestion des mouvements de matériaux sera un élément crucial dans la logistique de gestion des volumes excavés.

Il permettra d'assurer la traçabilité des matériaux excavés, et de définir et tracer l'origine (date et lieu d'excavation selon le maillage dont les grands principes sont présentés ci-avant), le type de matériaux (terre et déchet d'aménagement urbain), la qualité géochimique et géotechnique et la destination des matériaux (réemploi ou exutoire définitif), sur des registres chronologiques.

Cette traçabilité permettra de connaître en temps réel l'emplacement et la nature des différents dépôts selon l'évolution du chantier, et donc de connaître les zones les plus à risque.

Dans le cas des déblais excavés dans le cadre du projet, les éléments d'information suivants seront notamment saisis dans le registre :

- Le lieu de provenance du sol (SSP ou non, et précision du lot selon le maillage retenu pour le chantier) ;
- Le lieu de destination temporaire ou définitif (dénomination de l'ouvrage en terre, du site de transit, du dépôt ou de l'exutoire hors site afférents) ;
- La date d'excavation ou selon le cas de rechargement pour les terres excavées ;
- La typologie du sol et sa qualité géochimique et géotechnique selon la caractérisation de base appliquée à l'identification de la maille ;
- Le résultat du contrôle de conformité organoleptique réalisé sur les matériaux de cette maille qui valide la nature non dangereuse et inerte des matériaux – en cas de non-conformité, la maille ou partie de maille concernée changera de qualité et sera suivi, dans le registre comme une maille provenant de site contaminé ;
- Le volume estimatif transporté.

Le lot de base qui sera identifié dans ce registre sera la maille retenue dans le mouvement de terres (de taille variable) et non pas l'unité de transport (camion, ...).

Cependant, en ce qui concerne les évacuations en dehors des emprises de chantier (élimination hors site en exutoire ou réutilisation sur des sites tiers ne relevant pas de la maîtrise d'ouvrage), le registre sera tenu en conformité avec la réglementation déchet à savoir à l'unité de transport notamment afin de contrôler les tonnages/volumes reçu par les exutoires hors site et/ou réutilisation sur site tiers.

Le registre sera complété notamment par :

- Un synoptique des mouvements des terres : la mise à jour régulière de ce synoptique permet une vision à l'échelle globale du projet (origine, destination, volume)
- Un plan de récolement : Etabli en fin de chantier, ce plan comportera une description précise des zones de mise en œuvre de ces matériaux valorisés sur site (réemploi)

En cas de terres identifiées comme étant pollués lors de découverte fortuite, les informations seront les mêmes avec en complément :

- les données de caractérisation physico chimique et leur interprétation disponibles (inerte ou non, dangereux ou non notamment)
- et le registre sera plus détaillé et sera tenu à l'unité de transport (camion, barge, ...).

Toutes ces informations seront enregistrées et conservées. Le registre pourra être tenu en format papier ou informatique. Il sera conservé pendant au moins 5 ans et tenu à la disposition des services de contrôle compétents.

Dans le cas de l'évacuation hors site des matériaux, les matériaux évacués en filière de gestion hors site ne feront pas l'objet d'un plan de récolement mais un bilan des quantités par filières/exutoires sera édité.

Les terres excavées et autres matériaux de déconstruction qui sortiront du site relèvent de la traçabilité associée au contrôle des circuits de traitement des déchets conformément aux dispositions des articles R. 541-42 à R.541-48 du code de l'environnement. Il est rappelé que ces terres et sédiments prennent également le statut de déchets.

Conformément à ces dispositions, il sera tenu à jour un registre chronologique de l'expédition des déchets. Ce registre sera établi conformément aux dispositions nationales et contiendra au moins, pour chaque flux les informations suivantes :

- la date de l'expédition ou la date d'admission ;
- la localisation du lieu de prise en charge des matériaux (localisation du stockage temporaire ou de la zone d'extraction ou démolition) ;
- la nature des déchets (code du déchet au regard de la nomenclature définie à l'article R. 541-8 du code de l'environnement) ;
- lorsqu'elles sont disponibles, les données issues de la caractérisation chimique ;
- la quantité exprimées en tonnes ;
- la raison sociale, le numéro SIRET et l'adresse de l'installation vers laquelle les matériaux sont expédiés, et dans le cas d'une valorisation la précision de l'usage associé ;
- la raison sociale, le numéro SIRET et l'adresse du ou des transporteurs qui prennent en charge les matériaux, ainsi que leur numéro de récépissé mentionné à l'article R. 541-53 du code de l'environnement ;
- le cas échéant, la raison sociale et le numéro SIRET du courtier ou du négociant, si les matériaux sont gérés par un courtier ou un négociant ;
- le cas échéant, le numéro du ou des bordereaux de suivi des déchets ou des terres excavées (en cas de valorisation) ;

- le cas échéant, le numéro de notification prévu par le règlement (CE) n° 1013/2006 du Parlement européen et du Conseil du 14 juin 2006 concernant les transferts transfrontaliers de déchets ;
- le code du traitement qui va être opéré dans l'installation vers laquelle les matériaux sont expédiés, selon les annexes I et II de la directive n° 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives ;
- la qualification du traitement final vis-à-vis de la hiérarchie des modes de traitement définie à l'article L. 541-1 du code de l'environnement.

9.4.2. Registre des mouvements des matériaux – à l'échelle nationale

Le cadre législatif a évolué avec la loi AGEC (Anti-gaspillage et Economie Circulaire), avec notamment l'article 117 de la loi AGEC relatif à la traçabilité qui implique des obligations de tenir et de déclarer sur de nouveaux outils numériques nationaux, les registres chronologiques de gestion de terres excavées et sédiments, y compris hors statut de déchet. À cet effet, le décret relatif à la traçabilité est paru au Journal Officiel le 25/03/2021.

Pour le chantier, cela implique :

- La déclaration d'informations au registre national électronique des déchets,
- La déclaration d'informations au registre national électronique des terres excavées et sédiments pour les terres valorisées en dehors du site (emprise travaux dans la limite de trente kilomètres entre l'emplacement de leur excavation et l'emplacement de leur utilisation au sein de l'emprise des travaux)
- L'utilisation du système de gestion électronique des bordereaux de suivi de déchets (pour les déchets dangereux et/ou contenant des POP – polluants organiques persistants).

L'obligation de transmission des informations au niveau nationale est effective depuis le 1er janvier 2022.

10. Poursuite de l'étude

Dans le cadre de la poursuite du projet, une campagne de caractérisation physico-chimique des matériaux excavés sera engagée afin de fiabiliser la stratégie de gestion des déblais. Il s'agira notamment de réaliser des analyses complémentaires au droit des sites caractérisés et ayant montré des problématiques de matériaux impactés de manière à délimiter spatialement l'impact des matériaux, d'en fiabiliser le volume concerné et mettre en place les mesures de gestion associées.

La suite des études visera à consolider les hypothèses de gestion établies à ce stade, notamment en intégrant :

- La fiabilisation des cubatures générés par le projet de manière à confirmer le volume de matériaux excédentaires et définir leurs modalités de gestion en conséquent ;
- Initier la poursuite de l'étude de formulation menée par Néo-Eco afin de fiabiliser le potentiel d'une telle piste de gestion des matériaux excédentaires ;
- La réalisation d'analyses complémentaires au droit de la zone excavé au tunnelier pour confirmer la problématique de relargage des matériaux lié à la présence de pyrite pré-identifiées dans les échantillons réalisés. Elles consisteront en la réalisation de nouvelles analyses de la teneur en sulfures, du rapport NP/AP et pourront être couplés à des essais dit cinétiques qui permettront de fiabiliser le caractère acidogène ou non-acidogène des matériaux.
- Le cas échéant, les mesures de gestion liées à la problématique de pyrite des matériaux et du potentiel de relargage des matériaux rencontrés.
- L'étude du potentiel de refertilisation des sols et notamment des lithologies profondes extraites dans le cadre du creusement au tunnelier via la réalisation d'analyses agronomiques sur les matériaux extraits.
- L'évaluation de la faisabilité logistique et économique des différentes filières (transport, surface de stockage requise, coûts de traitement, contraintes calendaires),
- La fiabilisation du besoin en stockage temporaire sur site ou à proximité, afin de garantir la mise en œuvre d'une stratégie de réemploi efficace, en tenant compte du décalage potentiel entre les phases de production et de réutilisation des matériaux ;
- La prise de contact avec les services fonciers des communes où des surfaces de stockage ont pu être identifiées de manière à fiabiliser la disponibilité des surfaces à date des travaux et, le cas échéant, le démarrage des procédures d'acquisition ou de convention d'occupation temporaire
- La mise en place d'un dialogue avec les acteurs des filières identifiées (exploitants de carrières, gestionnaires d'ISDI/ISDND, gestionnaires de friches ou de sites en reconversion) afin de sécuriser les exutoires potentiels,

- Une réflexion sur les adaptations éventuelles du phasage travaux pour optimiser les flux de déblais et limiter le stockage temporaire. Notons que cette réflexion restera toutefois hautement hypothétique, car dépendante du futur concessionnaire.

Cette démarche permettra de consolider une stratégie de gestion fiabilisée, conforme aux exigences réglementaires, techniquement et économiquement réaliste.

11. Annexes

11.1. Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4

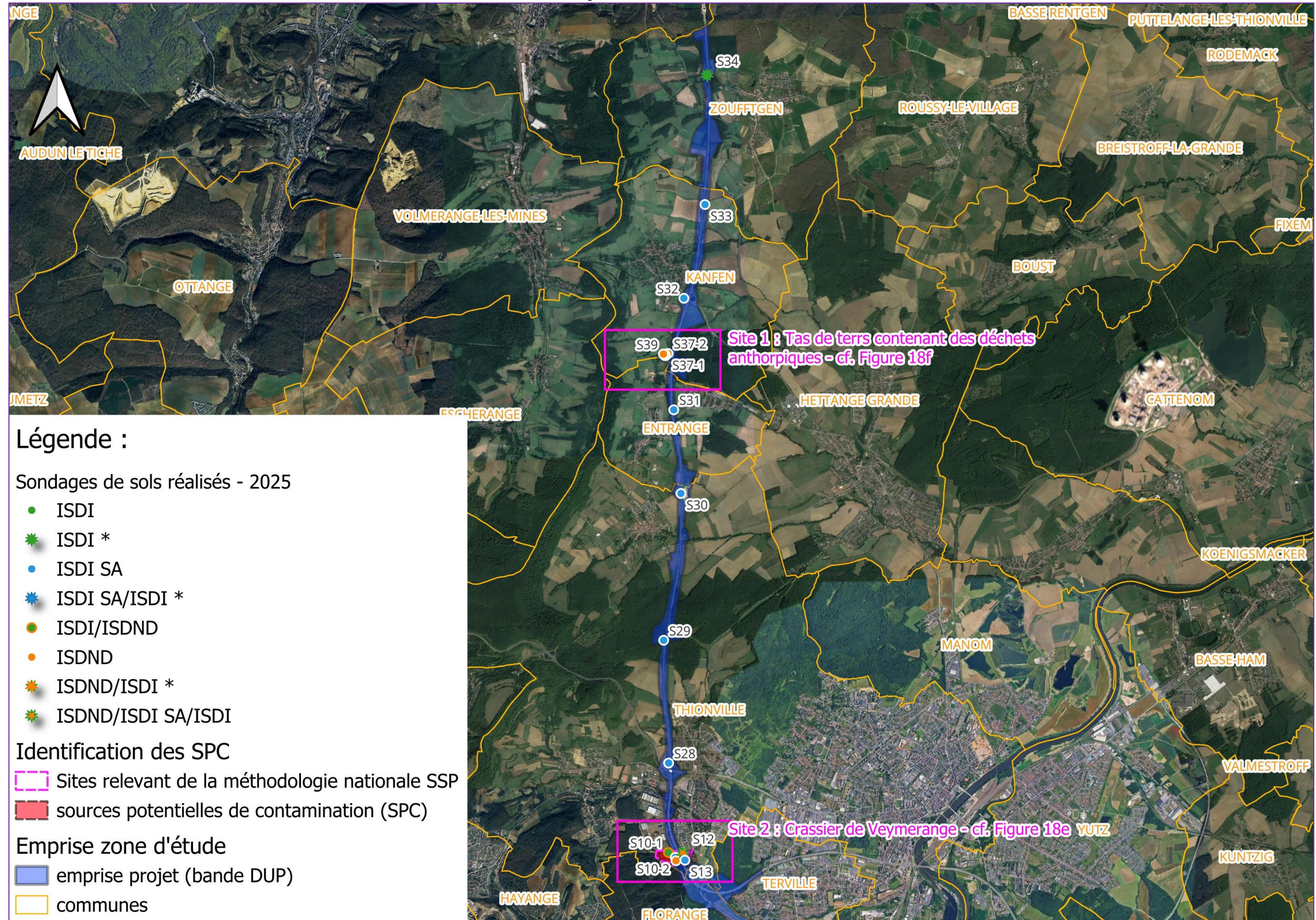
11.2. Localisation des sondages et qualité chimique associée

NB . Différents packs analytiques associés à des objectifs de caractérisation distincts ont pu être réalisés. Il apparaît que les analyses réalisées sur les sites identifiés comme relevant de la méthodologie nationale des sites et sols pollués ne suffisent pas à confirmer de manière fiable le caractère inerte des matériaux prélevés.

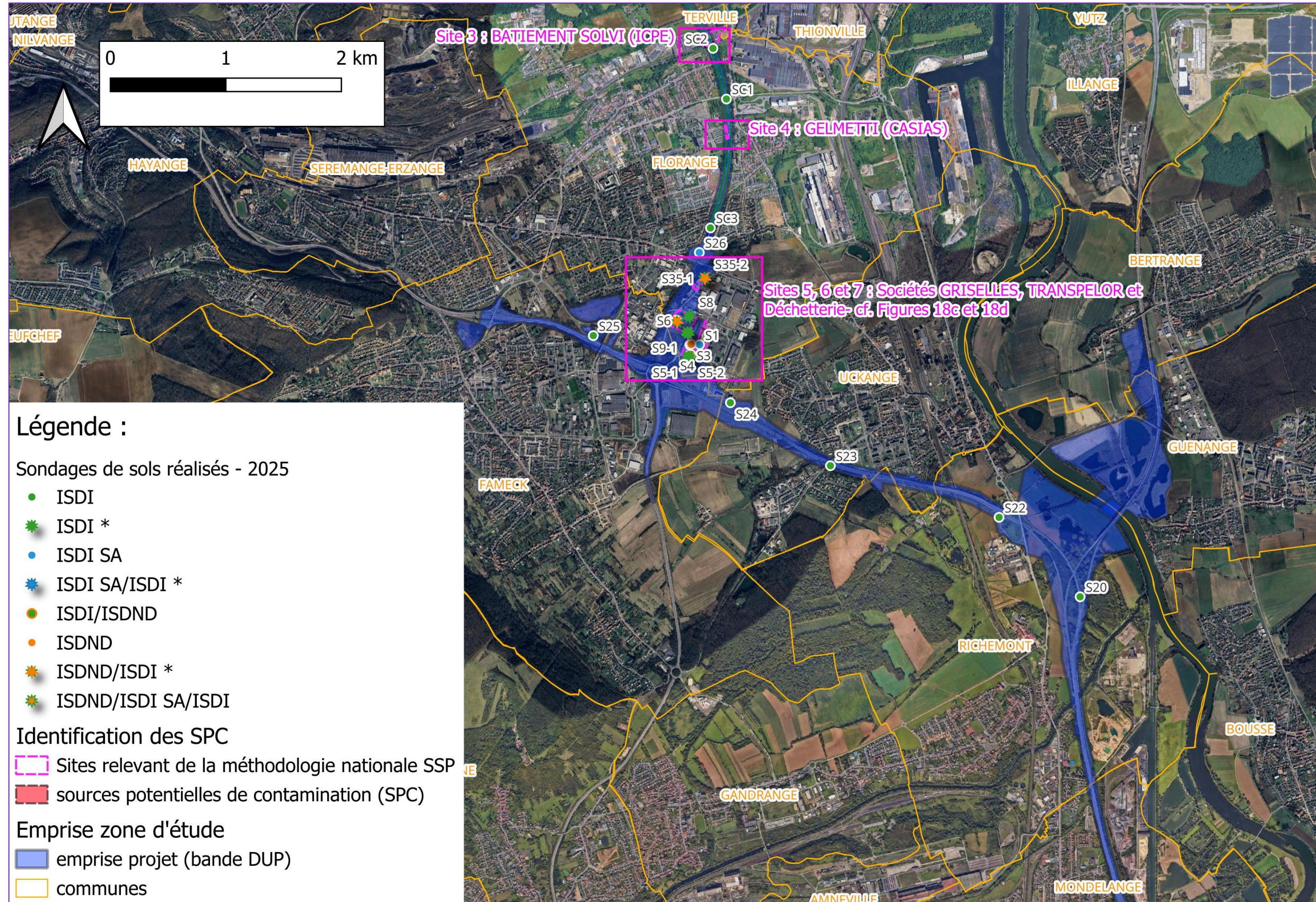
En effet, ce caractère est notamment déterminé en comparant les concentrations en métaux dans l'éluât et les concentrations en composés organiques dans l'échantillon brut aux valeurs de référence fixées par l'arrêté du 12 décembre 2014. Le caractère inerte des matériaux pourra toutefois en partie être appréhendé via la comparaison des concentrations sur brut en polluant organique (donc en Hydrocarbures, HAP, BTEX et PCB) mesuré sur ces échantillons.

Aussi, dans le cadre des différentes cartographies suivantes, la qualité chimique des matériaux associés à certains sondages présentant un astérisque, sera estimée uniquement sur la base d'une comparaison des concentrations en contenu total brut. Des analyses sur métaux sur éluat permettront de fiabiliser le caractère inerte ou non des matériaux.

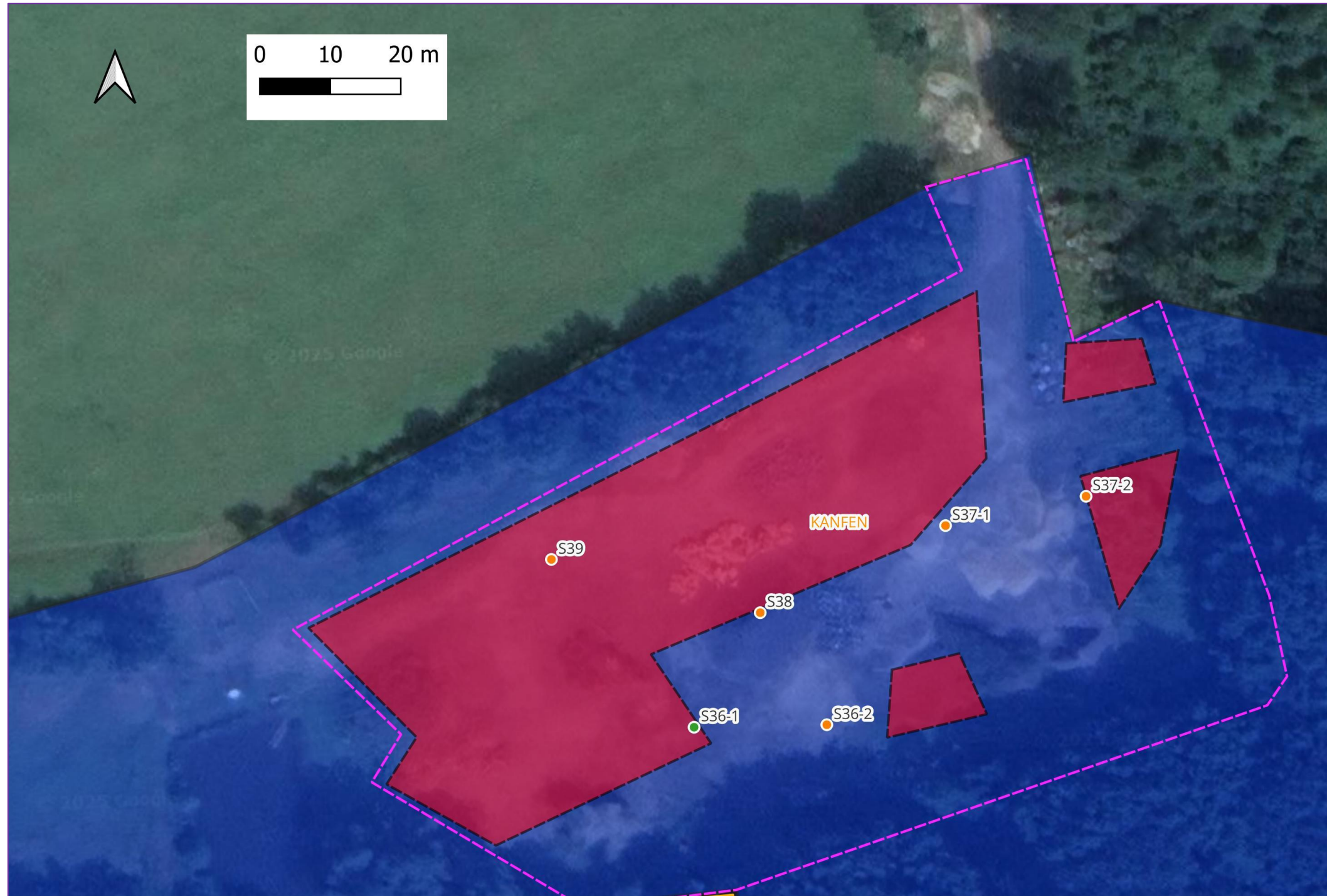
Sondage réalisé au droit du linéaire



Sondage réalisé au droit du linéaire



Sondage réalisé au droit du Site 1



Légende :

Sondages de sols réalisés - 2025

- ISDI
- ✱ ISDI *
- ISDI SA
- ✱ ISDI SA/ISDI *
- ISDI/ISDND

- ISDND
- ✱ ISDND/ISDI *
- ✱ ISDND/ISDI SA/ISDI

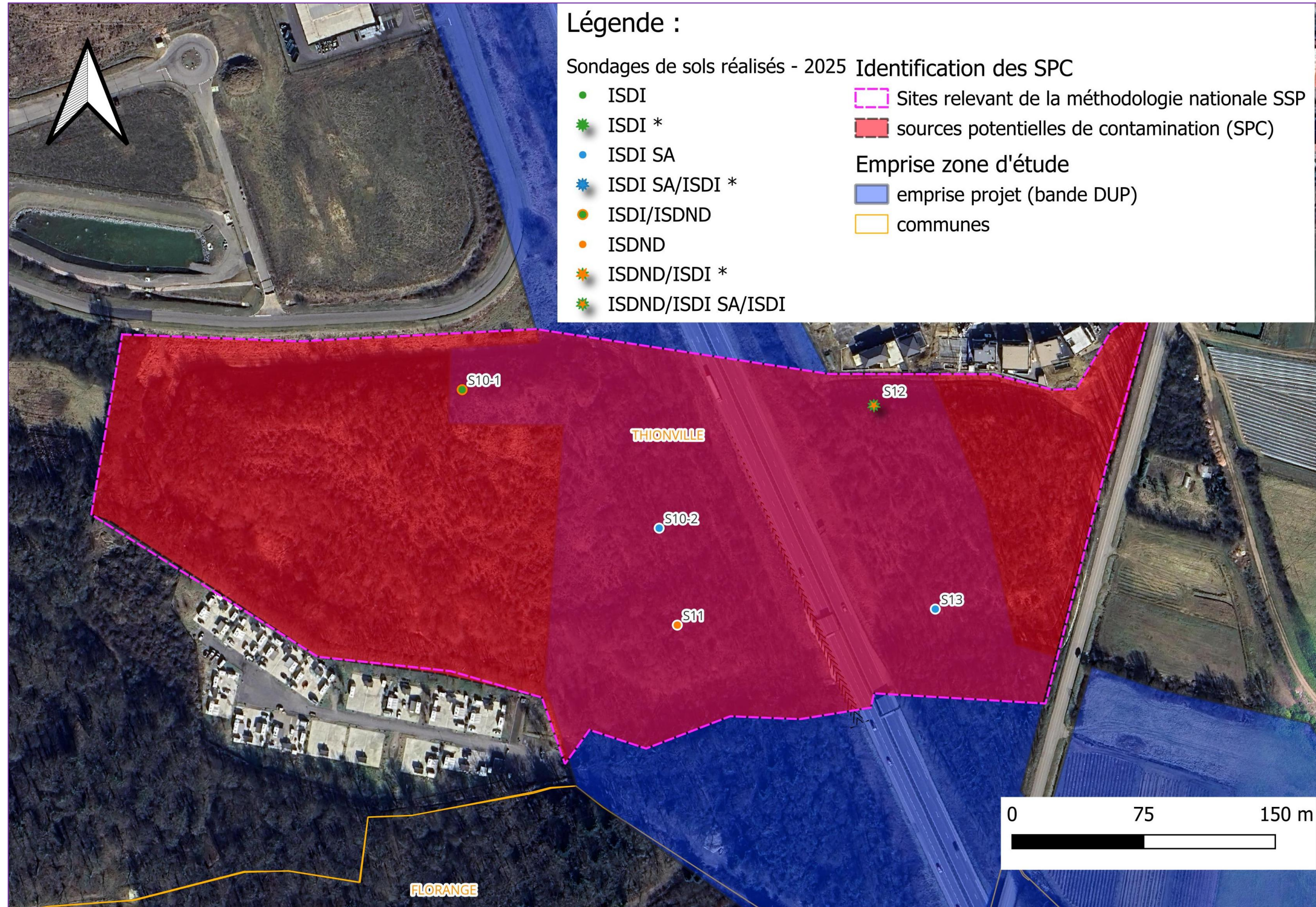
Identification des SPC

- Sites relevant de la méthodologie nationale SSP

■ sources potentielles de contamination (SPC)

- Emprise zone d'étude
- emprise projet (bande DUP)
- communes

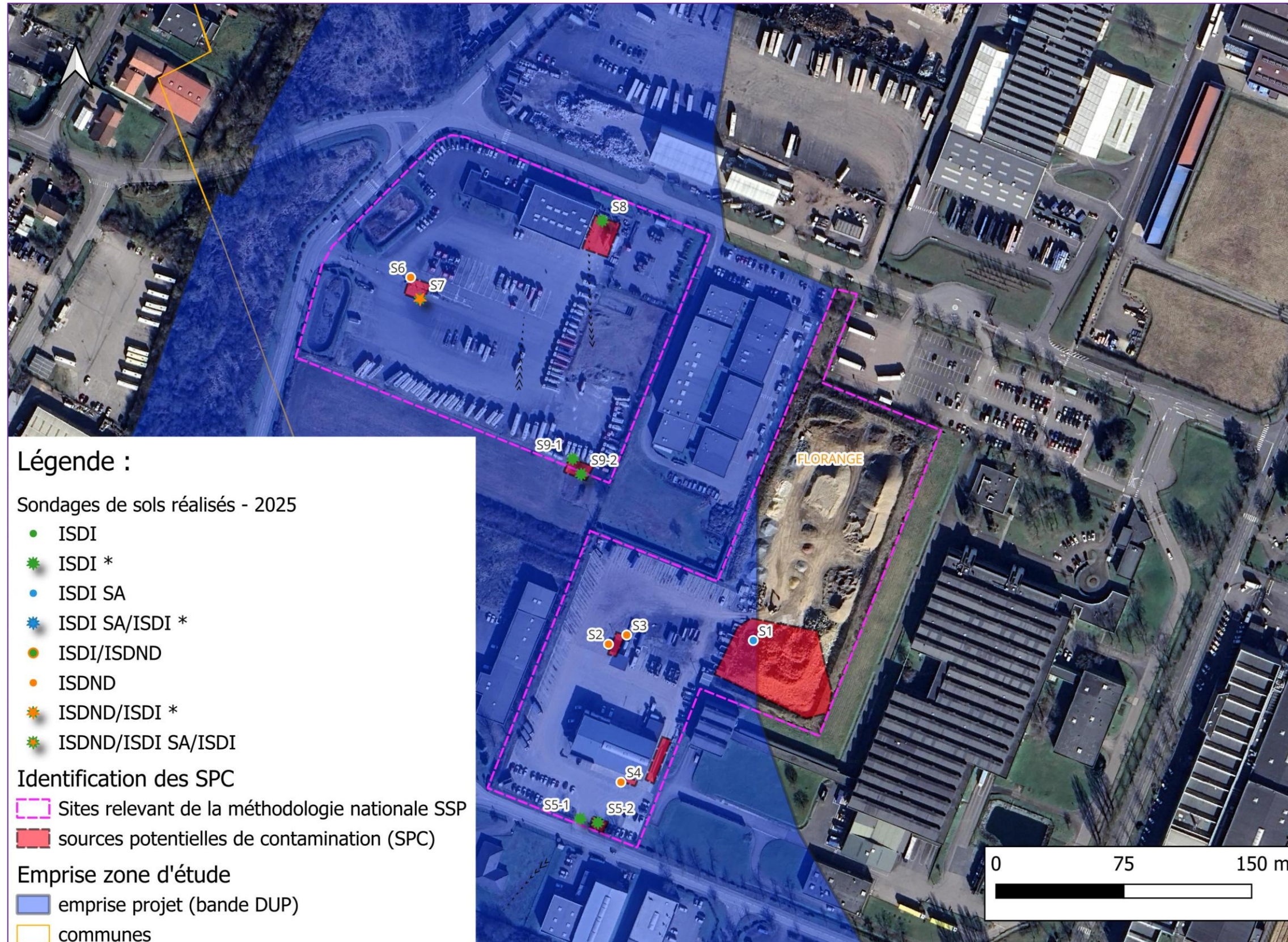
Sondage réalisé au droit du Site 2



Sondage réalisé au droit du Site 5



Sondage réalisé au droit du Site 6 et Site 7



11.3. Équilibre déblais remblais détaillé

	Équilibre déblais-remblais				Équilibre TV			Total
	Déblais	Besoin (Remblais et couche de forme)	Excédent ou déficit de matériaux	Volume cumulé à gérer	Décapage	Terre Végétale sur Talus (m3)	Excédent ou déficit de TV	Volume cumulé à gérer
janv-29	-	-	-	-	22 716	-	22 716	22 716
févr-29	-	-	-	-	22 716	-	22 716	45 433
mars-29	8 667	-	8 667	8 667	33 316	-	33 316	87 416
avr-29	8 667	-	8 667	17 333	23 683	-	23 683	119 765
mai-29	25 674	-	25 674	43 007	23 683	-	23 683	169 122
juin-29	104 841	5 138	99 703	142 710	51 465	-	51 465	320 291
juil-29	87 834	5 138	82 696	225 406	40 865	-	40 865	443 852
août-29	131 451	37 475	93 976	319 383	40 865	-	40 865	578 694
sept-29	122 785	37 475	85 310	404 693	46 490	-	46 490	710 494
oct-29	122 785	53 797	68 988	473 680	46 490	-	46 490	825 972
nov-29	102 070	18 994	83 076	556 756	44 007	1 381	42 626	951 674
déc-29	102 070	18 994	83 076	639 832	22 457	1 381	21 076	1 055 826
janv-30	92 970	46 753	46 217	686 049	16 832	1 381	15 451	1 117 494
févr-30	92 970	64 997	27 973	714 022	16 832	1 381	15 451	1 160 918
mars-30	92 970	64 997	27 973	741 995	16 832	1 381	15 451	1 204 341
avr-30	92 970	64 997	27 973	769 967	16 832	1 381	15 451	1 247 765
mai-30	70 579	101 462	- 30 883	739 084	16 832	-	16 832	1 233 714
juin-30	70 579	101 462	- 30 883	708 201	16 832	-	16 832	1 219 663
juil-30	70 579	101 462	- 30 883	677 318	-	3 475	- 3 475	1 185 305
août-30	70 579	101 462	- 30 883	646 435	-	3 475	- 3 475	1 150 947
sept-30	70 579	101 462	- 30 883	615 552	-	11 382	- 11 382	1 108 682
oct-30	70 579	101 462	- 30 883	584 668	-	11 382	- 11 382	1 066 418
nov-30	70 579	83 218	- 12 639	572 030	-	7 907	- 7 907	1 045 872
déc-30	113 685	131 877	- 18 193	553 837	-	20 239	- 20 239	1 007 441
janv-31	70 067	131 877	- 61 810	492 027	-	20 239	- 20 239	925 392
févr-31	70 067	131 877	- 61 810	430 216	-	20 239	- 20 239	843 342
mars-31	70 067	131 877	- 61 810	368 406	-	20 239	- 20 239	761 293
avr-31	97 028	131 877	- 34 849	333 557	-	20 239	- 20 239	706 206
mai-31	97 028	131 877	- 34 849	298 708	-	20 239	- 20 239	651 118
juin-31	97 028	70 737	26 291	324 999	-	9 638	- 9 638	667 771
juil-31	114 036	84 594	29 442	354 441	-	11 019	- 11 019	686 195
août-31	43 969	35 934	8 035	362 476	-	3 170	- 3 170	691 059
sept-31	43 969	35 934	8 035	370 510	-	3 170	- 3 170	695 924
oct-31	43 969	35 934	8 035	378 545	-	3 170	- 3 170	700 788
nov-31	43 969	35 934	8 035	386 580	-	3 170	- 3 170	705 653
déc-31	43 969	35 934	8 035	394 614	-	3 170	- 3 170	710 517
janv-32	26 962	35 934	- 8 972	385 642	-	3 170	- 3 170	698 375
févr-32	26 962	35 934	- 8 972	376 669	-	3 170	- 3 170	686 232
mars-32	26 962	13 856	13 105	389 775	-	1 381	- 1 381	389 775
avr-32	26 962	13 856	13 105	402 880	-	1 381	- 1 381	402 880

11.4. Détail des friches dans un rayon de 5 km autour du projet

Nom du site	Département	Commune	Producteur	Statut	Type	Surface (ha)	Distance
Kleine Henzel	57	Florange (57221)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche ferroviaire	3.21	Dans l'emprise de la bande DUP
Crassier de Veymerange 2	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	2.02	Dans l'emprise de la bande DUP
Industrie du bois	57	Terville (57666)	Site BASIAS ou BASOL non vérifié par le CEREMA	Friche potentielle	Inconnu	0.15	895
Moulin de Daspich	57	Florange (57221)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Mixte	0.46	Dans l'emprise de la bande DUP
Boucle Maurice ravel	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Autre	1.98	2128
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 (Dossier N° 3723774) -	57	Thionville (57672)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	1.98	2128
Site EDF-GDF	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Autre	1.28	2844
Gassion sud	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	4.85	2857
Chemin du Leidt	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche ferroviaire	1.54	2947
Gassion nord	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	1.95	2979
Ancienne station d'épuration	57	Florange (57221)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Autre	3.05	3086
Gassion est	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	0.84	3112
Atelier de fabrication d'acide sulfurique	57	Thionville (57672)	Site BASIAS ou BASOL non vérifié par le CEREMA	Friche potentielle	Inconnu	0.02	3163
Lidl libération	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche commerciale	0.4	3174
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 (Dossier N° 3730399) -	57	Serémange-Erzange (57647)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.28	3492
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 3ième édition (Dossier N° 8750401) -	57	Thionville (57672)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Friche d'habitat	0.45	3526
Serémange-Erzange - anciennes archives	57	Serémange-Erzange (57647)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Autre	0.28	3689
Appel à projet Fonds Vert 2023 - SERÉMANGE-ERZANGE -	57	Serémange-Erzange (57647)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Friche hospitalière	0.03	3699
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 2nde édition (Dossier N° 5156808) -	57	Serémange-Erzange (57647)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.13	3746
Côte des Roses- Bel Air	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Inconnu	2.98	3769
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 (Dossier N° 3624701) -	57	Thionville (57672)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	2.98	3769
Thionville crs 36	57	Manom (57441)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche militaire	2.04	3806
Grands bureaux wendel	57	Hayange (57306)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	0.75	3906
Anciennes tours cormontaigne	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Autre	1.89	4007
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 (Dossier N° 3684503) -	57	Thionville (57672)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.64	4017
La Platinerie	57	Hayange (57306)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	2.6	4149

Lidl de Guise	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche commerciale	0.47	4175
Appel à projet Fonds Vert 2023 - Ancien CTR -	57	Yutz (57757)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.39	4280
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 3ième édition (Dossier N° 7890261) -	57	Hayange (57306)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Friche commerciale	0.21	4554
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 2nde édition (Dossier N° 5872362) - friche : Ancien LIDL Centre-Ville Hayange	57	Hayange (57306)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.22	4555
Thionville - emc2	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	0.55	4622
Rue de la Marne	57	Hayange (57306)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	0.67	4677
ZAC Rive gauche Sud	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche d'équipement public	3.06	4695
Site SOTRASI	57	Thionville (57672)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Mixte	0.38	4788
Atelier de serrurerie et constructions métalliques avec forge	57	Yutz (57757)	Site BASIAS ou BASOL non vérifié par le CEREMA	Friche potentielle	Inconnu	0.35	4848
Uckange - champagnerie	57	Uckange (57683)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	1.33	5007
Appel à projet Fonds Vert 2023 - Parc du Haut Fourneau U4 à Uckange -	57	Uckange (57683)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.31	5030
Rff	57	Uckange (57683)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche ferroviaire	0.89	5264
Appel à projet Fonds Vert 2023 - Friche Rue Neuve -	57	Uckange (57683)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.03	5410
Mine Ste-barbe	57	Algrange (57012)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche industrielle	0.58	5423
Mine Sainte-Barbe suite	57	Algrange (57012)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	1.28	5462
Frizzarin	57	Algrange (57012)	Site BASIAS ou BASOL non vérifié par le CEREMA	Friche potentielle	Inconnu	0.41	5586
Hauts fourneaux - voies ferrées	57	Algrange (57012)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	2.13	5681
Puits de mine de fer Armand	57	Angevillers (57022)	Site BASIAS ou BASOL non vérifié par le CEREMA	Friche potentielle	Inconnu	1.56	7897
Groupe scolaire St Matthieu -	57	Guénange (57269)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.96	7904
Appel à projet Fonds Vert 2023 - Groupe scolaire St Matthieu -	57	Guénange (57269)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Friche hospitalière	0.96	7904
Ancienne Carreau de la mine	57	Entrange (57194)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	1.9	8078
Goerig	57	Amnéville (57019)	Site BASIAS ou BASOL non vérifié par le CEREMA	Friche potentielle	Inconnu	0.45	9519
Appel à projet Fonds Vert 2023 - rue de la République -	57	Amnéville (57019)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Friche d'habitat	0.03	9534
Appel à projet Recyclage Foncier 2021 (Dossier N° 3691790) -	57	Mondelange (57474)	Appel à projet Fonds Friches	Friche avec projet	Inconnu	0.43	9643
Ancienne mine	57	Volmerange-les-Mines (57731)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche industrielle	1.54	12135
Rue de la mine	57	Volmerange-les-Mines (57731)	EPF Grand Est	Friche avec projet	Friche ferroviaire	0.85	12224
Côté des voies ferrées	57	Volmerange-les-Mines (57731)	EPF Grand Est	Friche sans projet	Friche ferroviaire	2.12	12841

26/02/2026

DREAL



A31bis

Mission G1

Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4



GEOS Ingénieurs Conseils – Groupe Ingérop

18, rue des Deux Gares – CS 70081 - 92563 Rueil-Malmaison Cedex – France

Tel : +33 1 49 04 68 10 – Fax : +33 1 49 04 57 01 – geos.contact@geos.fr – www.geos.fr

S.A.S. au capital de 40 000 € – R.C.S. Nanterre B 351 637 889 – N°Siret : 351 637 889 00053 APE 7112B – TVA FR 73 351 637 889



PP1404 R6.0

A31bis
Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux -
Solution tunnel F4

06/08/2025

1/40

Versions du document :

Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Nombre de pages	Observations
1	26/02/2025	O.PANNOUX	-	O. PANNOUX	14+ 1 annexe	MàJ suite retour AE
0	06/08/2025	O.PANNOUX	-	O. PANNOUX	14+ 1 annexe	Première diffusion
<i>Document : GEOS_1404_RP 05_Ind 0_Memoire synthese geologique tunnel_25.07.2025.docx</i>						
Réf. projet :		Réf. document :			Date :	
PP1404		PP1404 R6.0			26/02/2026	

SOMMAIRE

1	CONTENU DE LA MISSION	4
1.1	CADRE DE L'INTERVENTION ET OBJECTIFS	4
1.2	LIMITE DE VALIDITE DE LA PRESENTE MISSION	4
2	DOCUMENTS DE REFERENCE	4
3	TERRAINS TRAVERSES PAR LE TUNNEL	5
3.1	TUNNEL ET RAMEAUX	5
3.2	TRANCHEES NORD ET SUD	5
4	NATURE DES MATERIAUX EXCAVES	5
4.1	LIMONS DES PLATEAUX – ALLUVIONS MODERNES	5
4.2	ALLUVIONS ANCIENNES	6
4.3	ARGILES D'ALTERATION DU DOMERIEN	6
4.4	MARNES DU DOMERIEN	7
5	APTITUDE AU TRAITEMENT	10
6	POTENTIEL DE REEMPLOI DES MATERIAUX	12
6.1	REMBLAIS	
6.2	LIMONS DES PLATEAUX – ALLUVIONS MODERNES	12
6.3	ALLUVIONS ANCIENNES	12
6.4	MARNES DU DOMERIEN (Y COMPRIS FACIES D'ALTERATION)	13
7	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	13
8	RECOMMANDATIONS QUANT A L'EXPLOITATION DU RAPPORT GEOS	13

ANNEXE A CONDITIONS GENERALES ET EXTRAITS DE LA NORME NF P 94-500 (9 PAGES)

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAU(X)

Tableau 1 : Poids volumique des LP-AM.....	6
Tableau 2 : Poids volumiques - AA	6
Tableau 3 : Poids volumiques - ArMD	7
Tableau 4 : Poids volumiques – MD1/MD2	7

Tableau 5 : Analyse minéralogique des Marnes du Domérien (précision de 5%).....	8
Tableau 6 : Récapitulatif des essais d'identification dans les horizons marneux	9
Tableau 7 : Essais de gonflement réalisés sur les marnes du Domérien	9
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des essais d'aptitude au traitement des sols.....	11

FIGURE(S)

Figure 1 : Analyse des essais d'identification LP-AM.....	6
Figure 2 : Analyse statistiques des essais GTR – ArMD.....	7
Figure 3 : Analyse du potentiel de gonflement.....	9
Figure 4 : Analyse statistique des pressions de gonflement – MD	10
Figure 5 : Analyse statistique des rapports de gonflement – MD	10

PP1404 R6.0	A31bis Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4	26/02/2026	4/14
-------------	--	------------	------

PP1404 R6.0	A31bis Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4	26/02/2026	5/14
-------------	--	------------	------

1 CONTENU DE LA MISSION

1.1 CADRE DE L'INTERVENTION ET OBJECTIFS

A la demande de la DREAL, GEOS Ingénieurs Conseils réalise une étude géotechnique préliminaire (Mission G1 au sens de la norme NFP94-500 de novembre 2013) pour la construction d'un tunnel bitube dans le cadre du contournement de Thionville (57) par l'A31bis.

Les objectifs du présent document sont de présenter le potentiel de réemploi des matériaux.

Objet de l'indice : première diffusion

1.2 LIMITE DE VALIDITE DE LA PRESENTE MISSION

Il s'agit d'une mission préliminaire d'études géotechniques de type G1, suivant la norme NF P 94-500 de novembre 2013, spécifique au projet du tunnel bi-tube (solution F4) pour le contournement de Thionville (57) par l'A31bis.

Ne font pas partie de la présente mission :

- Les études de niveau G2,
- Les sondages, reconnaissances et essais géotechniques,
- L'étude hydrogéologique du site, notamment la détermination des niveaux EB, EH et EE,
- Les études de pollution des sols,
- La phase assistance aux contrats de travaux,
- Les études et le suivi géotechnique de l'exécution, entrant dans le cadre des missions spécifiques G3 et G4,
- L'accomplissement de toutes les démarches et demandes d'autorisation nécessaires et suffisantes pour la réalisation du projet.

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

[1] Mémoire de synthèse géologique, hydrogéologique et géotechnique, GEOS, GEOS_1404_RP 05, indice 0 en date du 25/07/2025



3 TERRAINS TRAVERSES PAR LE TUNNEL

3.1 TUNNEL ET RAMEAUX

Le document [1] détaille notre connaissance actuelle de la géologie au droit du tunnel et des rameaux.

Le tunnel et ses rameaux seront creusés intégralement au sein des Marnes du Domérien. Cette donnée est considérée comme fiable.

Les incertitudes qui demeurent sont :

- L'état de compacité des matériaux (plus ou moins induré)
- L'état hydrique des matériaux.

3.2 TRANCHEES NORD ET SUD

Le document [1] détaille notre connaissance actuelle de la géologie au droit du tunnel et des rameaux.

Les tranchées seront creusées au sein :

- Des formations superficielles : Limons des Plateaux / Alluvions modernes et Alluvions anciennes
- Des argiles d'altération du Domérien
- Du substratum du Domérien

Les incertitudes qui demeurent sont :

- L'épaisseur des différents horizons le long de la tranchée et leur variabilité latérale,
- L'état hydrique des matériaux.

4 NATURE DES MATERIAUX EXCAVES

4.1 LIMONS DES PLATEAUX – ALLUVIONS MODERNES

7 essais d'identification sont disponibles au droit du tunnel. Ils ont mis en évidence principalement des sols de type A1 et A2, et ponctuellement A3. Cela est cohérent avec les autres essais disponibles sur d'autres zones du projet.



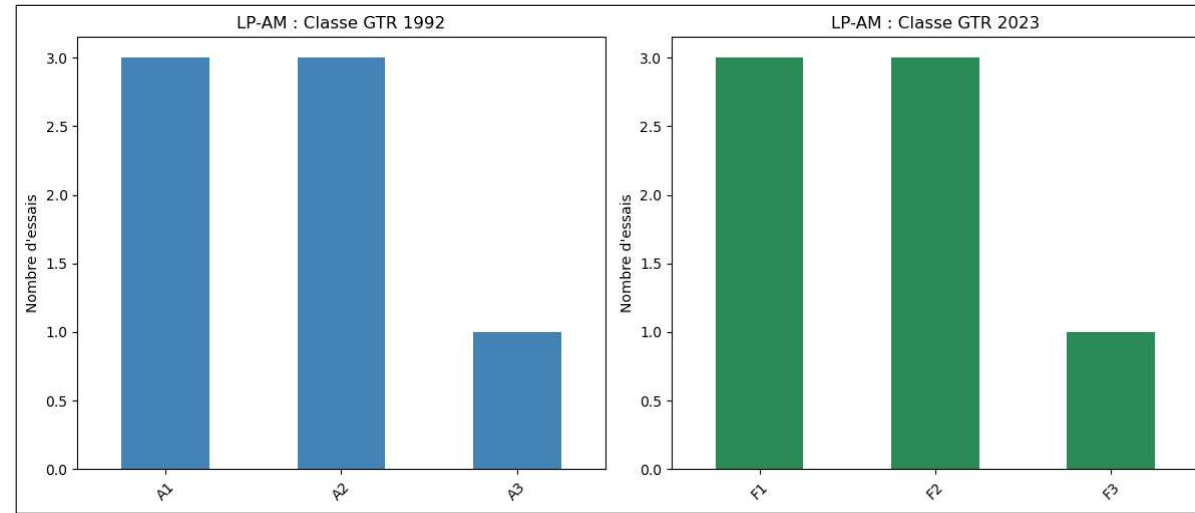


Figure 1 : Analyse des essais d'identification LP-AM

Les mesures de poids volumique sont récapitulées ci-dessous :

Poids volumique (kN/m3)						
	Nbre	Min	Max	Moyenne	Ecart Type	Retenue
LP-AM	1	20,4	20,4	20,4	0,0	20

Tableau 1 : Poids volumique des LP-AM

4.2 ALLUVIONS ANCIENNES

Le long de l'ouvrage, les essais d'identifications disponibles ont mis en évidence des matériaux de classes GTR B6, B5 et C1B5 (matériaux sensibles à l'eau). Les autres essais disponibles dans la zone du projet ont mis en évidence localement des sables propres (D3).

Les mesures de poids volumique sont récapitulées ci-dessous :

Poids volumique (kN/m3)						
	Nbre	Min	Max	Moyenne	Ecart Type	Retenue
AA	2	20,3	21,3	20,8	0,7	21

Tableau 2 : Poids volumiques - AA

4.3 ARGILES D'ALTERATION DU DOMERIEN

3 essais d'identification ont été réalisés sur les argiles d'altération du substratum ArMD au droit du tunnel et ont mis en évidence un matériau de classe A2 (argiles et marnes peu plastiques). Des éléments plus grossiers peuvent être parfois rencontrés (matériaux type C1A2).

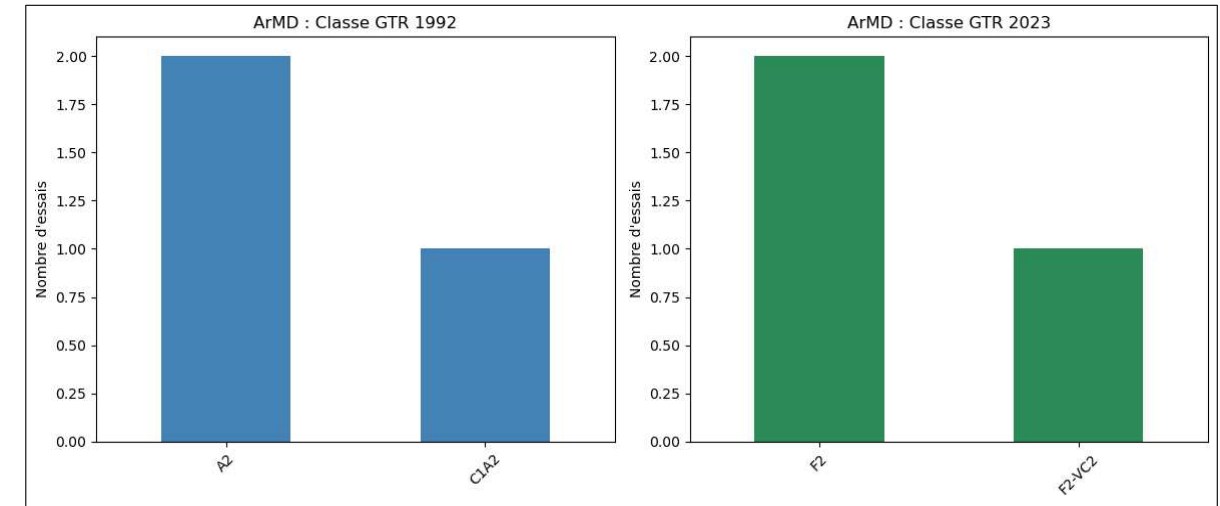


Figure 2 : Analyse statistique des essais GTR - ArMD

Les autres essais disponibles à l'échelle du projet confirment la classe A2 très majoritaire. Localement, certains essais GTR ont mis en évidence des sols type A1 et A3.

Les teneurs en CaCO3 mesurées dans les ArMD et les marnes varient entre 2 et 8,5 %. Au sens de de l'annexe B (tableau B.2.2) de la NF-P94-262, ces formations correspondent à des argiles.

Les mesures de poids volumique sont récapitulées ci-dessous :

Poids volumique (kN/m3)						
	Nbre	Min	Max	Moyenne	Ecart Type	Retenue
ArMD	2	22,1	22,6	22,4	0,4	22

Tableau 3 ; Poids volumiques - ArMD

4.4 MARNES DU DOMERIEN

Les teneurs en CaCO3 mesurées dans les marnes varient entre 2 et 8,5 %. Au sens de de l'annexe B (tableau B.2.2) de la NF-P94-262, ces formations correspondent à des argiles.

Les mesures de poids volumique sont récapitulées ci-dessous :

Poids volumique (kN/m3)						
	Nbre	Min	Max	Moyenne	Ecart Type	Retenue
MD1	7	21,4	24,1	23,2	0,9	23
MD2						24

Tableau 4 : Poids volumiques - MD1/MD2

Les échantillons prélevés par Ginger dans les marnes ont fait l'objet d'une analyse minéralogique pour déterminer la composition de ce faciès. Les résultats sont présentés ci-après :

Ech.	Smectite	Illite	kaolinite	Interstratifiés chloritisés (C/V) et Chlorite	Autres minéraux présents dans la fraction <2µm
SC1 14,70-14,90	10%	20%	38%	32%	Quartz ; Feldspaths
SC1 19,00-19,20	9%	20%	44%	27%	Quartz ; Feldspaths
SC1 22,20-22,40	13%	18%	39%	30%	Quartz ; Feldspaths
SC1 24,85-25,00	10%	19%	40%	31%	Quartz ; Feldspaths
SC1 30,70-31,00	11%	20%	36%	33%	Quartz ; Feldspaths
SC1 33,30-33,50	10%	20%	39%	31%	Quartz ; Feldspaths
SC2 7,00-8,50	12%	19%	41%	28%	Quartz ; Feldspaths
SC2 12,00-13,50	8%	21%	39%	32%	Quartz ; Feldspaths
SC2 18,20-18,40	11%	19%	36%	34%	Quartz ; Feldspaths
SC2 24,00-24,20	10%	21%	38%	31%	Quartz ; Feldspaths
SC2 27,30-27,60	17%	21%	40%	22%	Quartz ; Feldspaths
SC2 31,60-31,70	10%	21%	37%	32%	Quartz ; Feldspaths
SC3 6,50-8,00	10%	21%	38%	31%	Quartz ; Feldspaths
SC3 12,50-14,00	10%	18%	44%	28%	Quartz ; Feldspaths
SC3 15,30-17,00	16%	21%	40%	23%	Quartz ; Feldspaths
SC3 31,50-33,00	11%	22%	37%	30%	Quartz ; Feldspaths
SC4 9,00-9,50	14%	21%	38%	27%	Quartz ; Feldspaths
SC4 11,00-12,50	10%	20%	39%	31%	Quartz ; Feldspaths
SC4 15,50-17,00	11%	19%	38%	32%	Quartz ; Feldspaths
SC4 21,50-23,00	9%	20%	38%	33%	Quartz ; Feldspaths

Tableau 5 : Analyse minéralogique des Marnes du Domérien (précision de 5%)

Ces analyses montrent un matériau globalement homogène dans sa composition minéralogique : environ 10% de smectite (sensible au gonflement), 20% d'illite, 40% de kaolinite et 30% de chlorite. Cette analyse confirme le potentiel de gonflement mais la fraction qui régit ce gonflement ne représente que 10% environ (ponctuellement 17%)

Le potentiel de gonflement est couramment évalué avec les limites d'Atterberg notamment avec la classification de Dakshanamurthy et Raman (1973). Le tableau suivant récapitule l'ensemble des mesures de limite d'Atterberg effectuées dans les marnes du Domérien ou leur faciès d'altération :

Sondage	Profondeur	Description	Identification							Potentiel de gonflement Dakshanamurthy et al. (1973)-wl
			wn(%)	yd(kN/m3)	wl(%)	wp(%)	lp(%)	es(%)	C GTR	
2009-SC	6,7	Marnes grises	10,7	20,4	39	22	17	0,6	A2	MOYEN
4037-SC	5,7	argile induré grise	16,5	19,5	43	27	16	0,5	A2	MOYEN
4037-SC	13,9	argile gris foncé	11,5	21,9	40	23	17	0,6	A2	MOYEN
4037-SC	17,75	argile gris foncé	17,75	20,3	39	21	18	0,6	A1	MOYEN
1022-SC	4,4	argile grise	17	18,6	49	28	21	0,9	A2	MOYEN
1022-SC	7,7	argile grise	9,9	21	43	23	20	0,8	A2	MOYEN
1022-SC	17,62	argile grisâtre	11,6	21,3	46	27	19	0,7	A2	MOYEN
2012-TA	4,4	Argiles marnieuses grises compactes	13,3	-	38	22	16	0,5	A2	MOYEN
2006-SC	5,7	Argile graveleuse gris foncé	15,9	19	44	25	18	0,6	C1A2	MOYEN
2006-SC	9,6	argile grise	13,6	19,9	42	25	17	0,6	A2	MOYEN
SC1_2402	8,6	Argile grise compacte			41	26	15	0,4	A2	MOYEN
SC2_2401	8,0	Argile grise compacte			44	27	17	0,6	A2	MOYEN
SC3_2404	4,7	Argile grise			27	22	15	0,4	A2	FAIBLE
SC1_2402	12,1	Argile grise compacte			37	25	12	0,3	A1	MOYEN
SC2_2401	12,1	Argile grise compacte			45	24	21	0,9	A2	MOYEN
SC2_2401	13,5	Argile grise			46	24	22	1,0	A2	MOYEN



Tableau 6 : Récapitulatif des essais d'identification dans les horizons marnieux

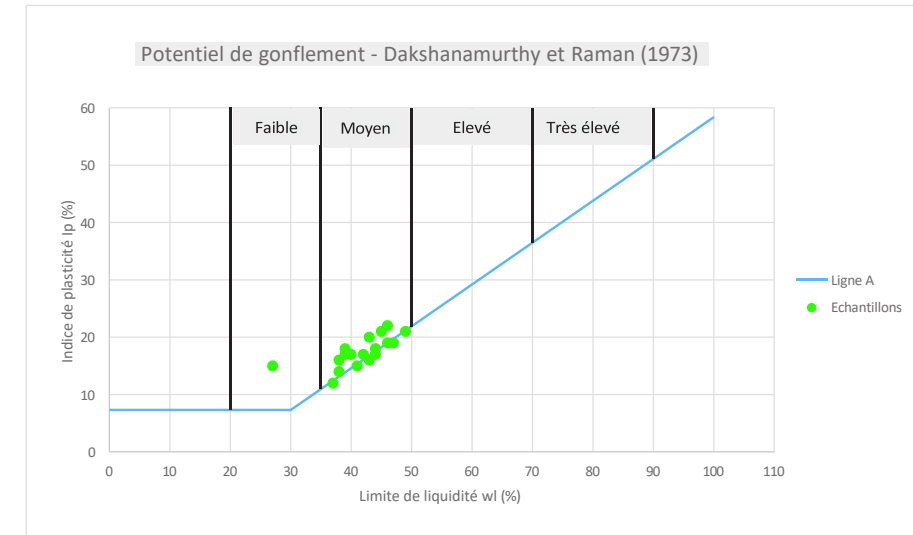


Figure 3 : Analyse du potentiel de gonflement

Ces résultats montrent que les marnes ont un potentiel de gonflement moyen (ponctuellement faible). Cette analyse est cohérente avec l'analyse minéralogique qui montre que la part de minéraux gonflants ne représente que 10% environ du matériau.

Plusieurs essais de gonflement ont également été réalisés : des essais Huder-Amberg et des essais de gonflement à l'oedomètre.

Faciès	Description	Sondage	Prof_Moy	Huder Amberg					G à l'oedomètre			
				Cs	Cg	σ _{ag}	K'g	Rg	e0	Rg	σ _g	e0
				Cs_HA	Cg_HA	Sag_HA	Rg_HA	Kg_HA	e0	Rg_GOE	Sg_GOE	e0
MD	Argiles marnieuses	2009-SC	6,70	0,222	2,513	1,356			0,389			
MD	Argile raide et cassante grise	SC1_2402	16,10	0,402	0,593	0,05	0,076	0,102	0,335			
MD	Argile raide et cassante grise	SC1_2402	28,70	0,01	0,046	1,6	0,035	0,043	0,224			
MD	Argile raide et cassante grise	SC1_2402	31,80	0,022	0,043	0,09	0,021	0,026	0,257			
MD	Argile raide et cassante grise	SC2_2401	21,40	0,006	0,02	0,35	0,014	0,02	0,383			
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	10,25	0,013	0,014	0,09	0,007	0,010	0,387			
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	17,75	0,007	0,021	0,55						
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	20,50	0,004	0,009	2,4	0,005	0,007	0,246			
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	30,40	0,009	0,021	0,08	0,013	0,017	0,314			
MD	Argile raide et cassante grise	SC4_2403	10,25	0,007	0,025	0,3						
MD	Argile raide et cassante grise	SC4_2403	17,25	0,005	0,015	0,25						
MD	Argile raide et cassante grise	SC1_2402	17,05							0,002	0,16	
MD	Argile raide et cassante grise	SC2_2401	15,75							0,016	0,375	
MD	Argile raide et cassante grise	SC2_2401	21,40							0,006	1,083	
MD	Argile raide et cassante grise	SC2_2401	30,40							0,012	0,876	
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	10,25							0,004	0,34	
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	17,75							0,014	0,55	
MD	Argile raide et cassante grise	SC3_2404	20,75							0,014	0,165	

Tableau 7 : Essais de gonflement réalisés sur les marnes du Domérien

Les essais pour lesquels la pression de gonflement est supérieure à 2 fois σ₀ ont été écartés de l'analyse statistique (pas de réalité physique).

L'analyse statistique des essais de gonflement retenus est présentée ci-après :



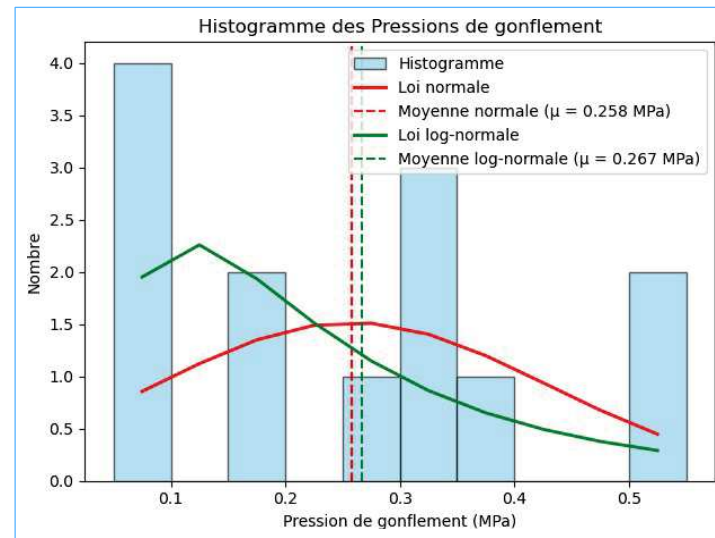


Figure 4 : Analyse statistique des pressions de gonflement – MD

L'analyse statistique montre une pression de gonflement moyenne de l'ordre de 270 kPa. Certains essais ont atteint une pression de gonflement de l'ordre de 550 kPa.

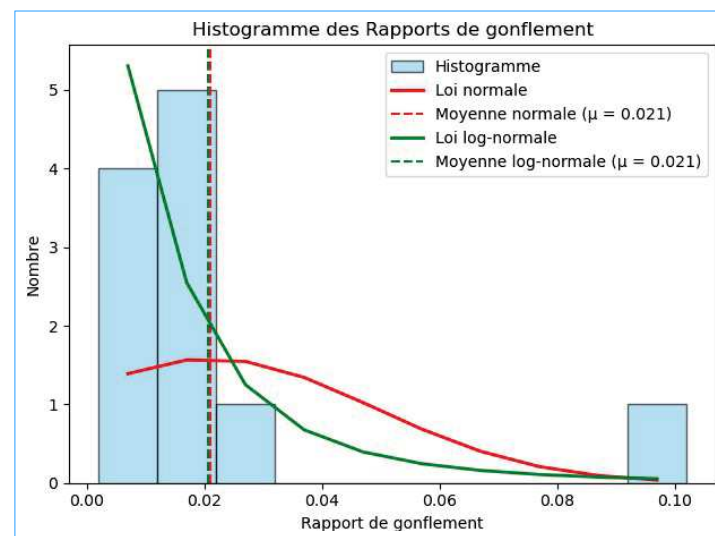


Figure 5 : Analyse statistique des rapports de gonflement – MD

L'analyse statistique des rapports de gonflement montre des rapports globalement compris entre 0,01 et 0,03, plus ponctuellement 0,1 (une valeur).

5 APTITUDE AU TRAITEMENT

Des essais d'aptitude au traitement des sols sont réalisés, avec quatre types de dosage : 1% de chaux, 1,5 % de chaux, 1 % chaux + 7 % liant et 1,5 % chaux + 7 % liant. Les résultats des essais sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Secteur	Sondage	Profondeur	Formation	Classification GTR	Dosage	Gonflement volumique G_v (%)	Résistance en compression R_{cb} (MPa)	Aptitude au traitement
Diff.42- frontière Luxembourg (A31 nord)	4013 TA- PM	2,2	LP	C1A2	1,5 % CaO	3,41		Adapté
	4016 TA- PM	1,5	LP	A3	1,5 % CaO + 7 %CPJ	7,8	0,12	Douteuse
	4024 TA- PM	1,25	LP	A2	1,5 % CaO	5,9		Douteuse
	4025 TA- PM	1	LP	A2	1,5 % CaO+7 %CPJ	2,02	0,29	Adapté
	4046 TA- PM	2	LP	C1A2	1,5 % CaO	4,52		Adapté
F4	2007 TA- PM	1,5	AA	A1	1,5 %CaO	1,48		Adapté
F5	PM- STDB3	1,7	LP	A3	1,5 % CaO	4,1		Adapté
	PM- STDB4	1,8	LP/AM	A1	1 % CaO	1,64		Adapté
	PM- STOA10	1,55	LP	C1A2	1 % CaO	1,64		Adapté
A30- entre Nœud Richemont et diffuseur E2b (si F4 ou F5 réalisés)	3004 TA- PM	3,75	AA	C1B4	1 %CaO+7 %CPJ	1,26	0,21	Adapté
F10 (y.c. A31 sud entre Nœud Richemont et diffuseur 37.2)	1014 TA- PM	2	ArML	A3	1,5 % CAO + 7 % CPJ	5,83	0,17	Douteuse
	PM1028	1,4	RB	C1B5	1 % CAO + 7 % CPJ	1,5	0,07	Inadapté

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des essais d'aptitude au traitement des sols

Les essais réalisés sur les matériaux de la couche LP, la couche AA et la couche AM indiquent globalement des résultats favorables vis-à-vis du traitement des sols.

Le traitement des sols à la chaux seule et/ou associée au liant présente donc un intérêt pour le réemploi des matériaux et l'optimisation du bilan des matériaux du projet, notamment en cas d'état hydrique élevé. À noter toutefois que le nombre des essais réalisés sur les différentes formations restent limités au droit du tunnel et des tranchées.

PP1404 R6.0	A31bis Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4	26/02/2026	12/14
-------------	--	------------	-------

Au stade actuel, aucune donnée n'est disponible sur l'aptitude au traitement des matériaux des formations ArMD et MD. Au regard du potentiel de gonflement de ces matériaux, le traitement est une solution qui doit être écartée pour ces matériaux en l'absence d'essais poussés.

6 POTENTIEL DE REEMPLOI DES MATERIAUX

Le potentiel de réemploi des matériaux est défini à partir des données d'identification, des données d'aptitude au traitement et de nos différents retours d'expérience.

6.1 REMBLAIS

Ces matériaux seront rencontrés dans le cadre des terrassements de la section courante du futur linéaire autoroutier.

L'analyse du potentiel de réemploi des matériaux au droit du tunnel a été réalisée sur la base de l'ensemble des reconnaissances ponctuelles réalisées au droit des différentes variantes de tracé du projet. Les conclusions sur le réemploi sont donc extrapolables aux autres secteurs de la variante F4.

Pour les remblais, la quantité de données disponibles est très limitée avec seulement trois échantillons analysés et prélevés au droit de la variante F10 aujourd'hui abandonnée et situé beaucoup plus à l'Est. Ces données ne peuvent être considérées comme représentatives de l'ensemble des matériaux susceptibles d'être rencontrés dans l'emprise de la variante F4.

En effet, de par leur nature, les remblais sont susceptibles de présenter une forte hétérogénéité (variabilité granulométrique, présence éventuelle d'éléments anthropiques ou de matériaux de nature différente), ce qui ne permet pas de garantir la représentativité des essais disponibles ni d'en extrapoler les résultats à l'ensemble des volumes à terrasser.

De manière prudente, il est supposé que les remblais rencontrés sur la variante F4 soient issus des formations superficielles du secteur (limons des plateaux et alluvions modernes), hors alluvions anciennes. Le potentiel de réemploi des remblais est défini sur la base du potentiel de réemploi de ces matériaux

Sur cette base, et afin d'intégrer une marge de sécurité au regard du manque de données fiables, un coefficient de sécurité de 2 a été retenu pour l'estimation du potentiel de réemploi des remblais, conduisant aux hypothèses suivantes :

- 0 % en couche de forme ;
- 30 à 50 % en remblais courants ;
- Jusqu'à 90 % en modelés paysagers.

Dans le cadre des phases ultérieures du projet, il est conseillé de réaliser : des essais d'identification GTR avec mesure de l'état hydrique, des essais d'aptitude au traitement et de caractérisation complémentaire afin de confirmer la conformité géotechnique et environnementale des matériaux et de préciser leur potentiel réel de valorisation. Une attention particulière sera portée à la recherche d'indices organoleptiques susceptibles de révéler une éventuelle contamination d'origine anthropique.

S'agissant des remblais routiers existants, issus des opérations de démolition de voiries, ces derniers présentent des caractéristiques géotechniques initiales compatibles avec un usage en remblais courants ; à ce titre, leur réemploi pourra être envisagé à hauteur de 100 % en remblais courant, sous réserve de confirmation lors des contrôles en phase travaux.

PP1404 R6.0	A31bis Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4	26/02/2026	13/14
-------------	--	------------	-------

6.2 LIMONS DES PLATEAUX – ALLUVIONS MODERNES

Ces matériaux seront rencontrés au droit des tranchées.

Ces matériaux sont principalement de classe F1/F2 (argiles sableuses). Les potentiels de réemploi identifiés sont les suivants

- Potentiel de réemploi en remblai courant (y compris avec traitement à la chaux) : 70 à 90%
- Potentiel de réemploi en couches de formes : 10 à 30% (y compris avec traitement à la chaux+ciment)
- Réemploi en modelé : 100% (fraction de 20 à 40% à mettre en cœur de remblai)

Les hauteurs de remblais courants devront être limités à 5 m.

Un traitement à 1 à 2% de chaux est à prévoir pour le réemploi en remblai. Ce traitement doit permettre de corriger l'état hydrique des matériaux humides. Ce traitement est à envisager de manière quasi-systématique pour les matériaux de type Limons des Plateaux / alluvions qui seront prélevés sous nappe.

Un traitement chaux (1 à 2%) + ciment (6 à 7%) est à prévoir pour le réemploi en couches de formes. Ce traitement doit permettre de corriger l'état hydrique des matériaux humides et d'assurer une résistance mécanique suffisante. Ce traitement est à envisager de manière quasi-systématique pour l'ensemble des matériaux prévus réemployés en couches de forme.

6.3 ALLUVIONS ANCIENNES

Ces matériaux seront rencontrés au droit des tranchées.

Ces matériaux sont sablo-graveleux (G1, G3, S4), pouvant présenter des passées plus argileuses (I1). Les potentiels de réemploi identifiés sont les suivants

- Potentiel de réemploi en remblai courant (y compris avec traitement à la chaux) : 70 à 90%
- Potentiel de réemploi en couches de formes : 40 à 60% (y compris avec traitement à la chaux+ciment)
- Réemploi en modelé : 100%

Un traitement à 1 à 2% de chaux est à prévoir pour le réemploi en remblai. Ce traitement doit permettre de corriger l'état hydrique des matériaux humides. Ce traitement est à envisager de manière quasi-systématique pour les matériaux de type alluvions anciennes qui seront prélevés sous nappe.

Un traitement chaux (1 à 2%) + ciment (6 à 7%) est à prévoir pour le réemploi en couches de formes. Ce traitement doit permettre de corriger l'état hydrique des matériaux humides et d'assurer une résistance mécanique suffisante. Ce traitement est à envisager de manière quasi-systématique pour l'ensemble des matériaux prévus réemployés en couches de forme.

PP1404 R6.0	A31bis Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4	26/02/2026	14/14
-------------	--	------------	-------

6.4 MARNES DU DOMERIEN (Y COMPRIS FACIES D'ALTERATION)

Il s'agit de matériaux de type F1/F2, pouvant être gonflants.

Ces matériaux sont rencontrés :

- Au droit des tranchées,
- Au droit des rameaux,
- Au droit des tunnels.

Les matériaux issus des tranchées et des rameaux pourront être réemployés dans les conditions suivantes :

- Potentiel de réemploi en remblai courant : 50 à 70% (à mettre impérativement en cœur de remblai sur des hauteurs ne dépassant pas 5 m,)
- Pas de réemploi envisageable en couche de forme
- Réemploi en modelé : 100% (à mettre en cœur de remblai)

7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le présent rapport présente le potentiel de réemploi envisagé à ce stade pour les différents faciès rencontrés.

Les incertitudes principales qui subsistent concernent :

- L'épaisseur des différents faciès au droit des tranchées,
- L'état hydrique des matériaux
- Les dosages de chaux et/ou liant à mettre en œuvre pour le réemploi en remblai courant ou en couche de forme.

Des sondages et essais complémentaires devront être réalisés dans les phases ultérieures pour lever ou affiner le niveau des incertitudes présentées ci-dessus.

8 RECOMMANDATIONS QUANT A L'EXPLOITATION DU RAPPORT GEOS

1. Les reconnaissances de sols procèdent par sondages, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale, variations de position des interfaces) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
2. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite à la suite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager GEOS.
3. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « Introduction » du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à GEOS afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
4. De même des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemples : dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venue d'eau...) peuvent rendre caduques certaines recommandations figurant dans ce rapport.



PP1404 R6.0	A31bis Mission G1 : Note relative au réemploi des matériaux - Solution tunnel F4	26/02/2026	14/14
-------------	--	------------	-------

5. Compte tenu de la spécificité géotechnique des travaux proposés, nous recommandons au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre d'associés GEOS à l'équipe d'ingénierie pour la conception et le suivi des travaux.
6. Nous rappelons qu'il est de la responsabilité du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire (maître d'œuvre) de faire appliquer l'enchaînement des missions géotechniques dans le cadre de l'étude, de la conception et de l'exécution des travaux en référence à la norme NFP 94-500 de novembre 2013 :
 - Mission G2 phase AVP
 - Mission G2 phase PROJET
 - Mission G2 phases DCE/ACT
 - Mission G3 : études d'exécution à la charge du constructeur
 - Mission G4 : supervision géotechnique d'exécution

A cet effet, nous restons à la disposition du demandeur pour poursuivre ces missions.

-o—o—o-



