

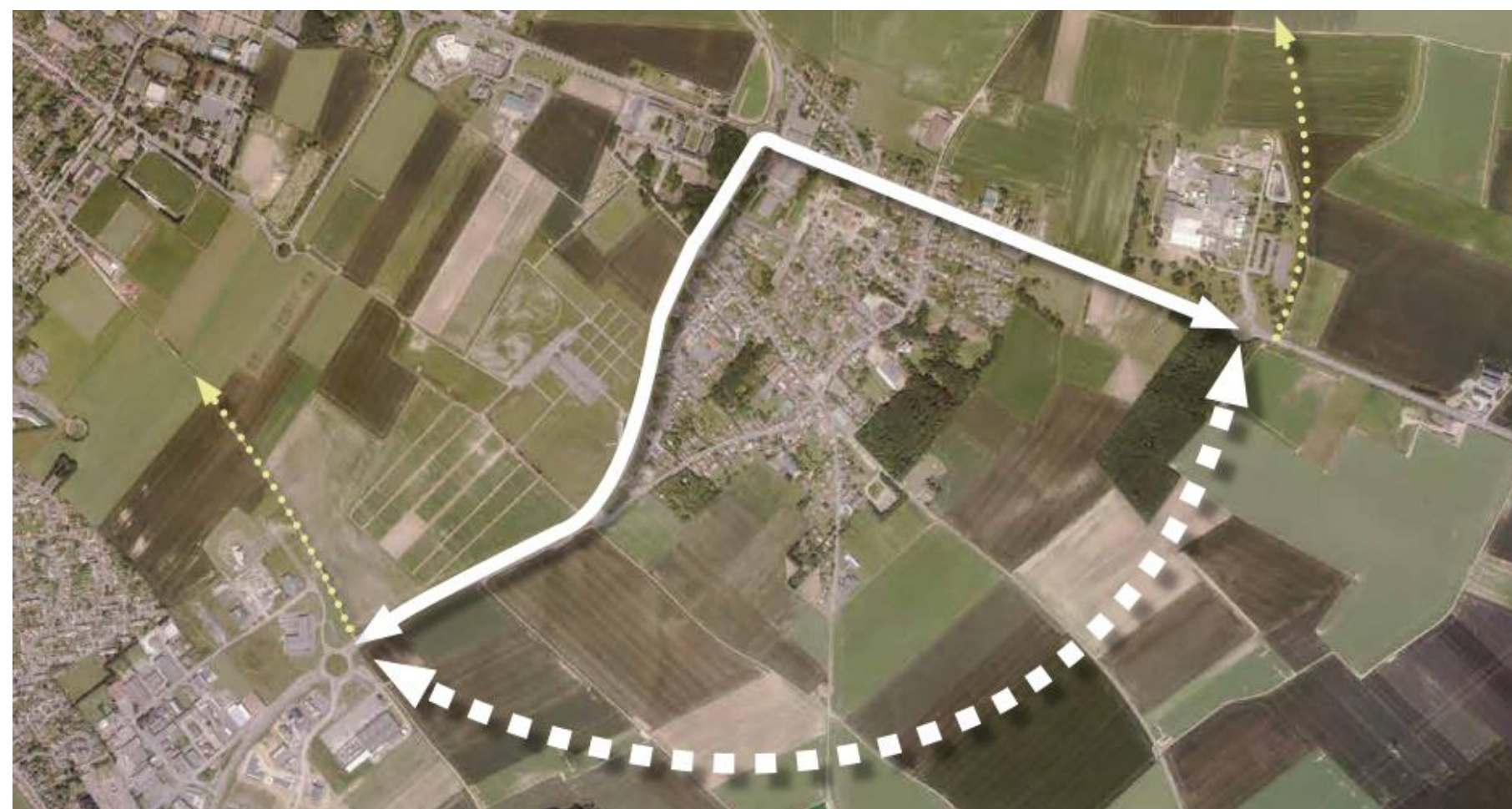
DIRECTION DE LA MOBILITE ET DU RESEAU ROUTIER
SERVICE MOBILITE ET MAITRISE D'OUVRAGE

Volume 3
ETUDE D'IMPACT

Chapitre 11

**Analyse des impacts
du projet sur les
services
écosystémiques
rendus par les sols**

Décembre 2023



REVISION DU DOCUMENT

INDICE	DATE	PARTIE	MODIFICATIONS	ETABLI PAR	VERIFIE PAR	APPROBATION
A	Avril 2022	Analyse des impacts du projet sur les services écosystémiques rendus par les sols	Création du document	Axelle OTNU	Aurélie PINTE	Florence BORDAS
B	Juin 2022	Analyse des impacts du projet sur les services écosystémiques rendus par les sols	Intégration des remarques du MOA	Axelle OTNU	Aurélie PINTE	Florence BORDAS
C	Octobre 2022	Analyse des impacts du projet sur les services écosystémiques rendus par les sols	Modification suite résultats nouvelle étude de trafic à intégrer	Axelle OTNU	Aurélie PINTE	Florence BORDAS
D	Octobre 2023	Analyse des impacts du projet sur les services écosystémiques rendus par les sols	Modification suite nouvelle étude de trafic + intégration des remarques du MOA et des Services de l'Etat	Axelle OTNU	Aurélie PINTE	Florence BORDAS
E	Décembre 2023	Analyse des impacts du projet sur les services écosystémiques rendus par les sols	Intégration des remarques du MOA	Axelle OTNU	Cathy NIVELLE-DUFOSSE	Florence BORDAS

SOMMAIRE

1 NOTION D'ECOSYSTEME ET DE SERVICE ECOSYSTEMIQUES..... 6

2 IDENTIFICATION DES CARACTERISTIQUES DES SOLS DU PROJET ET DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES Q'UILS RENDENT 7

2.1 Méthodologie de détermination des caractéristiques des sols du projet..... 7

2.2 Types de sols rencontrés 7

2.2.1 Généralités sur les sols et la pédologie..... 7

2.2.1 Pédologies de sols rencontrés 8

2.2.2 Conclusion sur les caractéristiques de sols du projet 9

2.3 Occupation du sol sur l'emprise du projet 10

2.3.1 Généralités sur l'occupation du sol 10

2.3.2 Usages des sols dans l'emprise du projet..... 10

2.3.3 Conclusion sur l'occupation et l'usage des sols au droit des emprises du projet 11

3 QUANTIFICATION ET QUALIFICATION DES IMPACTS DU PROJET SUR LES DIFFERENTS TYPES DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES DES SOLS RENCONTRES..... 11

3.1 Méthodologie globale d'évaluation des impacts..... 11

3.2 Services d'approvisionnement 11

3.2.1 Production agricole..... 11

3.2.2 Production sylvicole 16

3.2.1 Synthèse des impacts du projet sur les services d'approvisionnements et mesures associées 19

3.3 Services de régulation..... 22

3.3.1 Cycle de l'eau 22

3.3.2 Contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et contribution aux processus climatiques 23

3.3.3 Habitats pour les organismes du sol cycle de la matière organique 26

3.3.4 Filtre, tampon et dégradation des polluants..... 28

3.3.5 Fonction de support physique pour les êtres vivants 28

3.3.6 Synthèse des impacts du projet sur les services de régulation et mesures associées 33

3.4 Services culturels 37

3.4.1 Paysages..... 37

3.4.2 Archéologie..... 39

3.4.3 Symboles religieux, spirituels..... 40

3.4.4 Fourniture de couleurs, pigments pour l'art41

3.4.1 Synthèse des impacts du projet sur les services culturels et mesures associées.....41

3.5 Services d'auto-entretien ou support45

3.5.1 Mécanismes de formation et d'altération des sols45

3.5.2 Impacts du projet sur les mécanismes de formation et d'altération des sols45

3.5.3 Mesures de réduction des impacts sur la formation et l'altération des sols.....46

3.5.1 Synthèse des impacts du projet sur les services d'auto-entretien et mesures associées 46

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma conceptuel positionnant le sol comme un capital naturel générant des services écosystémiques en réponse à des besoins humains 6

Figure 2 : Localisation du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines 7

Figure 3 : Type de sol impacté par le projet..... 8

Figure 4 : Types d'occupation du sol sur les emprises de travaux du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines 10

Figure 5 : Proportion des types d'occupation du sol sur les emprises travaux du projet 11

Figure 6 : Texture dominante de l'horizon supérieur des sols agricoles par canton en France métropolitaine 12

Figure 7 : Types de cultures recensées au droit des emprises travaux du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines 12

Figure 8 : Surfaces agricoles impactées par le projet par familles de cultures..... 13

Figure 9 : Productions agricoles impactées par le projet par familles de cultures 14

Figure 10 : Giratoire G1 14

Figure 11 : Giratoire G2..... 15

Figure 12 : Giratoire G3..... 15

Figure 13 : Emprises travaux du contournement routier 15

Figure 14 : Niveaux hydriques en forêt de production (hors peupleraie) en France métropolitaine 17

Figure 15 : Cartographie des habitats présents sur la zone d'étude 17

Figure 16 : Le cycle de l'eau à l'échelle du sol 22

Figure 17 : Coupe de principe de l'assainissement de la voie mixte..... 23

Figure 18 : Etagement de la végétation sur des berges en pente douce 23

Figure 19 : Carte représentant l'implantation des bassins de gestion des eaux pluviales 23

Figure 20 : Modalités de formation et de dégradation des matières organiques 24

Figure 21 : Estimation des stocks de carbone organique de 0 à 30 cm de profondeur en France métropolitaine hors Corse..... 24

Figure 22 : Stocks de carbone de référence par occupation du sol (tC/ha) dans le secteur de projet 25

Figure 23 : Evolution du stockage de carbone en fonction du changement d'affectation des sols et de sa durée d'application..... 25

Figure 24 : Le cycle de la matière organique26

Figure 25 : Concentration microbienne moyenne dans le sol en fonction de son occupation27

Figure 26 : Ambiance du site du projet37

Figure 27 : Insertion paysagère du projet dans le paysage local39

Figure 28 : Zonage archéologique au niveau de la zone d'étude40

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Proportion des différentes catégories de sol impactés par le projet9

Tableau 2 : Part des différents types de cultures impactées par le projet (RPG 2020)13

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des surfaces impactées par le projet en fonction de l'occupation du sol et de la concentration microbienne moyenne associées à ces différents types d'occupation du sol27

LISTE DES ACRONYMES

- ETM** : Eléments Trace Métallique
- HAP**: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- ha** : Hectare
- OCS** : Occupation du Sol
- OCP** : Pesticides Organochlorés
- PCB**: Polychlorobiphényles
- pH** : Potentiel Hydrogène
- PLU** : Plus Local d'Urbanisme
- POS** : Plan d'Occupation des Sols
- RRP** : Référentiel Régional Pédologique
- SAA** : Statistiques Agricoles Annuelles
- SAU** : Surface Agricole Utile
- UCS** : Unité Cartographique des Sols
- UTS** : Unités Typologiques de Sols

GLOSSAIRE

La **battance** est le caractère d'un sol tendant à se désagréger et à former une croûte en surface sous l'action de la pluie ou d'un piétinement important. C'est une des expressions de la régression et dégradation des sols qui voit la disparition de ses agrégats et donc de ses pores et la formation d'une croûte superficielle imperméable sur laquelle l'eau ruisselle rapidement, sous la forme de filets diffus.

En écologie, la **biomasse** est le terme qui désigne la masse totale d'organismes vivants dans un biotope ou un lieu déterminé à un moment donné, qu'il s'agisse de plantes (phytomasse), d'animaux (zoomasse), de champignons ou de microbes (micro biomasse). L'humanité en tire notamment toute sa nourriture et une grande partie de ses ressources quotidiennement nécessaires. Les combustibles fossiles tels que le pétrole et le gaz naturel sont aussi issus de la biomasse (énergie)¹.

Ecosystème : Un écosystème correspond à un ensemble constitué d'une communauté d'êtres vivants, tels que les plantes, les animaux ou encore les microorganismes (biocénose), et de l'ensemble de composants non vivants (environnement), sur un territoire donné, qui sont caractérisés par des conditions physiques et chimiques (biotope) (Jürgen-Evert, 2010²).

L'**érosion**, phénomène naturel dû essentiellement aux pluies et au vent, dégrade les sols par déplacement des matériaux dont ils sont composés et génère ainsi des pertes de terre. Il existe ainsi deux types d'érosion : l'érosion hydrique et l'érosion éolienne.

La **matière organique (MO)** est la matière carbonée fabriquée par les êtres vivants (végétaux, animaux, micro-organismes...). Sa composition chimique s'articule autour du carbone (C), de l'oxygène (O) et de l'hydrogène (H). Elle est principalement créée par le processus de photosynthèse. À partir de la lumière, de l'eau et du CO₂, s'obtiennent ainsi, par des séries de réactions chimiques, des composants organiques³.

L'**OCS^{2D}** est le référentiel cartographique d'occupation du sol des territoires du Nord et du Pas de Calais. Il qualifie les différents types d'espaces (urbain, agricole et naturel) selon deux dimensions (le couvert du sol et l'usage du sol) et permet de suivre les dynamiques territoriales. Le couvert du sol est une vue physionomique du terrain (OCS) (forêt, bâti...). L'usage du sol (US) (ou la fonction) est une vue anthropique (habitat, activités...).

Pédologie : La pédologie, est la discipline visant à étudier les sols et leurs caractéristiques (www.afes.fr, consulté le 16/08/2023). »

Les **Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP)** sont une représentation des sols à l'échelle du 1/250 000, réalisées par département ou par région dans le cadre du programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) coordonné par le Groupement d'intérêt scientifique sur les Sols ou Gis Sol⁴. Il s'agit de l'information pédologique cartographique la plus précise actuellement disponible sur la quasi-totalité du territoire de France métropolitaine. Cartographier les sols à l'échelle du 1/250 000 consiste à délimiter la portion de la couverture pédologique qui présente des caractéristiques communes en termes de paysage et de répartition des sols. Ces ensembles cohérents sont alors appelés **Unités Cartographiques de Sols (UCS)**. A cette échelle de

¹ fr.wikipedia.org/wiki/Biomasse, consulté le 16/08/2023

² Klaus Jürgen Evert (2010). Encyclopedia dictionary of landscape and urban planning, volume 1, Springer edition.

³ www.futura-sciences.com, consulté le 16/08/2023

⁴ www.gissol.fr, consulté le 13/08/2023

représentation, chacune des plages cartographiques ou UCS est caractérisée par un regroupement d'un ou plusieurs types de sol différents, nommés **Unités Typologiques de Sol (UTS)**.

Le **ressuyage** correspond au fait de débarrasser le sol de toute trace d'humidité qu'il peut contenir afin de le rendre plus sec.

Roche mère ou matériau parental : roche à partir de laquelle se développe un sol et que l'on retrouve inaltérée à la base de ce dernier (www.geowiki.fr, consulté le 16/08/2023).

Service écosystémique : « Les services écosystémiques sont les multiples avantages que la nature et plus précisément la biodiversité apporte à la société. La biodiversité, est la diversité parmi les organismes vivants, essentielle au bon fonctionnement des écosystème et à la fourniture des services » (www.fao.org, consulté le 16/08/2023).

1 NOTION D'ECOSYSTEME ET DE SERVICE ECOSYSTEMIQUES

De quoi parle-t-on ?

Écosystème : Un écosystème correspond à un ensemble constitué d'une communauté d'êtres vivants, tels que les plantes, les animaux ou encore les microorganismes (biocénose), et de l'ensemble de composants non vivants (environnement), sur un territoire donné, qui sont caractérisés par des conditions physiques et chimiques (biotope) (Jürgen-Evert, 2010⁵).

Service écosystémique : « Les services écosystémiques sont les multiples avantages que la nature et plus précisément la biodiversité apporte à la société. La biodiversité, est la diversité parmi les organismes vivants, essentielle au bon fonctionnement des écosystème et à la fourniture des services » (www.fao.org, consulté le 16/08/2023).

Ainsi, un service écosystémique est défini comme l'utilisation par l'homme des fonctions écologiques de certains écosystèmes, à travers des usages et une réglementation qui encadrent cette utilisation.

Il existe quatre grands types de services écosystémiques :

- Les **services d'approvisionnement** : il s'agit des produits obtenus directement des écosystèmes pour l'alimentation, l'énergie combustible, la fabrication de matériaux, la pharmacopée, etc.,
- Les **services de régulation** : il s'agit des fonctions de régulation de processus naturels exercées par les écosystèmes qui bénéficient à l'Homme. Ils incluent des services aussi divers que la régulation du climat et de la qualité de l'air, le cycle de l'eau, la dégradation de polluants, l'accueil d'organismes, etc.,
- Les **services culturels** : ils comprennent l'ensemble des bénéfices esthétiques, existentiels, spirituels, éducationnels et patrimoniaux procurés par les écosystèmes,
- Les **services d'auto-entretien ou support** : ces services ne bénéficient pas directement à l'Homme mais conditionnent le bon fonctionnement des écosystèmes. Ils peuvent inclure le recyclage des nutriments, la formation des sols, la production primaire de biomasse, etc.

Pour le sol, les services écosystémiques s'appuient sur « son capital naturel, caractérisé par ses stocks de matière et de biodiversité, mais aussi par les flux qu'il génère et qui permettent la fourniture d'un certain nombre de services répondant à des besoins humains » (Christian Walter et al., 2015)⁶

Le sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement et la structure des écosystèmes terrestres. Il représente une zone d'échanges entre les différentes composantes du globe à savoir l'hydrosphère, la lithosphère, la biosphère et l'atmosphère.

Il stocke et fournit des nutriments et de l'eau pour les plantes et autres organismes vivants. Il est support de la croissance des plantes et des activités humaines. Le sol a également des fonctions essentielles de filtration et d'épuration qui impactent la qualité de l'eau et de l'air. Il rend

également de nombreux autres services : support des infrastructures, fourniture de matières premières, etc.

Dans un contexte où la pression et les menaces sur les sols sont de plus en plus importantes, la nécessité de protéger et de gérer durablement les sols est cruciale (www.geocatalogue.fr, consulté le 16/08/2023).

Pour les sols, les services écosystémiques s'organisent de la manière suivante :

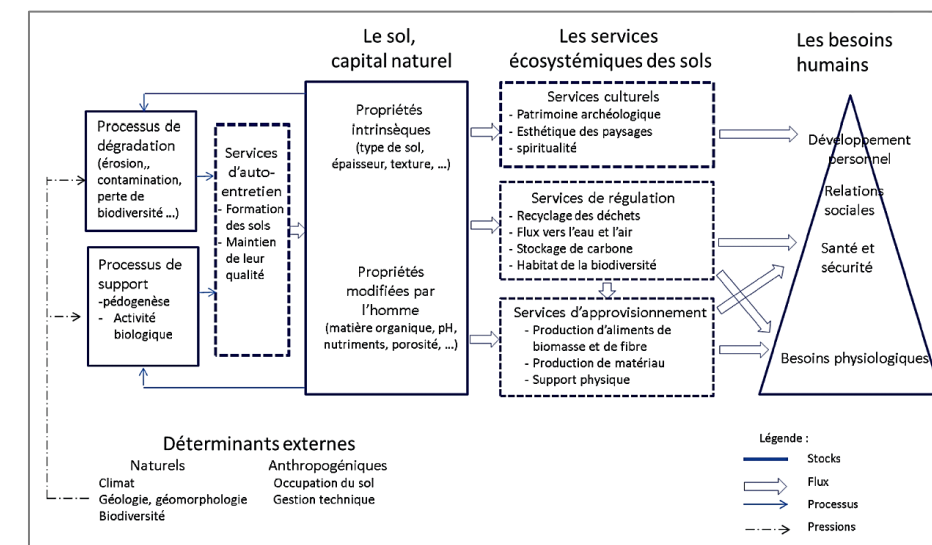


Figure 1 : Schéma conceptuel positionnant le sol comme un capital naturel générant des services écosystémiques en réponse à des besoins humains

(Source : Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation, Cahier Demeter)

⁵ Klaus Jürgen Evert (2010). Encyclopedia dictionary of landscape and urban planning, volume 1, Springer edition.

⁶ Christian Walter, Antonio Bispo, Claire Chenu, Alexandra Langlais, Christophe Schwartz. Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. Cahiers Demeter, pp.53-68, 2015.

2 IDENTIFICATION DES CARACTERISTIQUES DES SOLS DU PROJET ET DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES Q'UILS RENDENT

Ce chapitre présente, les caractéristiques des sols situés au droit des emprises travaux du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines. Ces caractéristiques concernent :

- Les types de sols rencontrés, d'un point de vue pédologique sur les emprises travaux,
- L'occupation du sol sur les emprises de travaux.

	Emprises
Emprises théoriques	18,5 ha
Emprises maximales (DUP)	26,5 ha

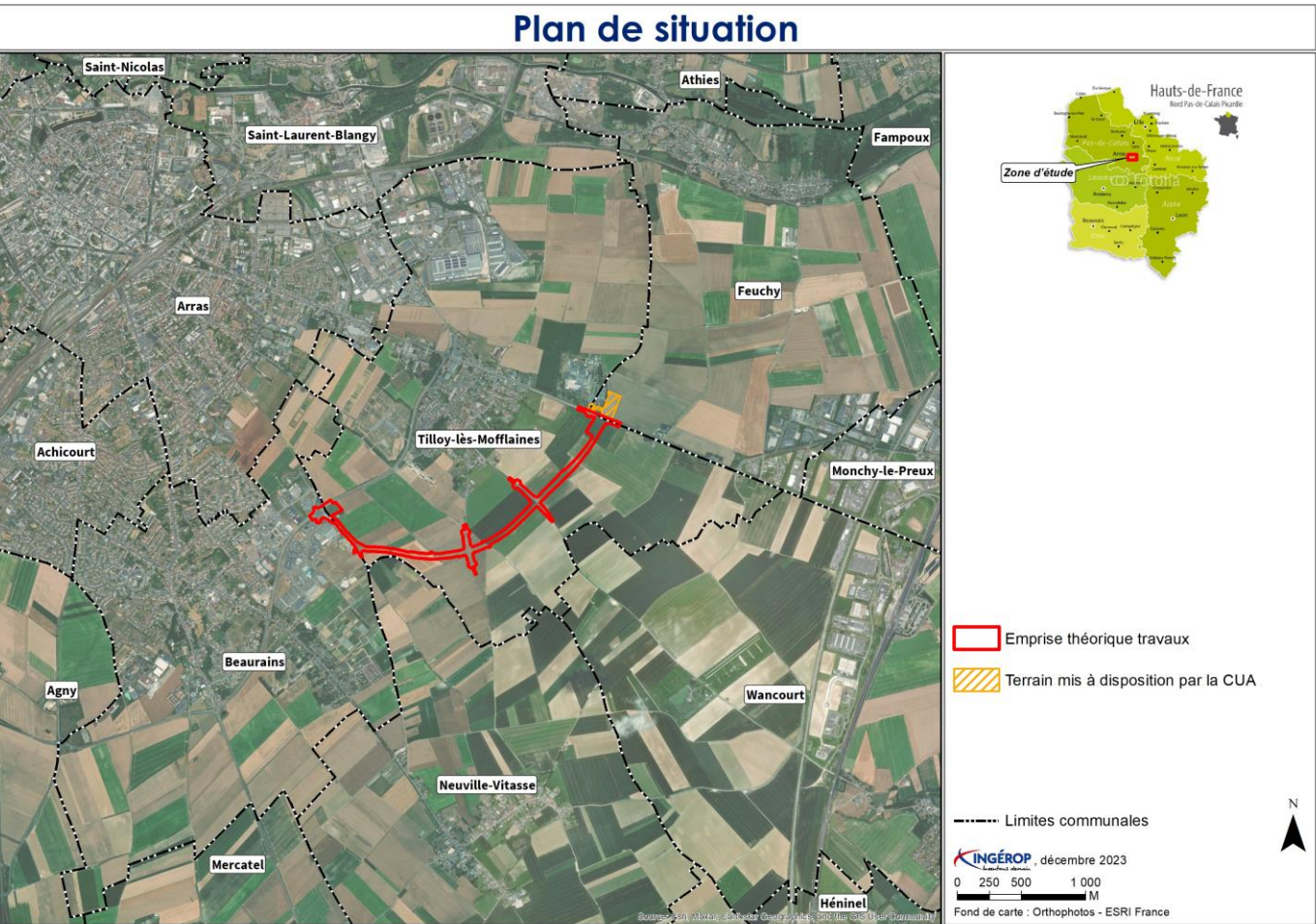


Figure 2 : Localisation du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines
(Source : Ingerop, 12/2023)

2.1 Méthodologie de détermination des caractéristiques des sols du projet

Il s'agit dans un 1^{er} temps de définir une typologie des sols, en fonction de leurs occupations, sur la zone de projet (emprises théoriques). Les différentes étapes de la méthodologie sont décrites ci-après.

Un croisement des emprises du projet avec le type d'occupation du sol présent au droit de la zone d'étude a été réalisé afin d'estimer les différents types d'occupation impactés et les surfaces associées.

Pour faciliter l'analyse, un regroupement en type d'occupation du sol par milieux a été réalisé (milieux forestiers, milieux aquatiques, milieux agricoles, milieux ouverts, milieux urbanisés),

Puis, un tableau de croisement entre l'occupation du sol impactée par les emprises du projet et les services écosystémiques associés est ensuite réalisé.

Les caractéristiques des sols impactés sont ensuite identifiées car celle-ci influence leur capacité à rendre des services écosystémiques (porosité, capacité de stockage de l'eau...).

2.2 Types de sols rencontrés

2.2.1 Généralités sur les sols et la pédologie

De quoi parle-t-on ?

Sol : « Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes) (www.afes.fr, consulté le 13/05/2022). »

Pédologie : La pédologie, est la discipline visant à étudier les sols et leurs caractéristiques (www.afes.fr, consulté le 16/08/2023). »

Roche mère ou matériau parental : roche à partir de laquelle se développe un sol et que l'on retrouve inaltérée à la base de ce dernier (www.geowiki.fr, consulté le 16/08/2023).

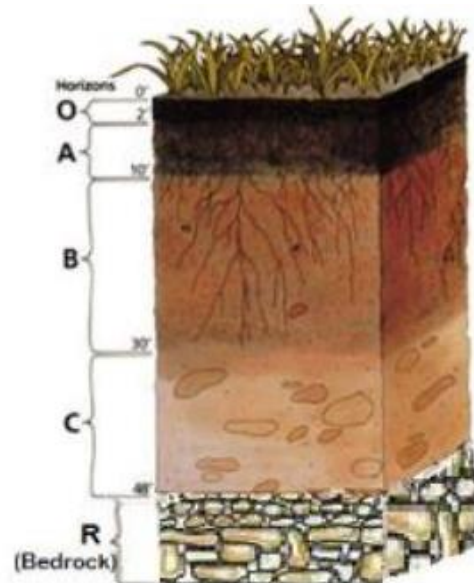
Le sol étant le résultat d'un processus d'altération de la roche-mère sous-jacente et de l'activité biologique superficielle, sa stratification (organisation en couches superposées ou horizons) est traduite comme suit :

O - horizon organique, c'est-à-dire là où se dépose la matière organique morte (restes d'êtres vivants),

A - horizon mixte (normalement situé à la superficie du sol) d'incorporation de la matière organique à la matière minérale.

B - horizon d'accumulation de la matière minérale plus en profondeur.

C - horizon constitué dans la zone d'altération de la **roche-mère**.



Les différents horizons d'un profil de sol (Source : fr.wikipedia.org, consulté le 13/05/2022)

2.2.1 Pédologies de sols rencontrés

De quoi parle-t-on ?

Les **Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP)** sont une représentation des sols à l'échelle du 1/250 000, réalisées par département ou par région dans le cadre du programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) coordonné par le Groupement d'intérêt scientifique sur les Sols ou Gis Sol7. Il s'agit de l'information pédologique cartographique la plus précise actuellement disponible sur la quasi-totalité du territoire de France métropolitaine.

Cartographier les sols à l'échelle du 1/250 000 consiste à délimiter la portion de la couverture pédologique qui présente des caractéristiques communes en termes de paysage et de répartition des sols. Ces ensembles cohérents sont alors appelés **Unités Cartographiques de Sols (UCS)**. A cette échelle de représentation, chacune des plages cartographiques ou UCS est caractérisée par un regroupement d'un ou plusieurs types de sol différents, nommés **Unités Typologiques de Sol (UTS)**.

La caractérisation des sols au droit du projet a été réalisée à partir du Référentiel Régional Pédologique (RRP) du Nord-Pas-de-Calais (Géoportail.gouv.fr, consulté le 28/08/2023).⁸

L'emprise du projet se situe au niveau d'un seul type de sol : l'UCS n°68 « BRUNISOL ».

⁷ www.gissol.fr, consulté le 28/08/2023

⁸ (Visualisation cartographique - Géoportail (geoportail.gouv.fr))

Pédologie

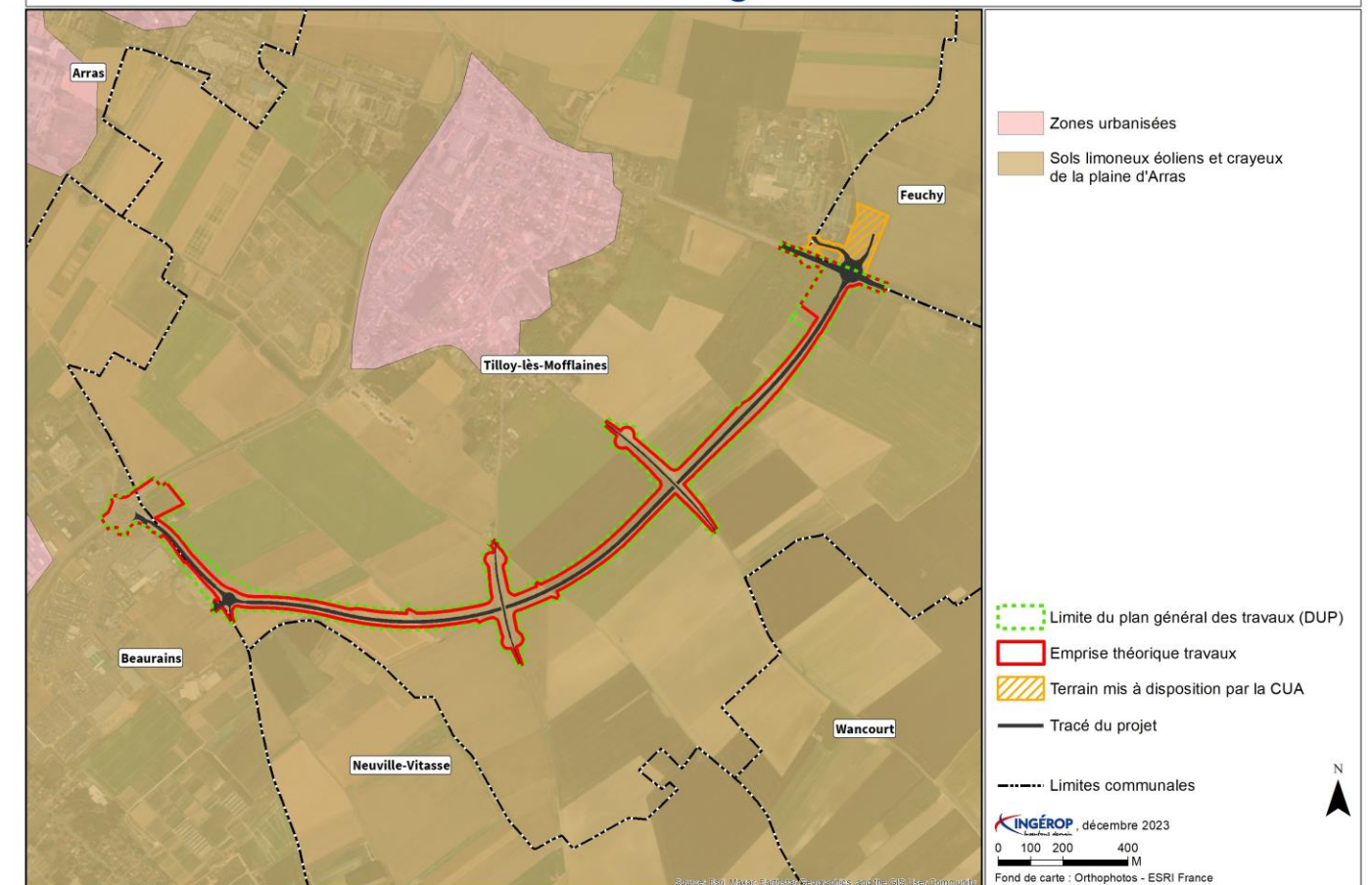


Figure 3 : Type de sol impacté par le projet

(Source : données issues de la base de données régionale des sols du Nord-Pas-de-Calais - Référentiel Régional Pédologique (RRP) Pas-de-Calais – 2015, Ingerop 12/2023)

UCS : Unité Cartographique des Sols

De quoi parle-t-on ?

Brunisols : Les brunisols sont des sols peu évolués qui représentent 19,4% du territoire métropolitain.

Les brunisols sont des sols ayant des horizons relativement peu différenciés (texture et couleur très proches), moyennement épais à épais (plus de 35 cm d'épaisseur). Ces sols sont caractérisés par un horizon intermédiaire dont la structure est nette (présence d'agrégats ou mottes), marquée par une forte porosité. Les brunisols sont des sols non calcaires. Ils sont issus de l'altération in situ du matériau parental pouvant être de nature très diverse (Pédologie – les sols dominants en France métropolitaine, Messant.A et al, 2019⁹).

⁹ Pédologie – « les sols dominants en France Métropolitaine » - description des grandes familles de sols, (Messant A., Chafchafi A., Ducommun C., Jalabert S., Lagacherie P., Lehmann S., Lemerrier B., Moulin J., Mure J.P., Noraz A., Laroche B., Sauter J. – 2019)



N°UTS	Nom UTS	Type de sol	Matériau parental
80	Sol limono-argilo-sableux, carbonaté, à cailloux et graviers de craie	RENDOSOL limono-argilo-sableux, hypercalcaire, à cailloux de craie, issu de la craie Turonienne et Sénonienne	Craie
78	Sol limono-argileux, fortement carbonaté, à cailloux de craie, issu de la craie	CALCOSOL limono-argileux, hypercalcaire, à cailloux de craie, issu de la craie Turonienne et Sénonienne	Craie
75	Sol limoneux, carbonaté, à charge variable en graviers de craie, non hydromorphe, issu de dépôts remaniés	CALCOSOL limoneux, colluvial, à graviers de craie	Dépôts remaniés à graviers de craie

2.2.2 Conclusion sur les caractéristiques de sols du projet

Le sol, sur la zone de projet, est constitué de sols limoneux (Brunisol) profonds, dont les ressources en eau peuvent être importantes. Ces caractéristiques influencent directement sur la capacité des sols à rendre une multitude de services écosystémiques (service support, d’approvisionnement, de régulation, etc.).

Ce brunisol est composée de 5 différents types d'UTS (Cf. tableau ci-dessous). La proportion des différentes catégories de sol concernées par les emprises définitives et travaux du projet sont donc les suivantes :

Tableau 1 : Proportion des différentes catégories de sol impactés par le projet

(Source : données issues de la base de données régionale des sols du Nord-Pas-de-Calais - Référentiel Régional Pédologique (RRP) Pas-de-Calais – 2015)

N°UTS	Nom UTS	Type de sol	Matériau parental
63	Sol limoneux, non hydromorphe, faiblement argilluvié	BRUNISOL luvique limoneux, issu de loess	Loess

¹⁰ Pédologie – « les sols dominants en France Métropolitaine » - description des grandes familles de sols, (Messant A., Chafchafi A., Ducommun C., Jalabert S., Lagacherie P., Lehmann S., Lemerrier B., Moulin J., Mure J.P., Noraz A., Laroche B., Sauter J. – 2019)


2.3 Occupation du sol sur l'emprise du projet

2.3.1 Généralités sur l'occupation du sol

L'occupation du sol désigne pour l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en 1998¹¹ « la couverture (bio-)physique de la surface des terres émergées » et donc le type d'usage (ou de non-usage) fait des terres par l'Homme. La mosaïque paysagère est cartographiée en identifiant les types homogènes de milieux (ex : zones artificialisées, zones agricoles, forêts ou landes, zones humides, etc.).

Un enjeu important est de comprendre les tendances en termes de changement d'affectations des terres, leurs explications et les effets de ces changements (impacts immédiats et différés, locaux et globaux).

Le référentiel cartographique de l'occupation des sols du Nord-Pas-de-Calais est l'OCS^{2D}.

 De quoi parle-t-on ?

L'OCS^{2D} est le référentiel cartographique d'occupation du sol des territoires du Nord et du Pas de Calais. Il qualifie les différents types d'espaces (urbain, agricole et naturel) selon deux dimensions (le couvert du sol et l'usage du sol) et permet de suivre les dynamiques territoriales. Le couvert du sol est une vue physionomique du terrain (OCS) (forêt, bâti...). L'usage du sol (US) (ou la fonction) est une vue anthropique (habitat, activités...).

2.3.2 Usages des sols dans l'emprise du projet

La caractérisation de l'occupation du sol sur la zone de projet (Cf. Figure 4) a été réalisée grâce aux données du référentiel d'occupation du sol OCS^{2D} de la région Pas-de-Calais, publiées en 2018. L'usage du sol a été ici analysé.

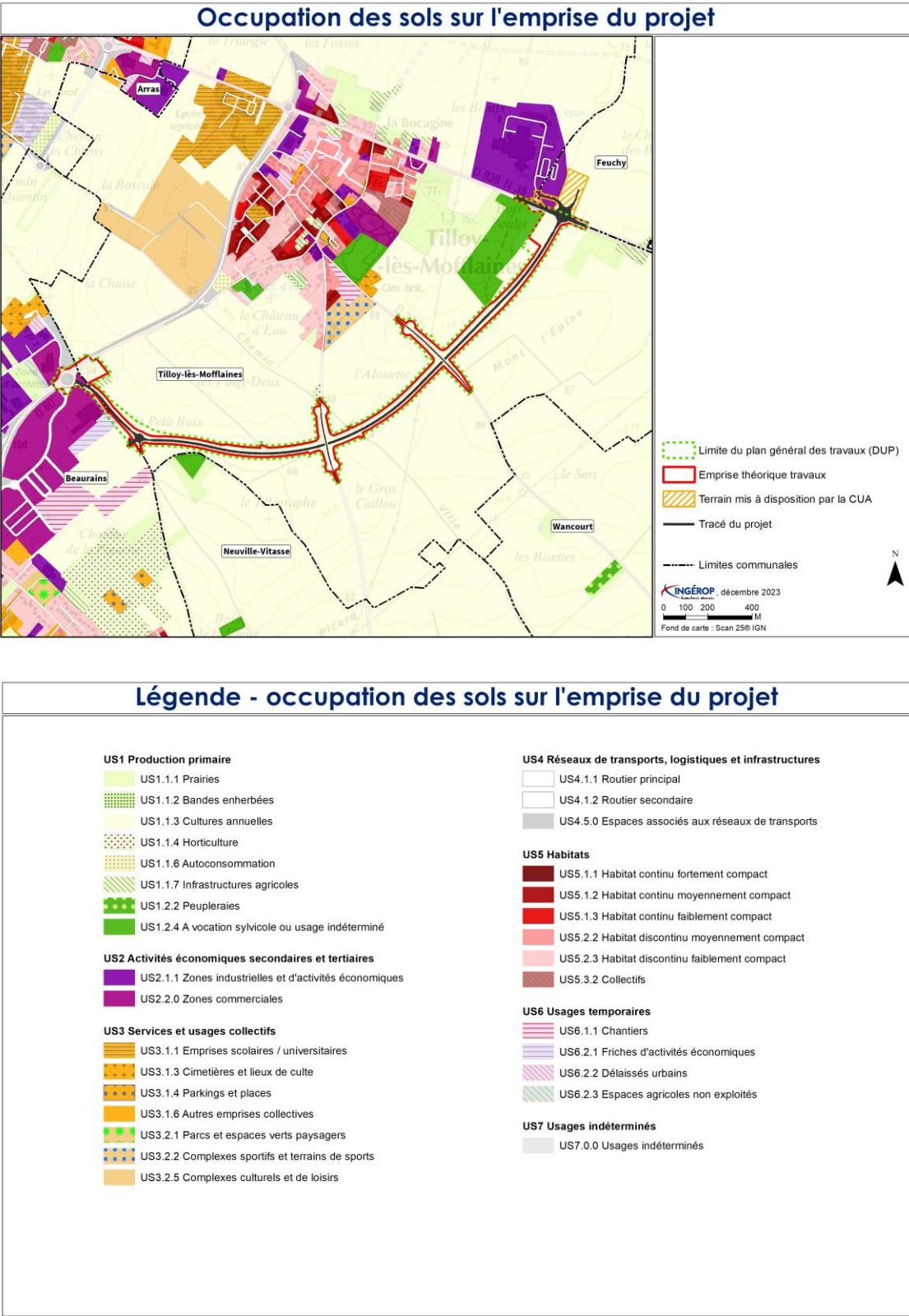


Figure 4 : Types d'occupation du sol sur les emprises de travaux du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines
(Source : OCS^{2D}, région Pas-de-Calais, publié en 2018, prises de vue de 2015, Ingerop 12/2023)

11 Jean-Pierre Chery, Occupation du sol [archive], Maison de la télédétection, 21 juin 2005.

La figure ci-après présente la proportion des différents types d'occupation du sol au sein de l'emprise travaux du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines.

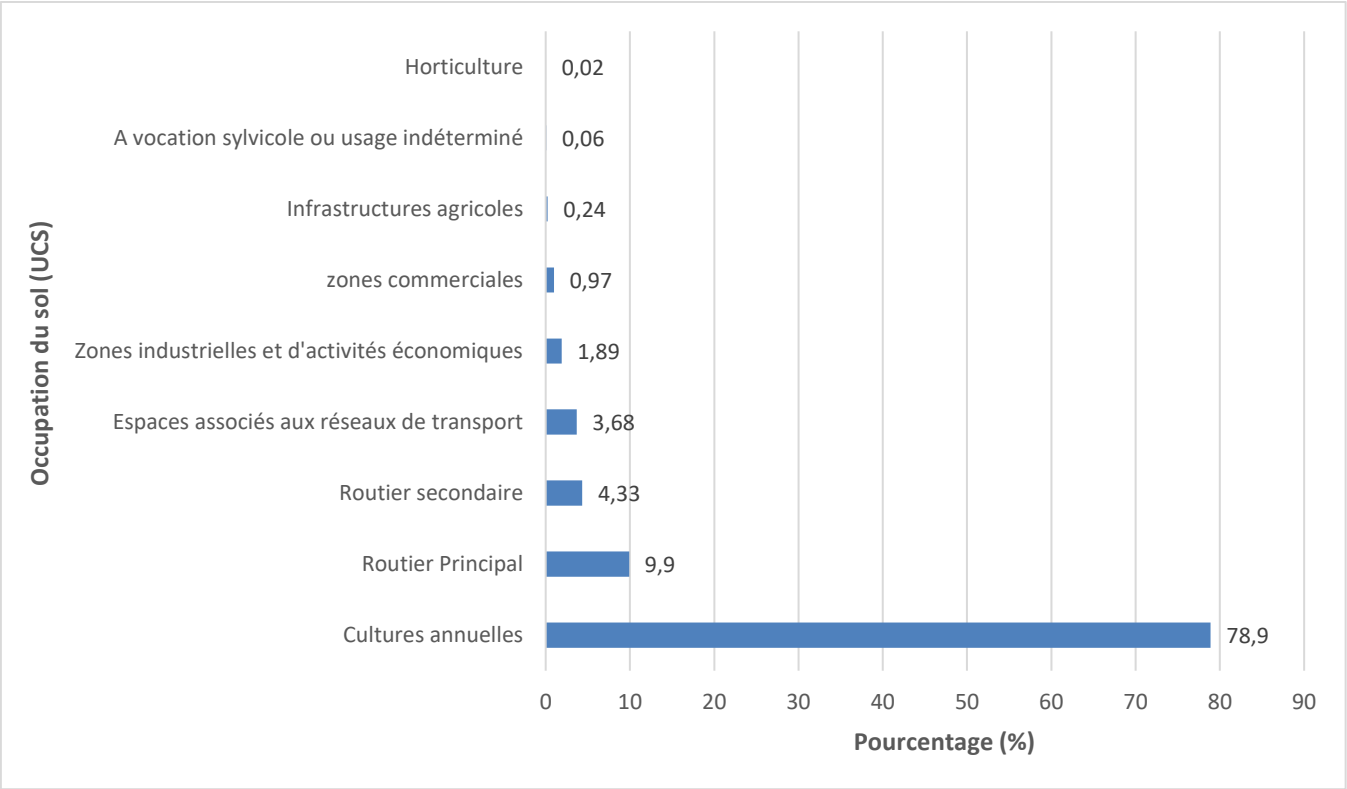


Figure 5 : Proportion des types d'occupation du sol sur les emprises travaux du projet
(Source : OCS^{2D}, région Pas-de-Calais, publié en 2018, prises de vue de 2015)

2.3.3 Conclusion sur l'occupation et l'usage des sols au droit des emprises du projet

L'occupation des sols sous l'emprise travaux du projet est majoritairement composé d'espaces agricoles (78,9%).

Les autres types d'occupation du sol qui représentent une part notable de l'occupation du sol sont le routier principal et secondaire (9,9% et 4,33%) et les espaces associés aux réseaux de transport (3,7%).

Les différents types d'occupations du sol impactés renseignent *in fine* sur les caractéristiques et fonctions des sols qui seront impactés par le projet. Les sols en milieux agricoles n'ont par exemple pas les mêmes caractéristiques que des sols en milieu forestier ou au niveau de prairies. Il y aura donc différents types de services écosystémiques qui seront impactés.

3 QUANTIFICATION ET QUALIFICATION DES IMPACTS DU PROJET SUR LES DIFFERENTS TYPES DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES DES SOLS RENCONTRES

3.1 Méthodologie globale d'évaluation des impacts

NOTA : L'analyse permettant d'estimer les impacts du projet sur les principaux services écosystémiques des types de sols identifiés dans les emprises du projet (Cf. voir chapitre 1) est fortement limitée par le manque de données quantitatives (rendement de production des boisements impactés vis-à-vis de la sylviculture, estimation de la quantité de carbone nouvellement stocké dans les sols par la mise en place des mesures compensatoires vis-à-vis du milieu naturel, etc.). Il s'agit ici d'une analyse globalement qualitative.

Au vu des principaux types d'occupation du sol et des caractéristiques des sols (pédologie) identifiés sur les emprises travaux du projet, les types de services écosystémiques impactés par le projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines peuvent être estimés.

Ainsi, la suite du document vise à présenter plus en détails chacun de ces services écosystémiques et de tenter de quantifier, quand cela est techniquement possible, les impacts du projet de contournement routier de Tilloy-lès-Mofflaines. Les mesures d'Evitement-Réduction et si besoin de Compensation (ERC) de ces impacts, mises en œuvre, sont aussi décrites.

3.2 Services d'approvisionnement

Il s'agit des produits obtenus directement des écosystèmes pour l'alimentation, l'énergie combustible, la fabrication de matériaux, la pharmacopée, etc.

3.2.1 Production agricole

3.2.1.1 Les services écosystémiques apportés par les sols pour l'agriculture

Quelques chiffres clés : les sols, support de la production alimentaire

- Grâce à une gestion durable des sols, nous pourrions produire jusqu'à **58%** de nourriture en plus.
- **95%** de nos aliments viennent des sols.
- Dans le monde entier, près de 80% de la consommation calorique moyenne de chaque personne trouve son origine dans les cultures directement cultivées dans les sols.

Source : www.afes.fr.

D'après Christian Walter et al. 2015¹², 90% des besoins nutritionnels de la population humaine sont couverts par des produits végétaux ou animaux fournis directement ou indirectement par les sols.

¹² Christian Walter, Antonio Bispo, Claire Chenu, Alexandra Langlais, Christophe Schwartz. Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. Cahiers Demeter, pp.53-68, 2015.

Ces productions dépendent directement des sols notamment par :

- Le rôle de support des cultures apporté par les sols,
- Les propriétés des sols :
 - Fertilité chimique, elle permet une forte productivité végétale tout en minimisant les apports extérieurs de matières fertilisantes.
 - La teneur en eau et la capacité à la drainer,
 - La compaction (tassement du sol),
 - La texture,
 - La granulométrie,
 - [...].

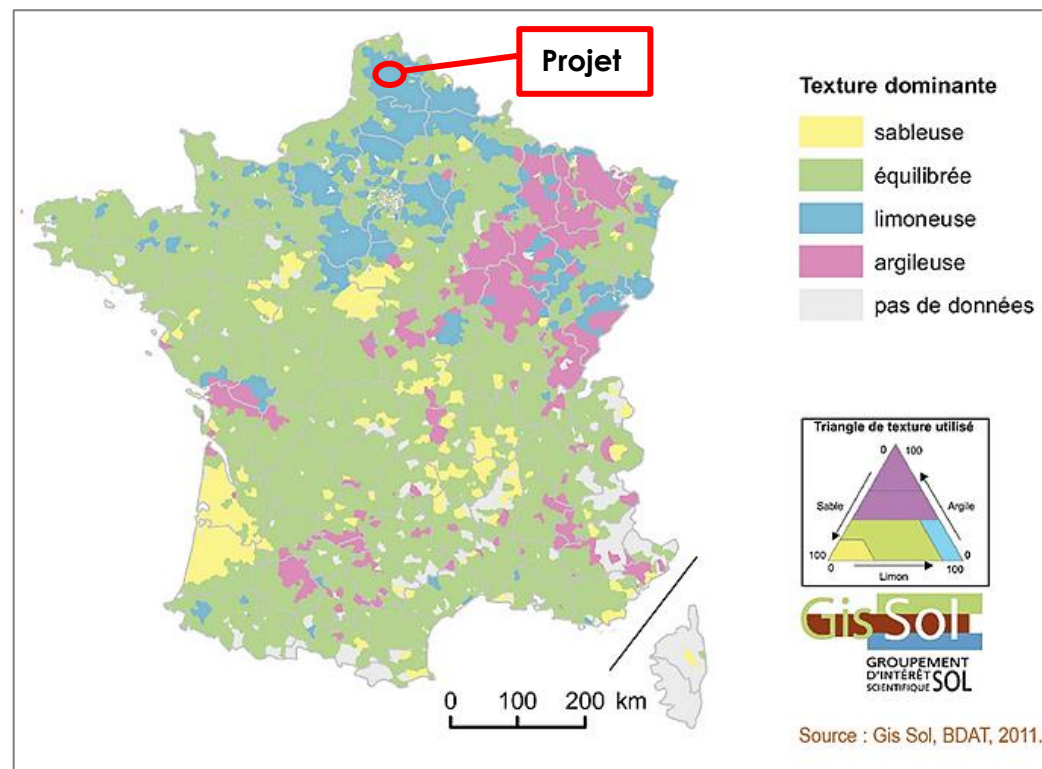


Figure 6 : Texture dominante de l'horizon supérieur des sols agricoles par canton en France métropolitaine

(Source : Gis sol, BDAT, 2011)

Dans le Pas-de-Calais, les sols sont de type limoneux, ce qui leur confère une bonne aptitude à la production agricole mais les rend sensibles à la compaction. Le limon éolien, caractérisant la zone de projet, ressuie toutefois relativement rapidement mais reste très sensible à l'érosion.

Le **ressuyage** correspond au fait de débarrasser le sol de toute trace d'humidité qu'il peut contenir afin de le rendre plus sec.

Les impacts du projet de contournement routier de Tilloy-lès-Mofflaines sur des sols favorables à l'agriculture sont donc particulièrement à prendre en compte et à évaluer.

3.2.1.1 Estimation de la production agricole impactée par le projet

Sur les 18,5 ha d'emprise du projet, 78,9% sont des terres agricoles. Cela représente 14,6 ha.

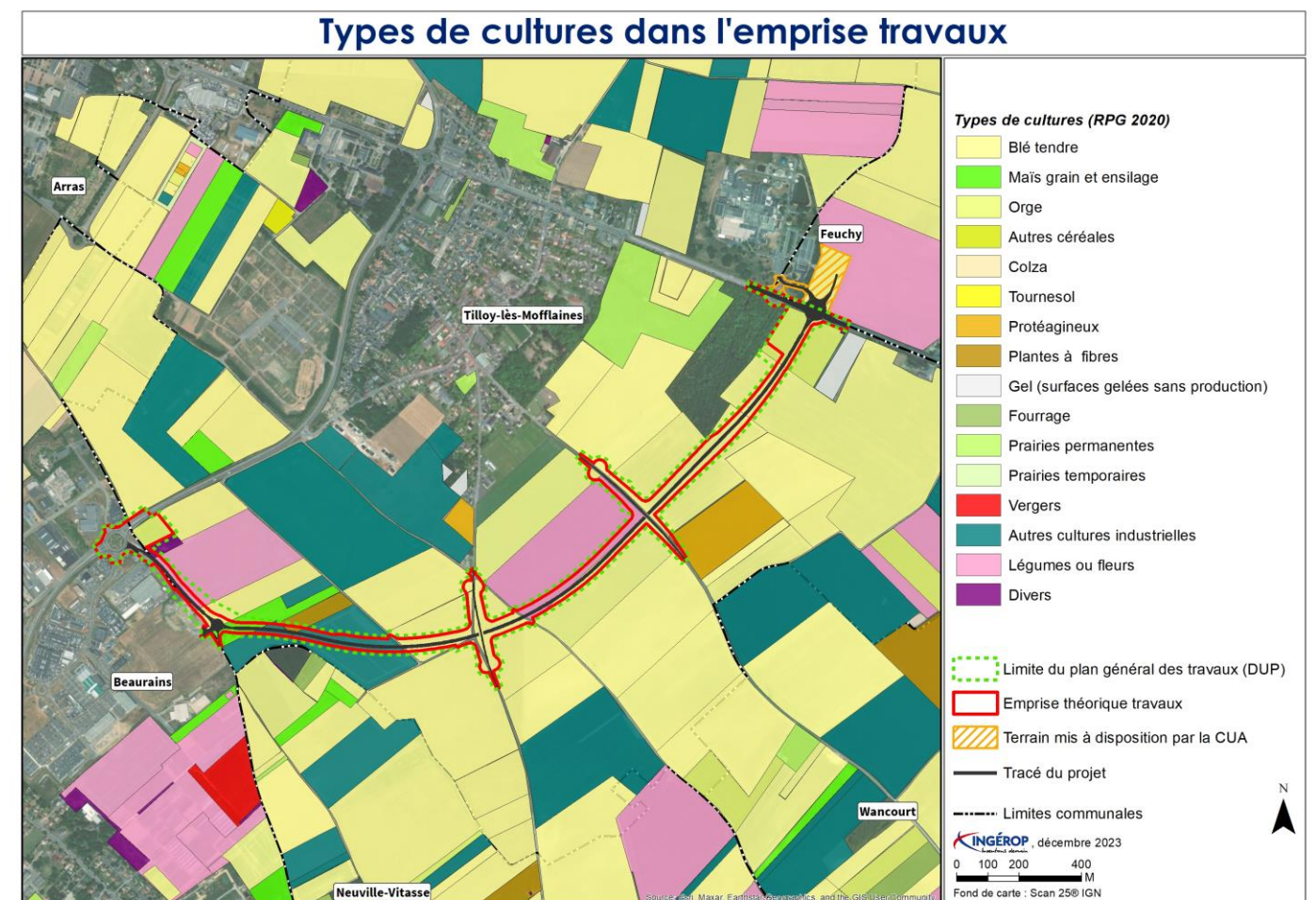


Figure 7 : Types de cultures recensées au droit des emprises travaux du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines

(Source : Géo2France : Registre parcellaire graphique (RPG) région Pas-de-Calais – 2020, Ingerop 12/2023)

Au vu de l'occupation du sol et des types de cultures, le territoire au sein de l'emprise travaux du projet n'est pas concerné par des productions liées à l'industrie textile, à l'extraction de matériaux en mutation (anciennes carrières, mines ou sablières en mutation réaménagées ou non sans autre usage identifiable), à des matériaux bruts extraits des sols pour servir de support horticole ou de matériaux de constructions ni à la production de produits biochimiques et pharmaceutiques.

L'impact du projet sur l'agriculture peut être évalué via l'estimation de la perte de production agricole au droit de l'emprise travaux du contournement.

L'estimation de la production agricole impactée correspondante est réalisée à partir :

- Du dénombrement des surfaces agricoles impactées par le projet par typologie de cultures, basé sur les données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) de 2020,

- Des Statistiques Agricoles Annuelles (SAA) de l'Agreste pour le département du Pas-de-Calais, en 2020. Ces statistiques indiquent notamment des données de rendements, par cultures ou familles de cultures, exprimées en quintal par hectare. Les données statistiques quant à elles datent de 2019.

Familles de cultures	Types de cultures	Surface impactée (en ha)	Part (en %)
Céréales	Blé tendre d'hiver et orge de printemps	10,1	69
Betteraves industrielles	Betteraves non fourragères	1,7	11,6
Pomme de terre de consommation	/	1,6	10,9
Protéagineux	Petit pois et pois de printemps	0,5	3,4
Cultures fourragères	Maïs ensilage	0,5	3,4
Cultures industrielles	lin	0,1	0,7
Jachère	Surfaces agricoles temporairement non exploitées	0,1	0,7
TOTAL		14,6	100

	Surfaces (ha)	Rendement (q/ha)
Céréales	212 473	96
Pomme de terre de consommation	26 396	438
Betteraves industrielle	38 820	925

Tableau 2 : Part des différents types de cultures impactées par le projet (RPG 2020)
(Source : Géo2France : Registre parcellaire graphique (RPG) région Pas-de-Calais - 2020)

Les parts des cultures impactées, présentées en Figure 8, sont représentatives de l'année 2019 et ne permettent donc pas de prendre en compte la rotation annuelle des cultures. De même, elles ne prennent pas en compte les rotations culturales au sein d'une même année. Afin d'obtenir des chiffres plus représentatifs d'un assolement type sur l'emprise travaux du projet, et non exclusivement en 2019, ces cultures ont été regroupées en familles. Ces familles permettent de mettre en évidence de grandes orientations de cultures sur la zone, dont les proportions peuvent être estimées relativement constantes dans le temps.

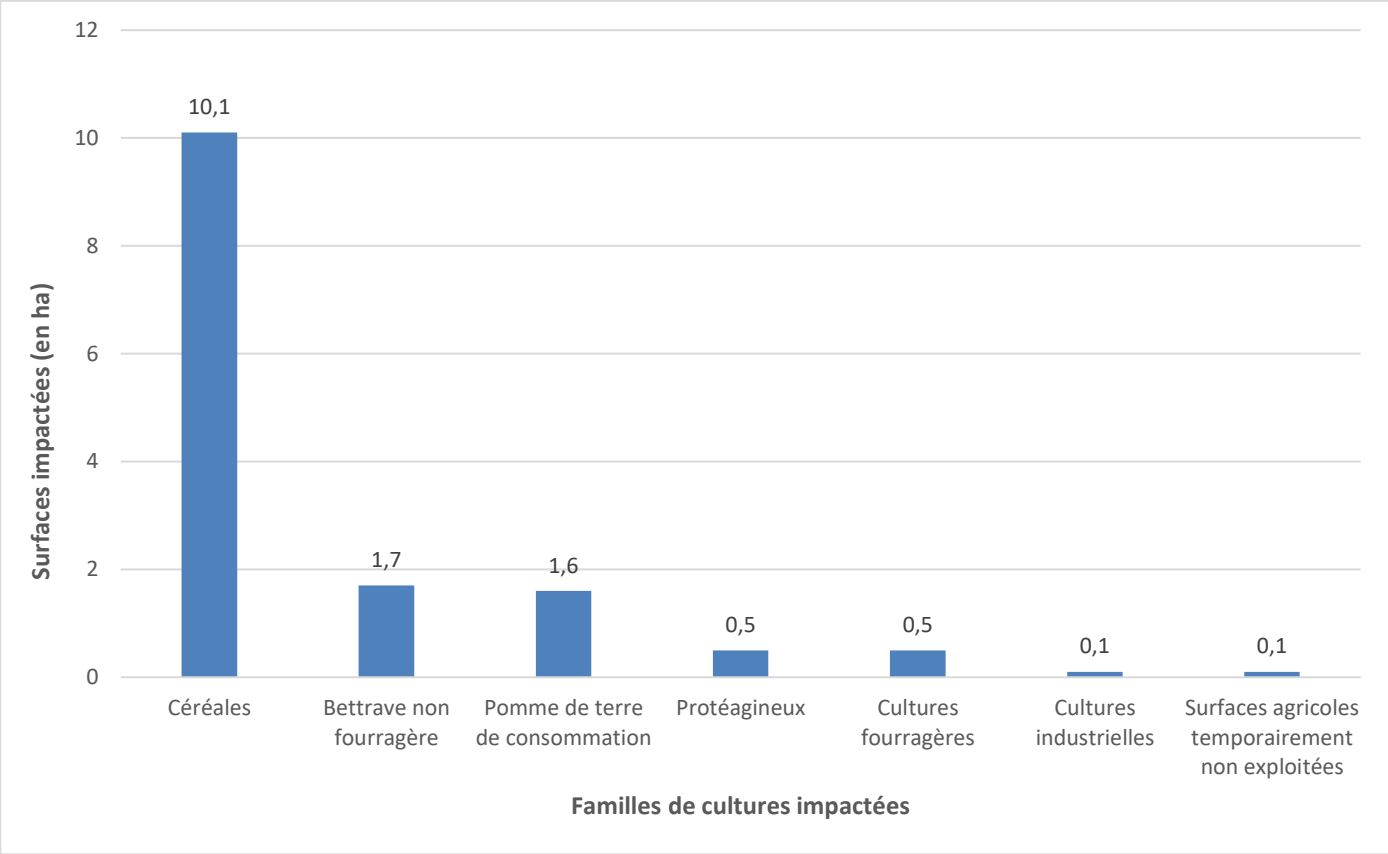


Figure 8 : Surfaces agricoles impactées par le projet par familles de cultures
(Source : Géo2France : Registre parcellaire graphique (RPG) région Pas-de-Calais - 2020)

D'après le tableau ci-avant, les trois types de cultures les plus représentées au sein de l'emprise du projet sont les suivantes :

- Céréale : 69%
- Betteraves non fourragères : 11,6 %
- Pomme de terre de consommation : 10,9 %

Le Mémento de l'Agreste des Hauts-de France en 2020¹³ renseigne sur les surfaces et les rendements obtenus pour ces cultures en 2019 dans le département du Pas-de-Calais :

¹³ [Agreste Hauts-de-France : Mémento 2020 - DRAAF Hauts-de-France \(agriculture.gouv.fr\)](#), consulté le 16/08/2023

A partir de ces données et des rendements par culture et par hectare (Agreste), il est possible de conclure sur l'impact du projet sur la production agricole annuelle des 14,6 ha dans l'emprise du projet.

Ces trois types de cultures les plus représentatives dans l'emprise du projet ont été sélectionnées pour représenter la production agricole annuelle impactée par le projet (Cf. Figure 9).

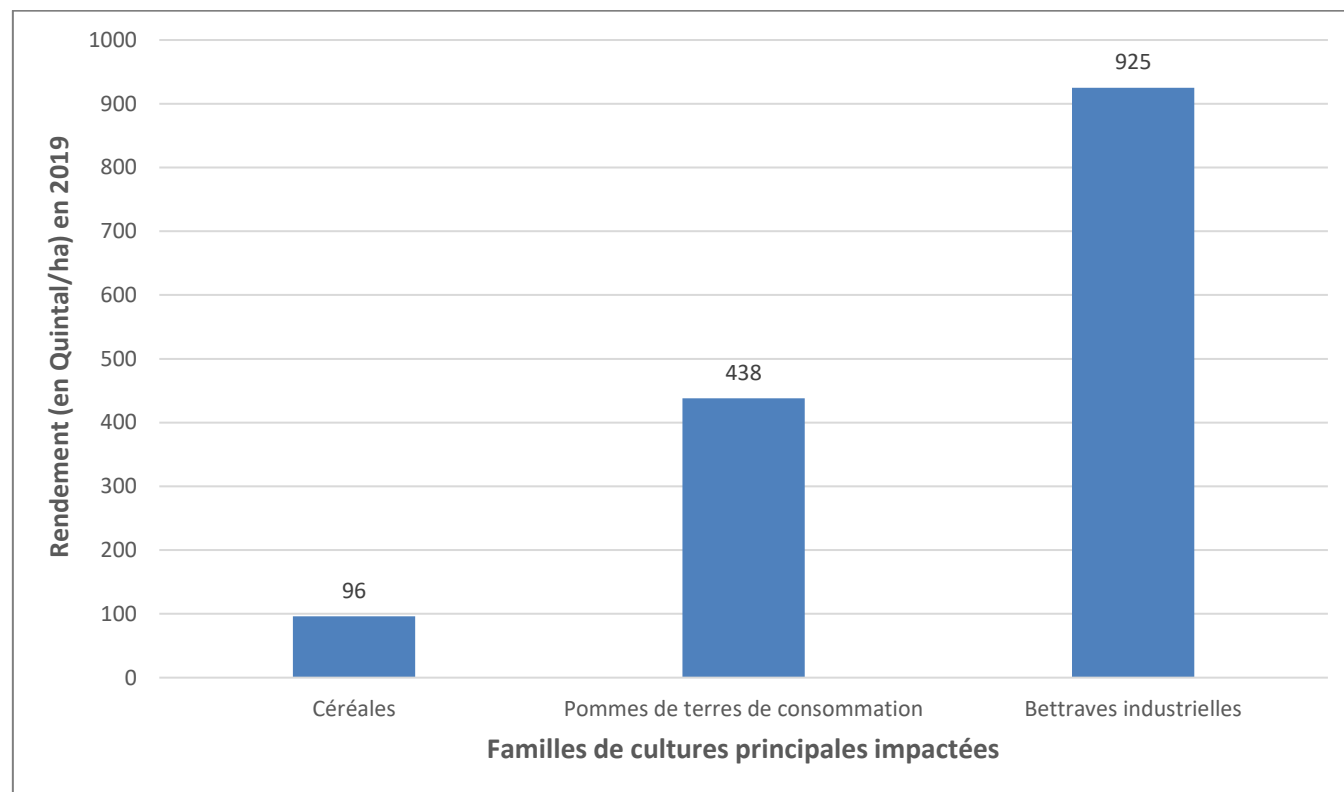


Figure 9 : Productions agricoles impactées par le projet par familles de cultures

(Source : Géo2France : Registre parcellaire graphique (RPG) région Pas-de-Calais - 2020)

Les impacts sur la zone de projet considérée comme le support d'une production agricole annuelle d'environ 1 459 quintaux sont donc forts et notamment sur la production de :

- Betteraves industrielles (63,4% environ),
- Pomme de terre (30%),
- Céréales (6,6%).

3.2.1.2 Mesures de réduction des impacts sur la production agricole

Réduction de l'emprise routière

Du point de vue de l'emprise sur le foncier, le tracé du projet traverse de nombreuses parcelles et a un effet de coupure des parcelles agricoles.

Avec une emprise maximale directe de 14,6 ha de terres agricoles. L'impact du projet reste relativement faible à l'échelle de l'ensemble de la commune.

Le passage du projet au milieu d'une plaine agricole peut entraîner une désorganisation du parcellaire et des allongements de parcours pour les exploitants.

Le Conseil Départemental du Pas-de-Calais, maître d'ouvrage de l'infrastructure, en application de l'article L123-24 du Code rural et de la pêche maritime, remédiera aux dommages causés en participant financièrement, à l'opération d'Aménagement Foncier Agricole Forestier et Environnemental (AFAFE) de travaux connexes visant notamment à recomposer le parcellaire agricole et sa desserte.

Réseau routier adapté au monde agricole

La future infrastructure routière pourra accueillir la circulation des engins agricoles. D'autre part, le projet prévoit de créer deux carrefours giratoires et d'en réaménager un autre. Ils pourront être empruntés par les agriculteurs (G1 : ZA Boréal à l'intersection de la RD60, G2 : nouvel accès à la future extension de la ZA Boréal, G3 : accès à Häagen Daz et future extension de la ZI Est à l'intersection de la RD939). Ceux-ci seront donc adaptés au passage d'engins agricoles à gros gabarit (moissonneuses-batteuses, etc.).

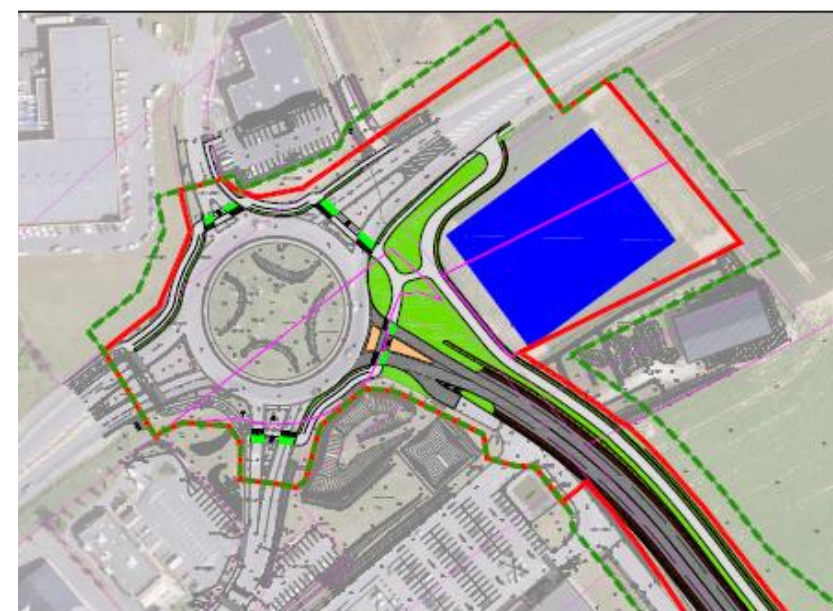


Figure 10 : Giratoire G1

(Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais)



Figure 11 : Giratoire G2

(Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais)

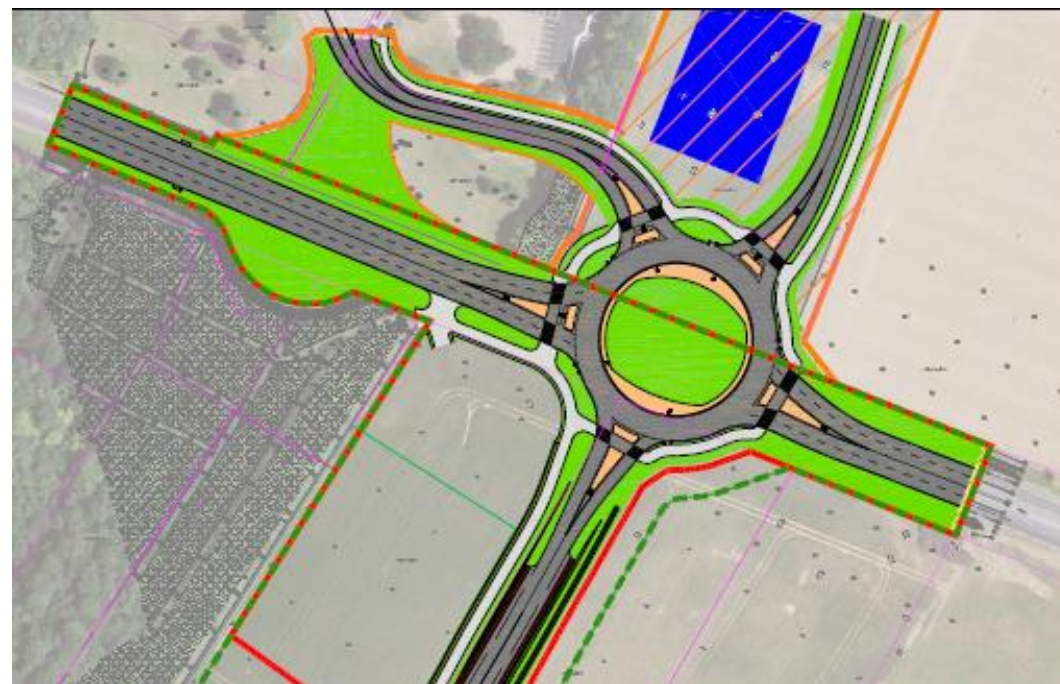


Figure 12 : Giratoire G3

(Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais)

La création de voies parallèles au projet mixtes répond à plusieurs objectifs :

- Le désenclavement de certaines parcelles ;
- La réduction des temps de parcours ;

Restitution des emprises temporaires aux agriculteurs

À ce stade des études, le projet final aura une emprise de 18,50 ha (sous réserve d'ajustement dans le dossier d'enquête parcellaire) dont 14,6 ha de terres agricoles impactés de manière définitive. Les emprises de chantier sont comprises dans les emprises futures du projet de contournement.

Les emprises chantier comprennent :

- La base vie,
- Les stocks provisoires de terres,
- Pistes de chantier.

Les emprises de chantier sont entièrement comprises dans les emprises futures du projet de contournement. Aucune emprise temporaire ne sera donc nécessaire.

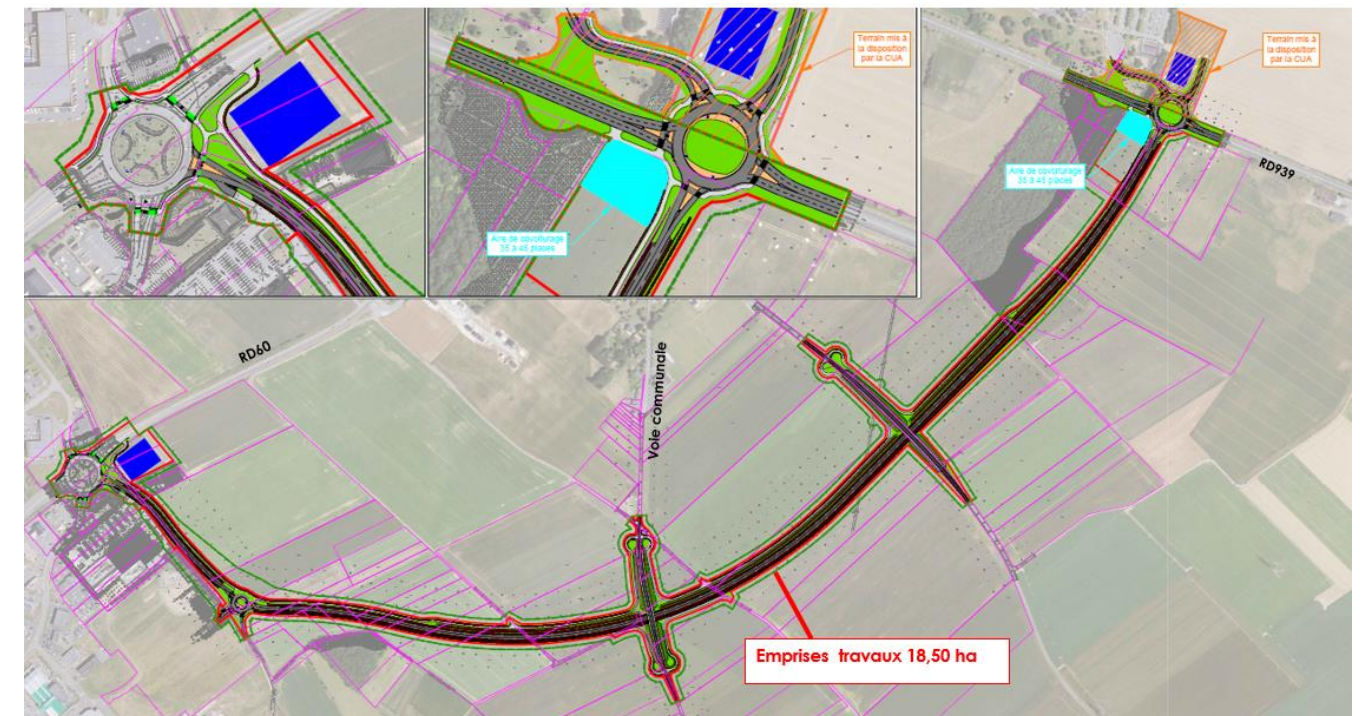


Figure 13 : Emprises travaux du contournement routier

(Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais)

Zones de dépôts temporaires de matériaux et des déviations temporaires

Pendant les travaux, diverses mesures seront mises en place afin de faciliter la remise en état postérieure de ces zones. Ces prescriptions porteront sur :

- Le décapage :
 - Les techniques de décapage (séparation des horizons afin de ne pas les mélanger),
 - Le maintien de la fertilité du sol (maintien de la structure poreuse du sol en évitant la compaction),
 - La nécessité de travailler sur des sols ressuyés (qui possède une meilleure portance),
 - La nécessité de réduire autant que possible le poids et la pression au sol.
- L'entreposage des différentes couches de sols agricoles,
- Le remblai du dépôt,

- La remise en place du sol agricole.

D'autres règles complémentaires de remises en état s'appliquent également :

- Les matériaux de démolition des déviations temporaires devront obligatoirement être évacués,
- S'il existe des drainages, ils devront être maintenus en bon état et leur fonctionnement devra être vérifié. Dans l'hypothèse d'une altération ils devront être rétablis.

Mesures d'accompagnement pendant la phase chantier

Pendant la réalisation du chantier et de l'aménagement foncier, la coupure des voiries pourrait entraîner des allongements de parcours importants entre les bâtiments d'exploitation et les parcelles cultivées et donc être dommageables à l'activité agricole.

Des schémas de circulation agricole incluant les circuits d'enlèvement des récoltes seront élaborés avec la profession agricole avant le démarrage des travaux de façon à assurer la continuité de l'activité.

3.2.1.1 Mesures de compensation des impacts sur la production agricole

Compensations individuelles

L'évaluation du préjudice donnera droit à une indemnisation financière et/ou une compensation foncière. L'indemnisation est destinée au propriétaire pour la perte totale ou partielle de son bien et à l'exploitant pour l'atteinte à son outil de travail selon le cadre défini par le code de l'expropriation.

Privilégier la compensation foncière en constituant des réserves foncières

La compensation foncière des exploitations agricoles impactées par le projet a pour but de préserver le potentiel économique et de maintenir leur rentabilité.

La compensation foncière apparaît comme une mesure à privilégier pour les exploitations dont la perte de surface entraînerait une conséquence importante sur leur exploitation.

Le Conseil Départemental du Pas-de-Calais, maître d'ouvrage de l'infrastructure, en application de l'article L123-24 du Code rural et de la pêche maritime, remédiera aux dommages causés en participant financièrement, à l'opération d'Aménagement Foncier Agricole Forestier et Environnemental (AFAFE) de travaux connexes visant notamment à recomposer le parcellaire agricole et sa desserte.

Compensations collectives : le principe « éviter, réduire, compenser »

L'exigence ERC appliqué à l'agriculture met l'accent sur les enjeux prioritaires d'Eviter et de Réduire. Le prélèvement pourra nécessiter une compensation collective destinée à maintenir à son niveau l'économie agricole du territoire, après réalisation d'une étude d'impact.

La loi d'avenir pour l'agriculture de 2014 est venue créer l'article L.112-1-3 au sein du code rural :

« Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics ou privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation, sont susceptibles d'avoir des conséquences négatives importantes sur l'économie agricole, font l'objet d'une étude préalable comprenant au minimum une description du projet, une analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire concerné, l'étude des effets du projet sur celle-ci, les mesures envisagées pour éviter et réduire les effets négatifs notables du projet ainsi que des mesures de compensation collective visant à consolider l'économie agricole du territoire. L'étude préalable et les mesures de compensation sont prises en charge par le maître d'ouvrage. Un décret détermine les modalités d'application du présent article, notamment les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui doivent faire l'objet d'une étude préalable. »

Le Décret n° 2016-1190 du 31 août 2016 relatif à l'étude préalable et aux mesures de compensation est ainsi venu préciser les dispositions de cet article. Les projets soumis à cette étude sont les projets soumis à étude d'impact environnementale obligatoire et dont la surface agricole prélevée définitivement est supérieure à un seuil fixé au niveau départemental.

Le seuil fixé au niveau du département du Pas-de-Calais est de 5 ha. Le projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines a été soumis à étude d'impact par décision du 12 juillet 2021 de l'autorité en charge de l'examen au cas par cas. Il n'est donc pas soumis à une étude agricole préalable.

3.2.2 Production sylvicole

3.2.2.1 Les services écosystémiques apportés par les sols pour la sylviculture

La production forestière dépend notamment du niveau hydrique des sols. Ce dernier peut être déterminé en fonction de la flore qui y est rencontrée.

La zone d'emprise du projet comprend peu de boisements importants, hormis le bois Poulet (bois classé). Il s'agit d'une forêt de feuillus d'environ 8 ha.

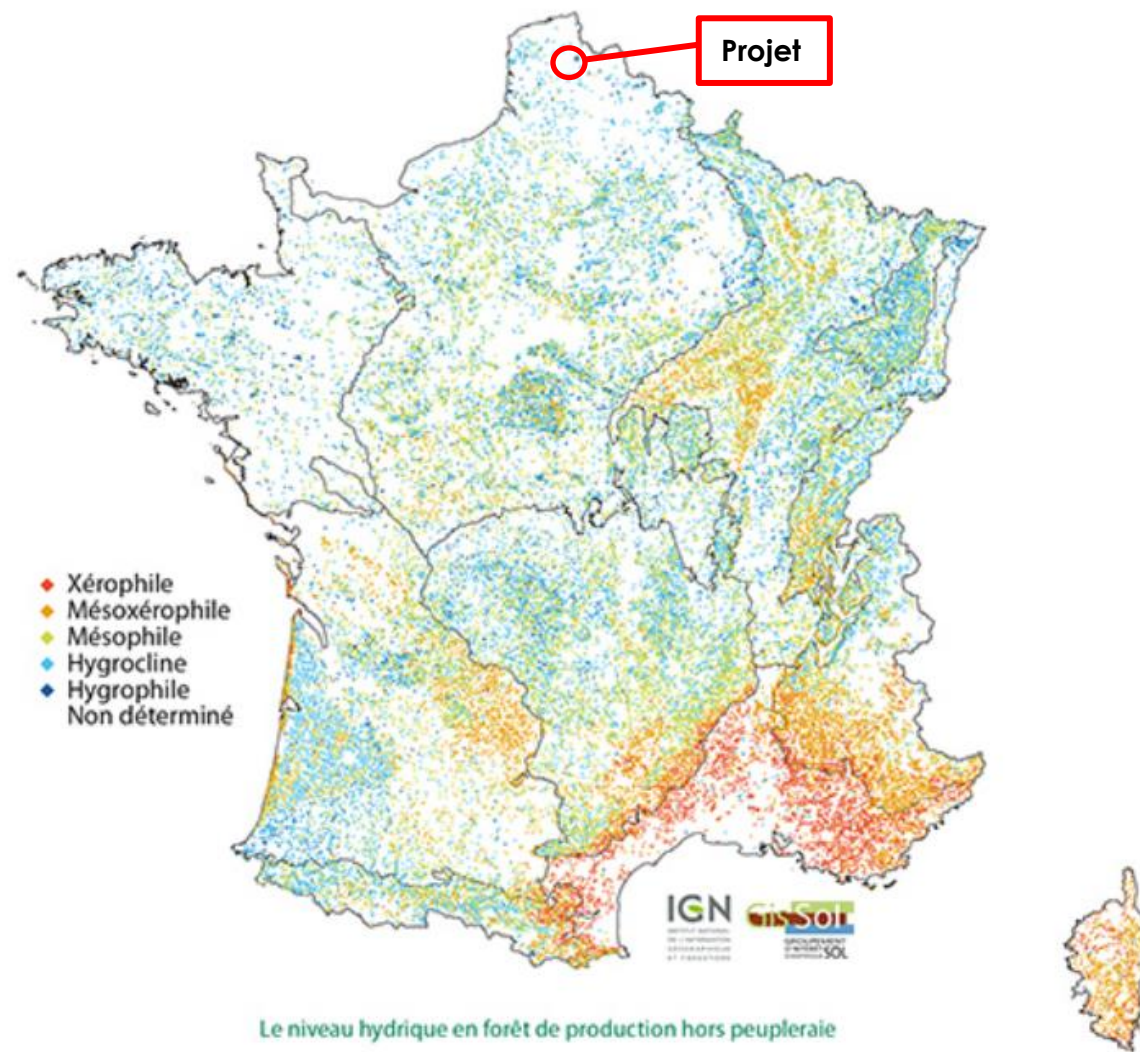


Figure 14 : Niveaux hydriques en forêt de production (hors peupleraie) en France métropolitaine
(Source : Gis sol, IGN, date non déterminée)

Hormis pour les sols gorgés d'eau, la zone de projet est donc relativement favorable à la production sylvicole.

3.2.2.1 Estimation de la production sylvicole impactée par le projet

La production forestière peut être déterminées en fonction de la flore qui est rencontrée dans la zone d'étude.

Le projet, situé au Sud de la commune, est constitué au Nord-Est d'un boisement (bois Poulet). Il s'agit d'un boisement mésotrophe et eutrophe non humide. Un boisement de frênaies non riveraines est également présent au sud du tracé du projet.

Cartographie des habitats

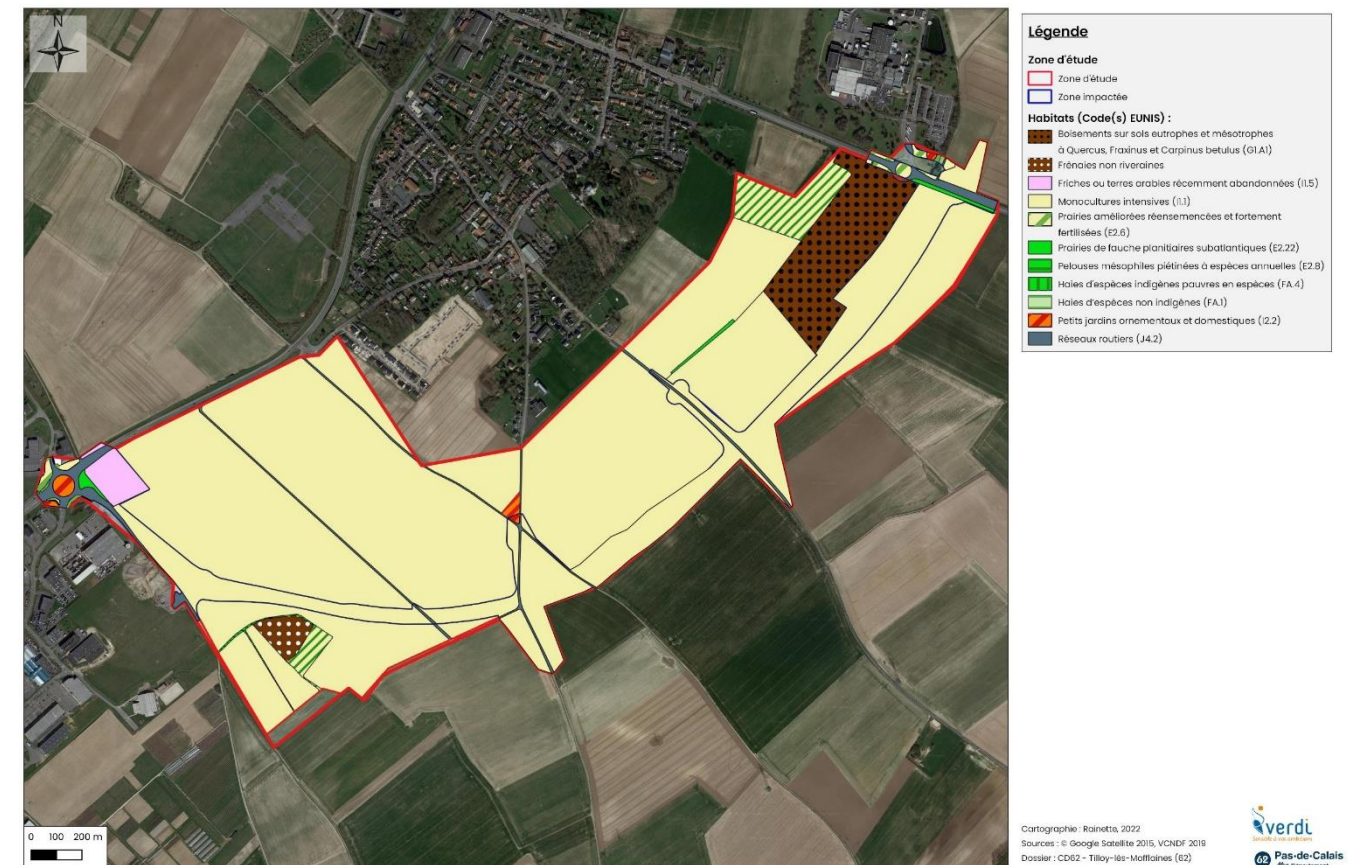


Figure 15 : Cartographie des habitats présents sur la zone d'étude
(Source : Rainette, 2023)

Boisements-mésotrophes-et-eutrophes-à-Quercus,Carpinus,Fraxinus,Acer,Tilia,Ulmus-et-boisements-associés ^a			
Typologie ^a			
Typologie-Eunis: ^a	GLA1 ^a	Correspondances-Corine-Biotope: 41.2 ^a	
Code-PVF: 57-- <u>Quercus-roboris-Fagetea-sylvaticae</u> Br.-Bl.-&-J.-Vlieger-in-J.-Vlieger-1937 ^a			
Habitats-Natura-2000: ^a	NI ^a	Habitats-de-zones-humides: ^a	(pp.)-ici-Non ^a



Description^a

Cet-habitat-représente-l'ensemble-des-boisements,-forêts-et-plantations-dominés-par-des-arbres-non-conifères-feuillus-en-été-et-perdant-leurs-feuilles-en-hiver.- Cette-unité-inclut-les-forêts-comportant-aussi-des-espèces-sempervirentes,-pouvru-que-les-caducifoliés-dominent.-Sont-exclues-les-forêts-mixtes-où-la-proportion-de-conifères-dépasse-25%¶

¶

Végétations-multistratifiées,-chacune-des-strates-principales-(arborescente,-arbustive,-herbacée)-pouvant-généralement-être-décomposée-en-sous-strate-haute-et-sous-strate-basse.-La-strate-arborescente-est-dense-et-peut-atteindre-30-à-40-mètres.-La-densité-et-la-composition-de-la-strate¶

arbustive-dépendent-d'une-part-du-régime-forestier-et-d'autre-part-de-la-trophie-et-du-pH-du-sol-(les^a

végétations calcicoles sont globalement plus diversifiées). La densité du couvert arborescent limite fortement la lumière parvenant au sous-bois et oblige les espèces herbacées à s'adapter. On observe au printemps un tapis parfois dense d'espèces à organes de réserve souterrains (géophytes) parvenant à réaliser leur cycle végétatif avant la foliation des arbres, tandis qu'en été le sous-bois est composé d'espèces peu exigeantes en lumière (sciaphiles), des fougères notamment.

Mais la forêt n'est pas exclusivement structurée par les végétaux. Les champignons y jouent un rôle capital, notamment par les mycorhizes qui mettent en réseau les végétaux par leur système racinaire ou même qui permettent l'existence d'espèces dites saprophytes (*Neottia nidus-avis* par exemple) qui vivent finalement en parasites des champignons.

Sur le site, le boisement est à un stade de développement trop précoce et trop perturbé par des coupes pour permettre de représenter une végétation caractéristique d'une unité phytosociologique plus précise.

Flore caractéristique

Les espèces caractéristiques observées sont : *Circaea lutetiana* L., *Rumex sanguineus* L., *Carpinus betulus* L., *Lamium galeobdolon* (L.) L., *Acer campestre* L., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Prunus avium* (L.) L.

Vulnérabilité et menace

Les principales menaces qui pèsent sur les boisements sont la gestion sylvicole plus intense, le tassement du sol par le passage d'engins d'exploitation et l'eutrophisation.

C'est une végétation commune (C) dans le Nord-Pas de Calais et non menacée. L'habitat est non communautaire et non caractéristique de Zones Humides (recouvrement insuffisant des espèces indicatrices).

Etat de conservation et dynamique

Sur le site, ce boisement est en mauvais état de conservation car la végétation n'est pas encore constituée.

Frênaies non riveraines	
Typologie	
Typologie Eunis-: GLA2	Correspondances Corine Biotope : 41.3
Code PVF : 57.0.31.1 - <i>Fraxina excelsioris-Quercion roboris</i> Rameau 1996 nom. inval.	
Habitats Natura 2000 : NI	Habitats de zones humides : (pp.) ici Non



Description

Il s'agit de végétations forestières dominées par le Frêne commun et le Chêne pédonculé. Elles se développent sur des sols généralement lourds à bonne réserve hydrique (mais non engorgés). Le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) peut être présent mais ne domine généralement pas le groupement (sauf dans les faciès de sylviculture).

Les forêts du *Fraxina excelsioris* - *Quercion roboris* se développent dans les fonds de vallons, sur les terrasses alluviales des vallées et dans les dépressions faibles ou de bas de versants.

Ces végétations sont très riches floristiquement et abritent quelques espèces patrimoniales.

Elles participent également au complexe des végétations forestières des systèmes alluviaux. Selon la richesse en espèces nitrophiles de ces milieux, celles-ci peuvent servir d'indicateur de la rudéralisation des boisements ou de l'eutrophisation des nappes.

Flore caractéristique

Les espèces caractéristiques observées : *Circaea lutetiana* L., *Rumex sanguineus* L., *Carpinus betulus* L., *Lamium galeobdolon* (L.) L., *Acer campestre* L., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L.

Les espèces en gras sont caractéristiques de l'alliance ou de l'ordre. Les autres sont caractéristiques de la classe.

Vulnérabilité et menace

Les principales menaces qui pèsent sur ces végétations sont le drainage, notamment en vue d'une conversion en peupleraies ou d'une gestion sylvicole plus intense, le tassement du sol par le passage d'engins d'exploitation, la modification des hydrosystèmes visant à limiter l'inondation des vallées alluviales et donc à abaisser la nappe et l'eutrophisation par pollution des eaux de la nappe.

C'est une végétation assez commune (AC) dans le Nord-Pas de Calais et non menacée. Elle est non communautaire et non caractéristique de Zones Humides (recouvrement insuffisant des espèces indicatrices).

Etat de conservation et dynamique

Ce sont des chênaies pédonculées en situation de blocage stationnel empêchant l'installation du Hêtre ou du Chêne sessile.

Sur le site, les boisements mésotrophes à eutrophes sont en assez bon état de conservation.

Synthèse :

En conclusion, les habitats de la zone d'étude présentent des enjeux floristiques généralement faibles. Les peuplements de Hêtres potentiellement présents dans le boisement de frênaies non riveraines présentent un intérêt pour la production sylvicole. Les peuplements de hêtraies prennent place dans des forêts relativement fragmentées, ce qui favorise une utilisation du bois pour un usage personnel ou pour une production commerciale limitée.

3.2.2.2 Estimation des impacts du projet sur la sylviculture

L'impact du projet sur la sylviculture peut être évaluée via l'estimation de la perte de production sylvicole au droit du tracé du projet.

Le tracé du contournement n'intercepte aucun boisement. La production sylvicole potentielle du secteur n'est donc pas impactée.

3.2.2.3 Mesures d'évitement des impacts sur la production sylvicole

Mesure d'évitement

Une optimisation du tracé a permis d'éviter le boisement principal (bois poulet) qui se situe au sud de la commune de Tilloy-lès-Mofflaines.

3.2.1 Synthèse des impacts du projet sur les services d'approvisionnements et mesures associées

Pour rappel, les services écosystémiques d'approvisionnement sont les produits obtenus directement des écosystèmes pour l'alimentation, l'énergie combustible, la fabrication de matériaux, la pharmacopée, etc.

Ainsi ce type de service écosystémique est globalement constitué des services obtenus par les productions agricoles et sylvicoles.

Le tableau ci-dessous récapitule les niveaux d'impacts du projet sur les services d'approvisionnement en fonction de l'occupation du sol dans l'emprise du projet.

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesure correctrice	Impacts résiduels	Mesure compensatoire
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
Services écosystémiques										
Approvisionnement	Production agricole	✓	⊗	⊗	⊗	L'emprise du projet impacte 14,6 ha de terres agricoles. La consommation de terres agricoles pouvant remettre en cause le bon fonctionnement de ces exploitations et engendrant une perte de revenus.	Fort	Limiter au strict nécessaire les emprises liées au chantier (toutes les emprises chantier se trouvent dans l'emprise future du projet : base vie, pistes de chantier et zones de stockage temporaire) afin de limiter au maximum l'impact sur la production agricole.	Acquisitions de terrains : Impact Moyen	Concertation avec les exploitants pour mettre en œuvre des mesures au cas par cas (aménagements agricoles et fonciers, indemnisations, acquisition à l'amiable...) Indemnisations
	Production sylvicole	⊗	⊗	⊗	✓	Le projet n'impacte aucun boisement en phase travaux comme en phase exploitation (aucune exploitation forestière n'est impactée).	Négligeable	Les mesures d'évitement et de réduction prévues pour limiter l'impact sur les habitats boisés sont les suivantes : <u>Mesure d'évitement</u> E1 – Délimitation des emprises du chantier : Cette mesure permet de limiter la destruction d'habitats à proximité immédiate du projet. Les dépôts temporaires et la base vie de chantier seront réalisés dans les emprises futures de D'autre part, une optimisation du tracé a permis d'éviter le Bois Poulet au niveau du sud-est de la commune de Tilloy-lès-Mofflaines. La production sylvicole du secteur est ainsi préservée.	Sans objet	Sans objet

Légendes :

✓	Concerné par la fourniture du service écosystémique
⊙	Un peu concerné par la fourniture du service écosystémique
✗	Pas ou très peu concerné par la fourniture du service écosystémique

3.3 Services de régulation

Il s'agit des fonctions de régulation de processus naturels exercées par les écosystèmes qui bénéficient à l'Homme. Ils incluent des services aussi divers que la régulation du climat et de la qualité de l'air, le cycle de l'eau, la dégradation de polluants, l'accueil d'organismes...,

3.3.1 Cycle de l'eau

3.3.1.1 Les services écosystémiques apportés par les sols sur le cycle de l'eau

D'après le portail Gis Sol¹⁴, le sol joue un rôle central dans le cycle de l'eau et dans l'émission des éléments chimiques vers l'eau. Plus précisément, il joue un rôle dans les processus suivants :

- Partage entre infiltration et ruissellement,
- Stockage d'eau pour les plantes et accueil des êtres vivants présents dans le sol,
- Transfert d'eau entre l'atmosphère, les nappes d'eau souterraines et les cours d'eau,
- Stockage et transformation de nombreux produits épandus au sol, solides ou liquides, minéraux ou organiques, d'origine agricole, industrielle ou urbaine,
- Rôle tampon et transformations biogéochimiques pour les sols des zones humides,
- Rôle de régulation des crues.

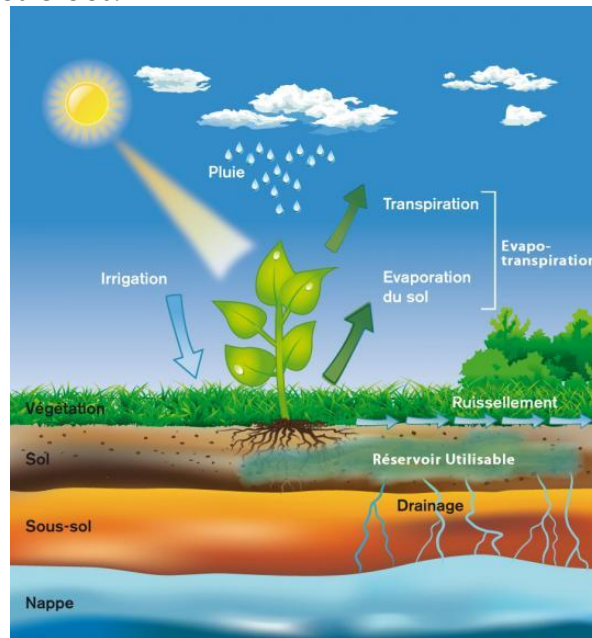


Figure 16 : Le cycle de l'eau à l'échelle du sol

(Source : Les sols : des réservoirs d'eau temporaires essentiels pour les végétaux, INRAE, 2020)

Ce rôle du sol dans le cycle de l'eau a une importance particulière dans l'adaptation au changement climatique via :

- La préservation et l'accroissement des stocks en eau dans les sols dans un contexte d'augmentation de l'évaporation et de limitation de l'irrigation,
- Dans ce domaine, les zones humides permettent notamment de limiter les impacts des événements climatiques extrêmes,

- L'évapotranspiration des végétaux au droit des espaces verts, permettant une réduction locale voire régionale des températures.

De quoi parle-t-on ?

La **battance** est le caractère d'un sol tendant à se désagréger et à former une croûte en surface sous l'action de la pluie ou d'un piétinement important. C'est une des expressions de la régression et dégradation des sols qui voit la disparition de ses agrégats et donc de ses pores et la formation d'une croûte superficielle imperméable sur laquelle l'eau ruisselle rapidement, sous la forme de filets diffus.

Le rôle du sol dans ces processus dépend de plusieurs facteurs :

- La sensibilité à la battance des sols (sensibilité des sols à la fermeture de la porosité en surface), à la formation d'une croûte de battance, réduisant l'infiltrabilité du sol,
- La réserve utile en eau fonction de la texture, de la teneur en éléments grossiers, de la profondeur, notamment vis-à-vis de l'alimentation en eau des plantes,
 - La texture du sol : les sols sableux présentent une forte porosité et donc une faible réserve en eau utile. Au contraire, les sols limoneux, de porosité élevée, sont les sols qui fournissent le plus d'eau utile,
 - La profondeur du sol : plus un sol est épais, plus sa réserve en eaux est importante.
- L'excès d'eau, la teneur en matière organique, l'activité biologique, favorisant la rétention ou la biotransformation des éléments chimiques.

3.3.1.2 Estimation du rôle dans le cycle de l'eau des sols impactés par le projet

D'après le chapitre 2, les sols au droit du projet ont les caractéristiques suivantes :

- Profonds,
- Peu pierreux,
- Limoneux,
- Sensibilité faible au tassement.

Ils sont donc peu sensibles à la battance et relativement favorables au stockage d'eau pour l'alimentation des plantes.

Le projet a pour impact sur les sols et sur le cycle de l'eau :

- Une imperméabilisation des sols, notamment au droit de la section courante, qui ne participent donc plus au cycle de l'eau,
- Une altération des propriétés des sols remaniés lors des travaux : modification de la porosité, de la texture, de la teneur en eau, ce qui peut impacter leur rôle dans le cycle de l'eau,
- Une obstruction des écoulements d'eau, superficiels ou souterrains,
- Une augmentation du ruissellement et de l'érosion des sols.

Les incidences du projet sur le cycle de l'eau sont donc considérées comme fortes.

¹⁴ Portail Gis Sol-Groupement d'intérêt scientifique Sol, www.gissol.fr, consulté le 16/08/2023

3.3.1.3 Mesures de réduction et de compensation des impacts sur les sols et le cycle de l'eau

Les mesures d'évitement-réduction-compensation des impacts du projet sur le cycle de l'eau sont décrites dans le Volume 4 Chapitre 3 « Demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau ».

Le projet a notamment prévu :

- La reconstitution d'espaces naturels permettant le développement d'une végétation apte à réaliser les processus d'évapotranspiration et à limiter les phénomènes de ruissellement (création d'espaces arborés, arbustifs et herbacés). En effet, un aménagement écologique de la zone de récupération et d'infiltration des eaux du bassin versant naturel est prévu.
- La création de bassins d'infiltration des eaux pluviales (assainissement routier BVR1, BVR2+3 après traitement dans des bassins étanches) et de noues d'infiltration (assainissement voie mixte BVR1 et BVR2), lorsque les conditions de sol le permettent, afin de permettre les échanges avec la nappe souterraine.

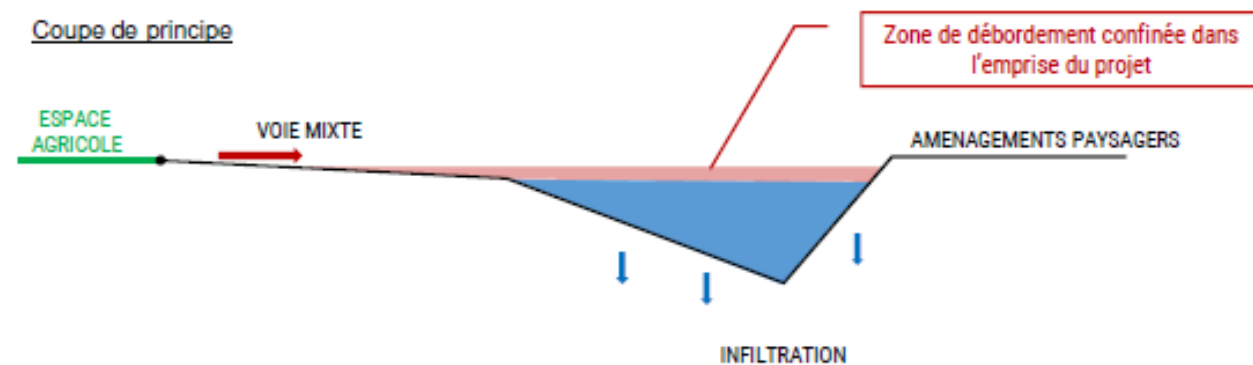


Figure 17 : Coupe de principe de l'assainissement de la voie mixte

(Source : Dossier Loi sur l'Eau -Verdi 04/2022)

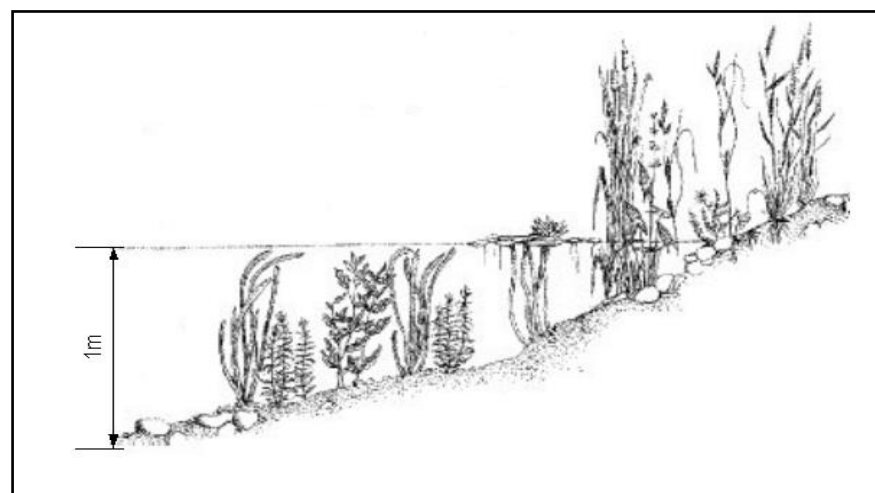


Figure 18 : Etagement de la végétation sur des berges en pente douce

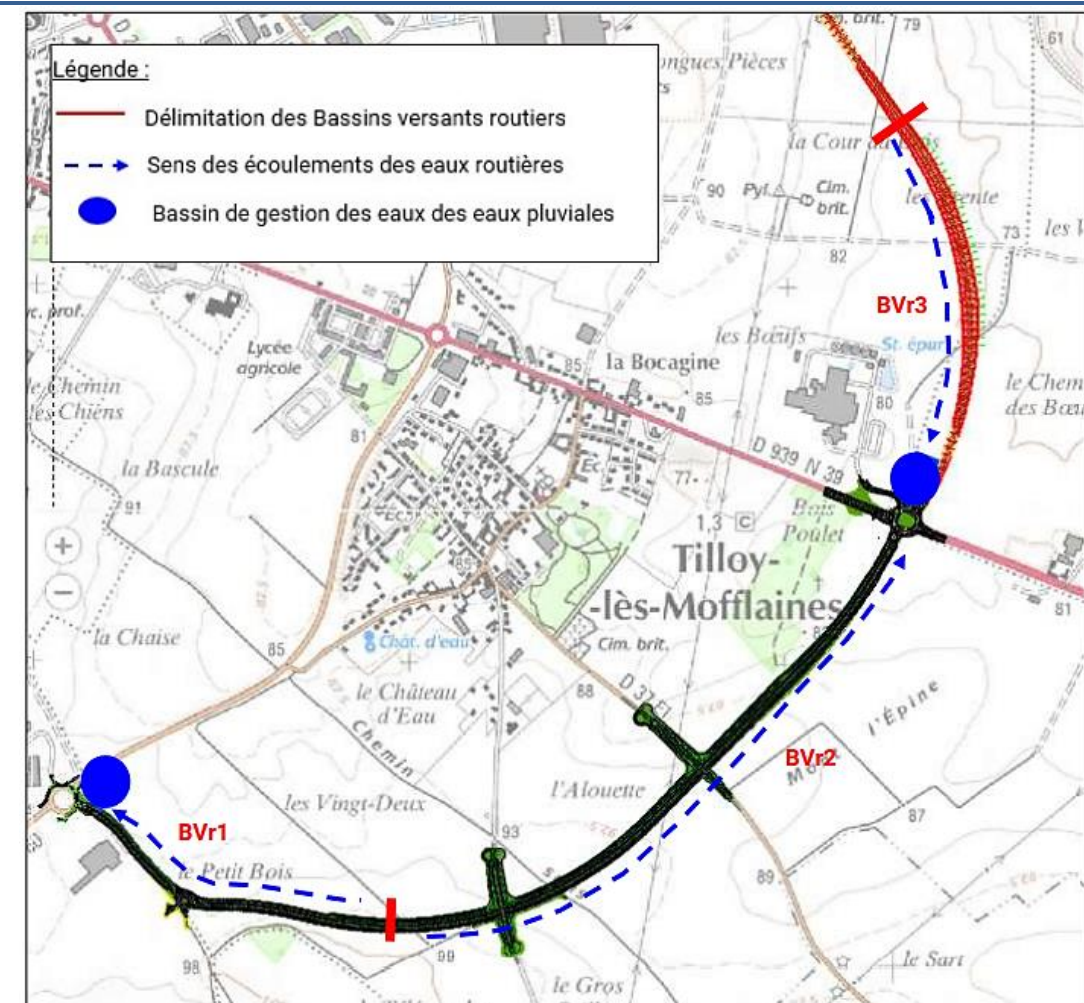


Figure 19 : Carte représentant l'implantation des bassins de gestion des eaux pluviales

(Source : Dossier Loi sur l'Eau -Verdi 04/2022)

3.3.2 Contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et contribution aux processus climatiques

3.3.2.1 Les services écosystémiques apportés par les sols pour le contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et la contribution aux processus climatiques

D'après le portail Gis Sol¹⁵, la matière organique présente dans le sol constitue le réservoir de carbone organique terrestre le plus important.

Ce carbone organique provient de la décomposition de végétaux ou d'apports externes de matières organiques.

De quoi parle-t-on ?

La **matière organique (MO)** est la matière carbonée fabriquée par les êtres vivants (végétaux, animaux, micro-organismes...). Sa composition chimique s'articule autour du carbone (C), de l'oxygène (O) et de l'hydrogène (H). Elle est principalement créée par le processus

¹⁵ Portail Gis Sol-Groupement d'intérêt scientifique Sol, www.gissol.fr, consulté le 16/05/2022

de photosynthèse. À partir de la lumière, de l'eau et du CO₂, s'obtiennent ainsi, par des séries de réactions chimiques, des composants organiques¹⁶.

En fonction des conditions environnementales (aération, humidité, température...), des usages et pratiques agricoles, cette matière organique est décomposée par les organismes du sol (=minéralisation). Ce phénomène émet du CO₂ dans l'atmosphère. Toute modification entre l'apport de carbone dans les sols et sa minéralisation fait varier le stock de carbone présent dans le sol. Ainsi, en cas de changement d'occupation ou d'usage des sols, la minéralisation du carbone organique entraîne un flux de CO₂ important vers l'atmosphère.

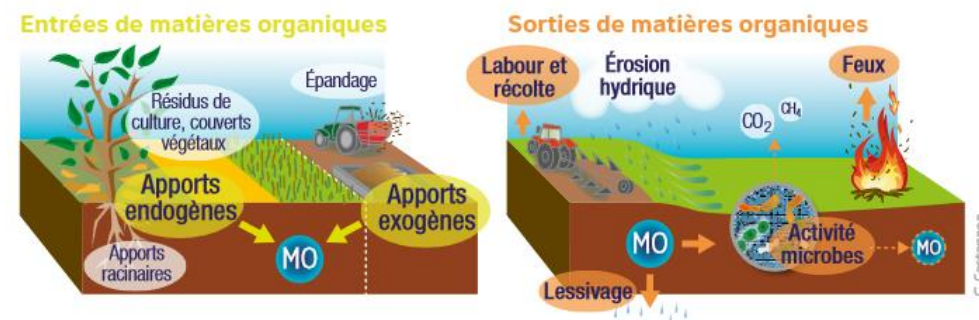


Figure 20 : Modalités de formation et de dégradation des matières organiques

(Sources : Carbone organique des sols - L'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat, ADEME, 2014)

3.3.2.2 Estimation de l'impact du projet sur le service écosystémique de régulation climatique

Quelques chiffres clés : les sols, réservoir de carbone

- Les sols peuvent séquestrer près de 20 000 mégatonnes de carbone en l'espace de 25 ans, soit 10% de plus que les émissions de gaz à effet de serre.
- Le stock de carbone organique contenu dans 1 m de sol au niveau mondial (1 500 et 2 000 gigatonnes) est supérieur aux stocks de carbone organique de la biomasse végétale (650 gigatonnes) et de l'atmosphère (750 gigatonnes) réunis.

Source : www.afes.fr.

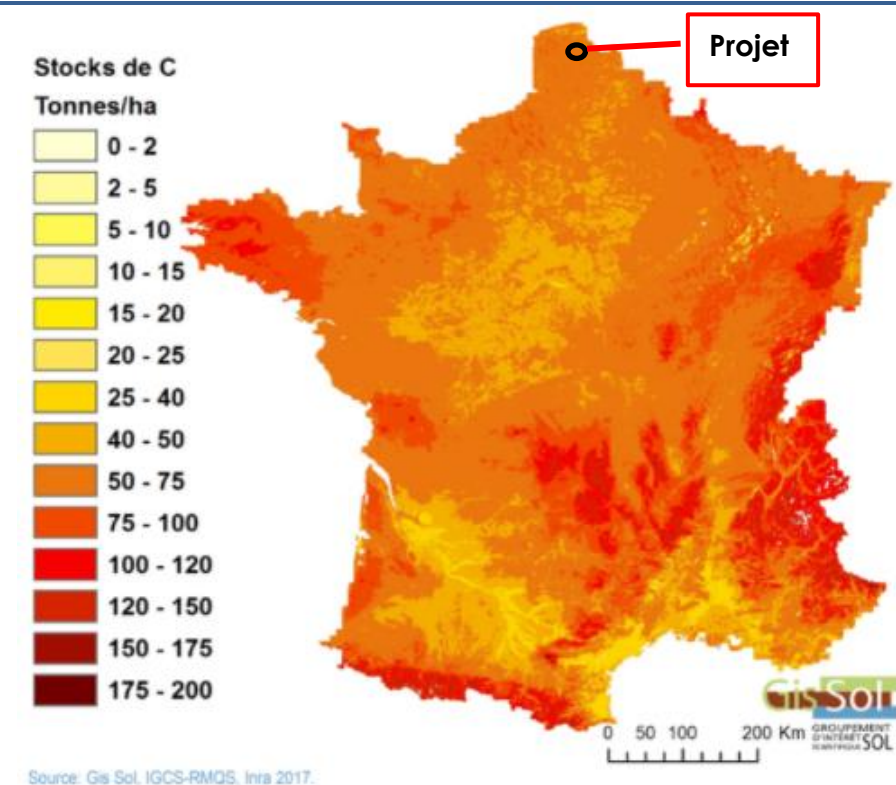


Figure 21 : Estimation des stocks de carbone organique de 0 à 30 cm de profondeur en France métropolitaine hors Corse
(Source : Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017)

Les sols du Pas-de-Calais sont caractérisés par des stocks de carbone moyennement élevés (50-70 t/ha) voir faibles à moyens (40-50 t/ha).

Ils peuvent être estimés de manière plus fine, à l'échelle du projet, grâce à l'outil ALDO de l'ADEME¹⁷. Cet outil permet d'estimer la séquestration de CO₂ dans les sols et la biomasse en fonction de l'occupation des sols. En effet, l'occupation des sols influe directement sur les stocks de carbone présents dans les sols et la biomasse.

De quoi parle-t-on ?

En écologie, la **biomasse** est le terme qui désigne la masse totale d'organismes vivants dans un biotope ou un lieu déterminé à un moment donné, qu'il s'agisse de plantes (phytomasse), d'animaux (zoomasse), de champignons ou de microbes (micro biomasse). L'humanité en tire notamment toute sa nourriture et une grande partie de ses ressources quotidiennement nécessaires. Les combustibles fossiles tels que le pétrole et le gaz naturel sont aussi issus de la biomasse (énergie)¹⁸.

¹⁶ www.futura-sciences.com, consulté le 16/08/2023

¹⁷ www.territoires-climat.ademe.fr, consulté le 16/08/2023

¹⁸ fr.wikipedia.org/wiki/Biomasse, consulté le 16/08/2023

Au sein de la Communauté Urbaine d'Arras, où se situe le projet, les ordres de grandeur des stocks de référence par occupation du sol sont présentés ci-après :

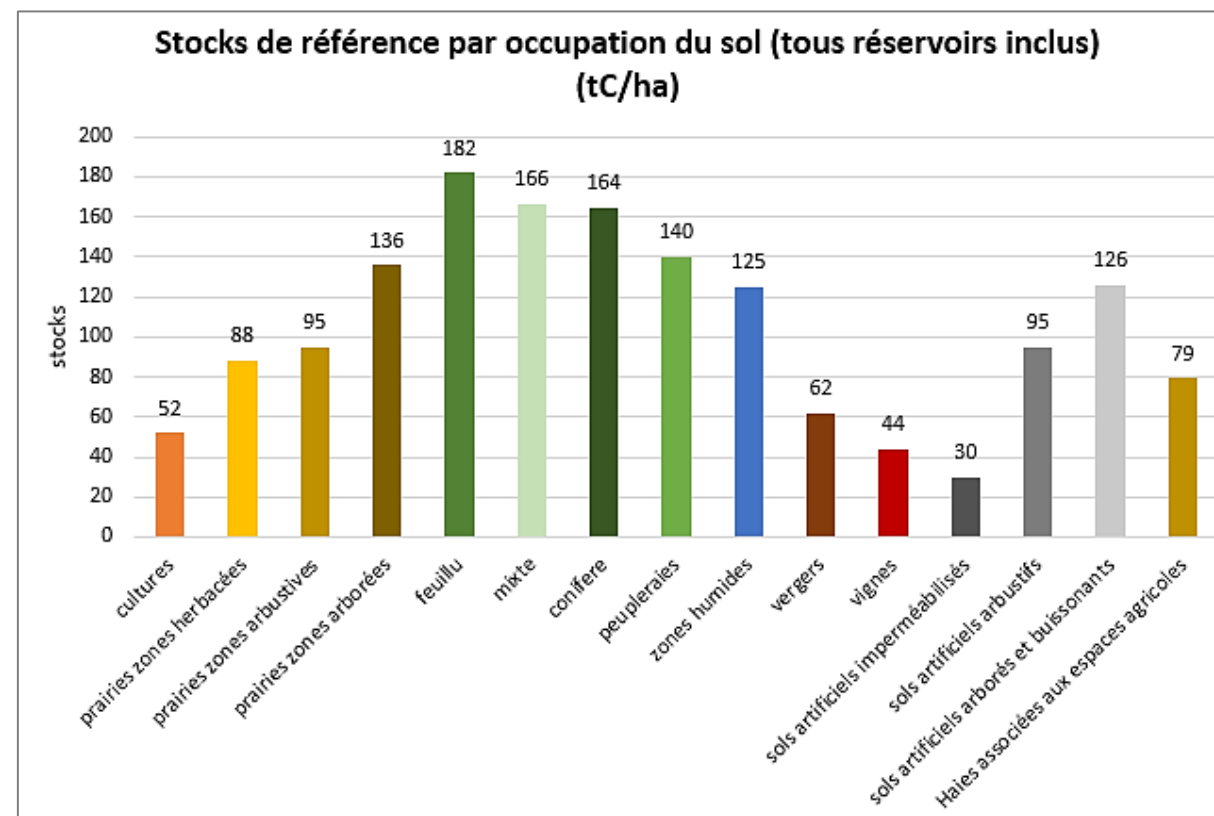


Figure 22 : Stocks de carbone de référence par occupation du sol (tC/ha) dans le secteur de projet
(Source : outil ALDO, ADEME, 2021)

Remarque : Les ratios prennent en compte le stock de carbone dans la biomasse et dans les 30 premiers centimètres de sol.

Les forêts sont donc les stocks de carbone les plus importants, ainsi que les zones humides et les prairies/sols arborés.

D'après le chapitre 2.3, les principaux types d'occupation du sol sur l'emprise de travaux du projet sont :

- 78,9% de cultures,
- 14,23% de réseaux routiers (principal et secondaire),
- 2,86% de zones industrielles, commerciales et d'activités économiques,
- 3,68% d'espaces annexes aux réseaux de transport,
- 0,08% de zones en sylviculture ou horticuture.

A l'aide des données de la figure 21, on aboutit à un stock total de carbone dans les emprises définitives et travaux de **5 000 t** de carbone, répartis principalement comme suit :

- 82% de carbone stockés dans les zones de cultures, soit 4 103 tonnes de carbone,

- 10,2% de carbone stocké dans les sols artificiels imperméabilisés (réseau routier, zones d'activités, zones commerciales et industrielles), soit 513 tonnes de carbone,
- 7% de carbone stocké dans les espaces annexes aux réseaux de transport, soit 350 tonnes de carbone,
- 0,8% de carbone stocké dans les zones de forêts (feuillus, mixtes et peupleraies) soit 39 tonnes de carbone.

Dans le cadre du projet, 82% du carbone est stocké dans les cultures au niveau de l'emprise du projet ce qui représente environ 4 103 tC. **Son impact sur le stockage de carbone peut être considéré comme moyen.**

Les changements d'occupations du sol générés par les travaux (retournement de prairies, élimination de cultures...) vont générer des flux de CO₂ vers l'atmosphère.

Par ailleurs, après un changement d'affectation des sols, les sols formés ne stockent pas le carbone de façon linéaire : l'équilibre est atteint sur le long terme (niveau de saturation de stockage atteint au bout de 30 ans environ). La mise en place de mesures environnementales capables de reconstituer des stocks de carbone suffisant pour rendre le même type de service écosystémique impacté est donc un processus sur le long terme.

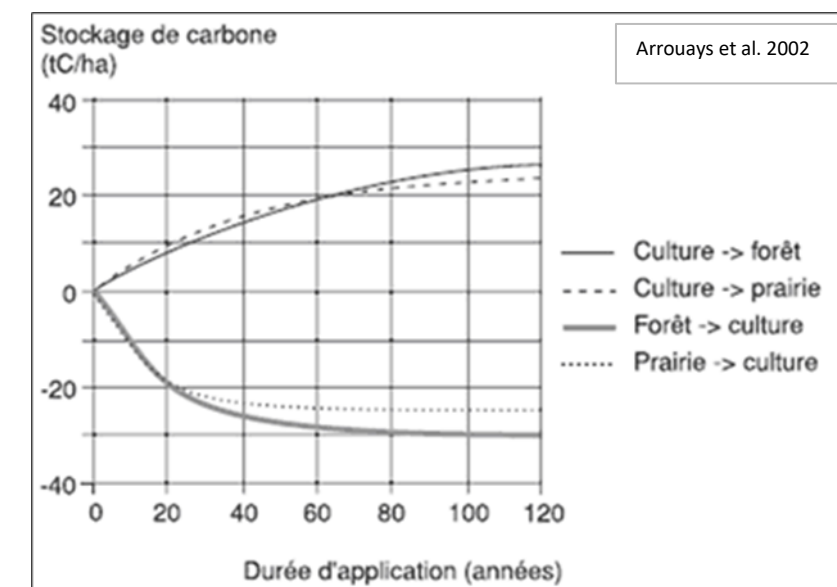


Figure 23 : Evolution du stockage de carbone en fonction du changement d'affectation des sols et de sa durée d'application
(Source : outil ALDO, ADEME, d'après Arrouays et al, 2002)

Remarque : ce graphique prend en compte uniquement le stockage de carbone dans les sols et non dans la biomasse, contrairement à la figure 21.

3.3.2.3 Mesures d'évitement des impacts du projet sur le stockage de carbone

Comme indiqué au chapitre 3.2.2, le projet a cherché à éviter des incidences sur le milieu forestier, occupation du sol la plus favorable au stockage de carbone.

Aucun boisement n'est impacté par le projet.

3.3.2.4 Mesures de réduction

Certaines zones feront l'objet de mesures environnementales avec l'aménagement :

- D'espaces herbacés
- De haies,
- Un aménagement écologique de la zone de récupération et d'infiltration des eaux du bassin versant intercepté,
- De plantations en bordure de route...

Ces milieux naturels, bien que reconstitués, participeront au stockage du carbone.

3.3.3 Habitats pour les organismes du sol cycle de la matière organique

3.3.3.1 Les services écosystémiques apportés par les organismes du sol

Quelques chiffres clés : les sols, réservoir de carbone

- 1 g de sol contient plusieurs centaines de milliers de champignons et plusieurs milliards de bactéries.
- La biomasse microbienne (quantité de carbone microbien vivant dans le sol) peut atteindre 2,5 tonnes par hectare (t /ha) pour les bactéries et 3,5 t /ha pour les champignons dans un sol de prairie. Ceci équivaut à la quantité de biomasse végétale et animale (bétail) présente au-dessus du sol.

Source : www.afes.fr.

3.3.3.1.1 Caractéristiques principales

Le sol est constitué de divers organismes regroupés en fonction de leur taille :

- Visibles à l'œil nu (méga ou macrofaune),
- Visibles à la loupe binoculaire (mésafaune),
- Visibles au microscope (microfaune ou macrofaune).

D'après le portail (Gis Sol – 2011)¹⁹, les organismes (bactéries et champignons) présents dans les sols sont indispensables pour :

- La minéralisation de la matière organique, ce qui permet son assimilation par les plantes. La matière organique est ainsi transformée en azote, phosphore, soufre, potassium, calcium... (rôle des microorganismes),
- La structuration du sol, par la production de molécules organiques contribuant à la cohésion du sol et permettant une meilleure aération ainsi qu'un meilleur passage de l'eau (rôle des vers de terre et fourmis),
- La régulation, en contrôlant l'activité des décomposeurs ainsi que des bio-agresseurs (rôle des petits invertébrés type collemboles, acariens, nématodes),
- La dégradation des polluants organiques (Cf. 3.3.5),

- Un meilleur état sanitaire des sols (Cf. 3.3.5),
- La régulation des germes pathogènes, des maladies et des ravageurs nuisibles aux cultures et au bétail.

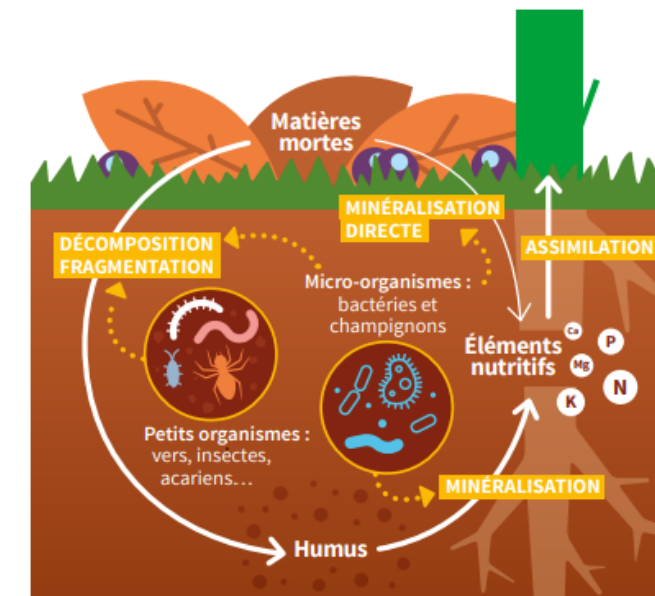


Figure 24 : Le cycle de la matière organique
(Source : L'avenir des sols en 10 questions, ADEME, 2019)

3.3.3.1.2 Diversité des communautés microbienne des sols

La distribution des microorganismes (champignons et bactéries du sol) du sol n'est pas aléatoire et semble soumise aux conditions environnementales.

Les paramètres locaux, comme le type et l'occupation du sol, influencent plus fortement la biodiversité que les paramètres globaux, comme le climat et la géomorphologie. Ainsi, les sols à texture fine (argileuse ou limoneuse) et à pH alcalins (pH>7) avec des teneurs importantes en carbone organique sont plus favorables à la vie microbienne que les sols sableux acides.

L'influence du mode d'occupation des sols peut également être observée et plus particulièrement l'impact de certains systèmes de culture. Les sols de vigne semblent renfermer une faible biomasse microbienne, tout comme les sols de grande culture en comparaison des sols sous couvert forestier ou sous prairie. Les monocultures montrent également des niveaux de biomasse plus faibles par rapport aux rotations culturales ou aux alternances entre les prairies et les grandes cultures.

Concernant les cultures agricoles, au-delà du mode d'occupation du sol, l'influence des pratiques agricoles joue également sur l'abondance des communautés microbiennes des sols.

Parmi les pratiques agricoles, le labour altère l'abondance des champignons mais affecte peu celle des bactéries alors que les amendements organiques ou la présence d'interculture stimulent fortement l'abondance des champignons. Ainsi un sol agricole peut être plus ou moins riche en microorganismes selon le type de pratique agricole mis en place.

¹⁹ L'état des sols en France, Gis Sol - 2011

Les labours affectent fortement les sols (dégradation physique, perturbation de la biodiversité, accélération du déstockage de carbone). En revanche, les techniques culturales simplifiées ou techniques sans labour préalable associé à une gestion intégrée du désherbage limitent ces impacts.

En France en 2011, près de 35% des surfaces de grandes cultures sont conduites sans labour préalable.

3.3.3.2 Estimation de la biomasse du sol dans la zone de projet

D'après l'état des sols en France, (Gis Sol – 2011)²⁰, la biodiversité du sol est influencée par des paramètres globaux, comme le climat et la géomorphologie, ainsi que par des paramètres locaux tels que :

- La texture des sols,
- Le pH du sol,
- La teneur en carbone organique du sol,
- Un sol argileux ou limoneux, de pH neutre, avec de fortes teneurs en carbone est ainsi favorable aux microorganismes,
- L'occupation du sol.

Les sols forestiers ou de prairies accueillent ainsi davantage de microorganismes que les sols de grandes cultures. Les rotations de cultures y sont aussi plus favorables.

D'après le repère-sols et environnement du Commissariat Général au Développement Durable de 2015²¹, la répartition de la concentration microbienne dans les sols est la suivante :

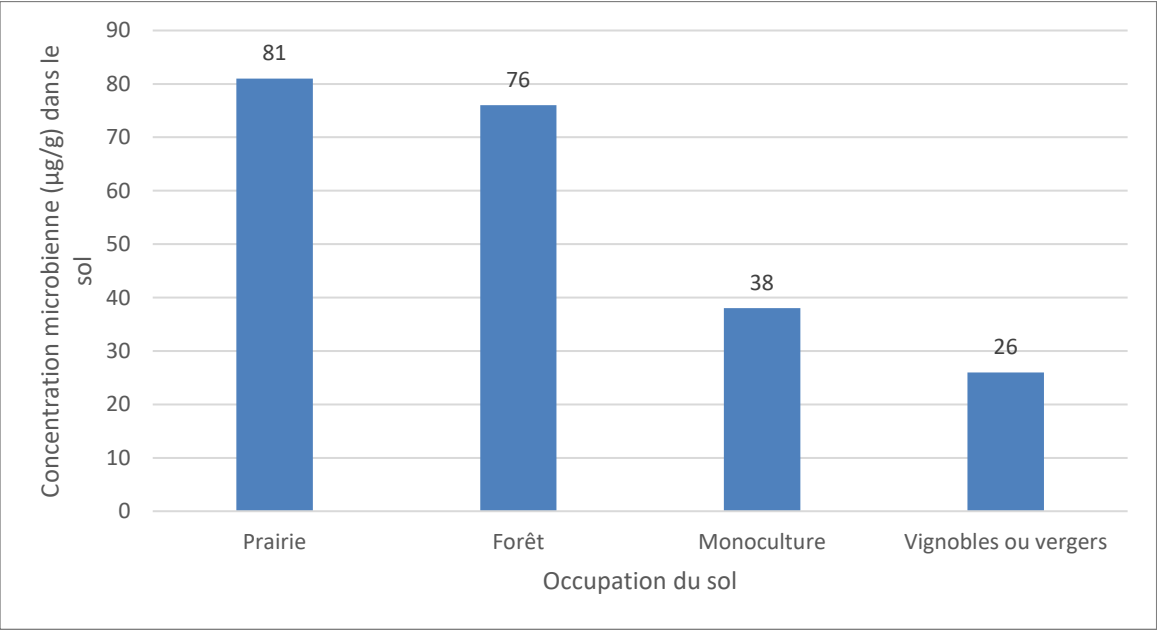


Figure 25 : Concentration microbienne moyenne dans le sol en fonction de son occupation (Source : Repères-Sols et environnement-Chiffres clés, Commissariat Général au Développement Durable, 2015)

Les caractéristiques du sol au droit du projet sont plutôt peu favorables à la biodiversité. En effet, 78,9 % de de l'emprise travaux sont concernés par des monocultures intensives aboutissant à une richesse microbienne du sol relativement faible (environ 38 µg/g de sol) par rapport à la vie microbienne présente dans les prairies ou forêts. Cependant cela est à relativiser vis-à-vis des pratiques agricoles effectuées sur les parcelles comprises dans l'emprise du projet. En effet, la pratique d'assolement et de rotation des cultures ne sont pas connues.

Le tableau ci-dessous met en parallèle les types d'occupation du sol recouvert par le projet avec les concentrations microbiennes moyennes en fonction du type d'occupation des sols :

Type occupation des sols du projet	Surface impactée (ha)	Concentration microbienne moyenne dans le sol en fonction de son occupation (µg/g)
Cultures annuelles	14,6	38
Routier (principal et secondaire)	2,63	-
Zones industrielles et d'activités économiques	0,35	-
Espaces associés aux réseaux de transport	0,68	-
Zones commerciales	0,18	-
Infrastructures agricoles	0,05	-
Vocation sylvicole et horticulture	0,014	76

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des surfaces impactées par le projet en fonction de l'occupation du sol et de la concentration microbienne moyenne associées à ces différents types d'occupation du sol

3.3.3.1 Estimation de l'impact du projet sur la biomasse microbienne du sol et mesures mises en œuvre

Le projet aboutira à une disparition de la vie microbienne au droit des zones artificialisées. L'impact est jugé moyen.

Cependant, il prévoit aussi la création d'espaces naturels (plantations le long de l'infrastructure routière, bassin d'infiltration aménagé écologiquement...) sur des zones auparavant agricoles. Ce changement de vocation de certains terrains, d'un milieu agricole vers un milieu naturel, bien que reconstitué, aboutira à une plus grande concentration microbienne du sol.

²⁰ L'état des sols en France, Gis Sol - 2011

²¹ Repères-Sols et environnement-Chiffres clés0,3s, Commissariat Général au Développement Durable, 2015.

3.3.4 Filtre, tampon et dégradation des polluants

3.3.4.1 Les services écosystémiques apportés par les sols pour la filtration et la dégradation des polluants

Un sol peut notamment subir des pollutions par des éléments traces métalliques (ETM), des polluants organiques et des pesticides.

D'après le portail Gis Sol²², les ETM regroupent, entre autres, le cuivre, le plomb ou encore le cadmium qui sont présents naturellement dans les sols. Cependant, les teneurs en ETM sont aussi influencées par les activités humaines (industries, combustion d'énergie fossile et incinérations, amendements, engrais et traitements phytosanitaires agricoles, transports) ou par la proximité de rejets polluants locaux.

Les polluants organiques persistants (POP) sont caractérisés par :

- Leur toxicité pour la santé humaine ou l'environnement,
- Leur persistance dans l'environnement,
- Leur capacité de concentration progressive dans les tissus vivants, la chaîne alimentaire,
- Leur capacité à être transportés sur de longues distances.

On y retrouve notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB), les pesticides organochlorés (OCP), certains herbicides...

D'après l'état des sols en France, Gis Sol, 2011²³, les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol lui confèrent un pouvoir épurateur en stockant et en dégradant les éléments et organismes des produits épandus.

Ce pouvoir épurateur dépend :

- Du pH du sol,
- De sa teneur en calcaire,
- De sa capacité à filtrer des cations²⁴ pouvant recharger la solution du sol,
- De sa teneur en eau,
- De ses teneurs en éléments traces métalliques (cuivre, plomb...),
- [...].

Outre les propriétés pédologiques, ce pouvoir épurateur dépend aussi des propriétés des milieux externes au sol (nature de la roche, occupation du sol, pente...) ainsi que des propriétés des polluants.

Le sol peut aussi avoir un pouvoir filtrant limitant les transferts d'éléments vers les autres milieux. Cette propriété dépend de la sensibilité du sol à l'infiltration et au ruissellement.

3.3.4.2 Estimation de l'impact du projet sur le pouvoir de filtration et de dégradation des polluants des sols

Le projet va modifier les mécanismes de filtration et de dégradation des polluants par les changements d'affectation des sols et la modification de ses caractéristiques.

L'emprise du projet est par ailleurs concernée par un risque d'inondation par débordement de nappe (vulnérabilité très faible). L'imperméabilisation du sol peut provoquer un transport des polluants vers les eaux souterraines.

L'impact du projet est jugé faible.

3.3.4.3 Mesures de réduction de l'impact du projet sur la filtration/dégradation des polluants par les sols

Les sols artificialisés par le projet perdront leur pouvoir épurateur et de filtration des polluants. Comme imposé par le code de l'environnement, le projet prévoit la collecte de l'intégralité des eaux routières et leur rétention dans des bassins d'assainissement routier permettant un confinement en cas de pollution accidentelle. Ce système évite le rejet de polluants dans les sols ou dans les eaux.

Quant aux sols non imperméabilisés de la zone de projet, ils ne feront pas l'objet d'apport de polluants, ni de traitement pour l'entretien des milieux (Zéro Phyto). Les zones naturelles reconstituées (plantations le long de l'infrastructure routière, bassins d'infiltration aménagés écologiquement) de par leur couvert végétal, assureront une meilleure filtration des polluants pouvant tout de même affecter le milieu, et permettra donc d'apporter une meilleure protection des masses d'eau superficielles et souterraines.

3.3.5 Fonction de support physique pour les êtres vivants

3.3.5.1 Les services écosystémiques apportés par les sols pour le support des êtres vivants

La vie qui se développe sur la Terre repose sur le sol :

- Le sol supporte les villes, les bâtiments, les infrastructures et les êtres humains,
- Le sol supporte les plantes où elles s'enracinent,
- Le sol sert de refuge, de lieu d'alimentation, de reproduction...pour la faune.

D'après Alterre Bourgogne, 2011²⁵, les qualités recherchées des sols dépendent de leurs usages. Ainsi, l'agriculture s'intéresse aux propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols tandis que les aménagements urbains sont dépendants de la plasticité du sol ainsi que de sa portance.

De la même manière, la faune et la flore présentes sur une zone dépendent directement des habitats qui leur sont offerts et donc des caractéristiques du sol et de son occupation.

²² Portail Gis Sol-Groupement d'intérêt scientifique Sol, www.gissol.fr, consulté le 16/05/2022

²³ L'état des sols en France, Gis Sol - 2011

²⁴ Cation : Particule chargée électriquement (positivement), formée par un atome ou par un groupe d'atomes.

²⁵ Repères- « Les sols, un support vivant, des services multiples », Alterre Bourgogne, 2011.

3.3.5.2 Estimation du rôle de support physique des sols impactés par le projet

D'après le chapitre 2.3, les principaux types d'occupation du sol sur l'emprise de travaux du projet sont :

- 78,9% de cultures,
- 14,23% de réseaux routiers (principal et secondaire),
- 2,86% de zones industrielles, commerciales et d'activités économiques,
- 3,68% d'espaces annexes aux réseaux de transport,
- 0,08% de zones en sylviculture ou horticulture.

La fonction du sol en tant que support de la production agricole et de la production sylvicole a été analysée au chapitres 3.2.1 « Les services d'approvisionnement – production agricole » et 3.2.2. « Les services d'approvisionnement – production sylvicole » du présent document.

L'impact du projet est jugé fort.

La fonction du sol et des habitats dans leurs relations avec la faune et la flore de la zone de projet a été analysée dans :

- Le chapitre 3 de l'étude d'impact – Analyse de l'état actuel de l'environnement et aperçu de son évolution en l'absence du projet,
- Le chapitre 4 de l'étude d'impact – Evaluation des impacts du projet et mesures associées ».

Ces études ont fait l'objet de plusieurs diagnostics écologiques :

- Une session en 2019 réalisée par la société VERDI de mars à septembre,
- Une session par la société RAINETTE de novembre 2021 à mars 2022.

Les résultats de ces analyses sont présentés de manière synthétique ci-dessous.

Les habitats présentent ainsi une valeur patrimoniale allant de « nulle » à « forte » sur la zone d'étude.

Les enjeux pour la faune, les impacts sur la fonction du sol et des habitats dans leurs relations avec la faune sont présentés dans le tableau et la carte de synthèse ci-dessous :

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

Habitats	Enjeux écologiques						Niveau d'enjeu global de l'habitat
	Flore	Faune					
		Avifaune	Herpétofaune	Entomofaune	Mammifères	Chiroptères	
Boisements mésotrophes et eutrophes à Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Tilia, Ulmus et boisements associés	Boisements mésophiles plutôt bien diversifiés. Seules des espèces communes ont été observées.	Habitat de reproduction de 6 espèces à enjeux.L'habitat n'est pas impacté mais les zones de nourrissages sont dans les emprises projets, par conséquent ces espèces seront dérangées lors des travaux.	3 espèces observées à proximité de la zone et aucune espèce potentielle	Présence d'espèces communes et non protégées.	Aucune espèce observée mais 2 espèces protégées potentielles.	Habitat de chasse pour la Pipistrelle commune moyen	Faible
Frênaies non riveraines	Boisements dominés par le Frêne et le Chêne.			Présence d'espèces communes et non protégées.			Faible
Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées	Friches souvent localisées en bord de cultures. Végétations très diversifiées.			Habitat de reproduction de 17 espèces protégées Le Bruant proyer, nicheur certain et espèce en danger au niveau régional 3 espèces potentielles de l'Annexe le Busard cendré, le Busard Saint-Martin et le Busard des roseaux. Plusieurs espèces du cortège nichent au sol et sont donc sensibles.	3 espèces observées à proximité de la zone, la Grenouille verte, la Grenouille rousse et le Crapaud commun.	Présence d'espèces communes et non protégées.	Présence d'espèces communes et non protégées.
Monocultures intensives	Monocultures intensives de blé, orge, maïs et betterave. Milieux non favorable à l'établissement d'une flore sauvage.	Aucun espèce observée et aucune espèce potentielle.	Présence d'espèces communes et non protégées.			Habitat de chasse pour la Pipistrelle commune.	
Prairies améliorées, réensemencées et fortement fertilisées	Pelouses de parcs sursemées et souvent fréquemment tondues.						Habitat de chasse de la Pipistrelle commune.
Prairies de fauche planitiales subatlantiques	Prairies localisées en bords de routes, très dégradées. Présence d'une espèce patrimoniale en HDF: la Gesse tubéreuse (Lathyrus tuberosus).	3 espèces observées à proximité de la zone, la Grenouille verte, la Grenouille rousse et le Crapaud commun.	7 espèces communes de rhopalocères ont été observées.	Aucune espèces rescencées n'est protégée ou d'intérêt et aucune espèce potentielle sur ces habitats.	Habitat de chasse pour la Pipistrelle commune.	Moyen	
Pelouses mésophiles piétinées à espèces annuelles	Pelouses rases peu diversifiées localisées sur des sols dégradés.					Aucun espèce rescensée ou potentielle. Zone peu favorable à l'avifaune.	
Haies d'espèces indigènes pauvres en espèces	Haie arbustive paucispécifique, composée d'espèces communes en région.					Habitat de 6 espèces à enjeux dont l'Étourneau sansonnet et le Corbeau freux qui sont des espèces nicheuses des milieux boisés	Moyen
Haies d'espèces non indigènes	Haie arborée localisée près d'une industrie. Composée d'espèces indigènes ou non, notamment par 2 espèces exotiques envahissantes en HDF (Robinia pseudoacacia, Acer negundo).						
Petits jardins ornementaux et domestiques	Plantations ornementales, fourrés anthropogènes et pelouses de parcs. Les strates supérieures sont souvent dominées par des espèces non indigènes.	Moyen					
Réseaux routiers	Routes et chemins artificiels. Milieux non propices à l'installation de la flore même commune.	Habitat non favorable à la faune					Nul



Concernant les fonctions du sol en tant que support des activités anthropiques, ses caractéristiques influencent l'aménagement des territoires. Or, l'aire d'étude présente peu d'aménagement urbain puisque le projet se situe en milieu rural. Toutefois, l'aménagement du contournement routier risque d'entraîner une augmentation de l'urbanisation.

L'impact du projet est donc jugé fort.

3.3.5.1 Mesures d'évitement, de réduction de l'impact du projet sur le rôle de support physique des sols pour les êtres vivants

Quelques mesures d'évitement et de réduction de l'impact du projet sur les sols sont présentées ci-dessous :

E1 - Délimitation des emprises du chantier (Code E1.1.a)

L'ensemble des opérations liées au projet (pistes, stockage, stationnement, etc.) devront se faire au sein des emprises techniques (emprises du projet). Le cas échéant, et seulement si cela s'avère nécessaire au bon déroulement des travaux, d'éventuelles pistes de chantier, zones de dépôts, bases-vie, etc. pourront être mises en place en-dehors de ces emprises, mais devront se cantonner aux secteurs de faible intérêt écologique et aux voiries existantes pour limiter les impacts sur les habitats adjacents et les espèces associées.

Ainsi, les emprises du chantier seront précisément délimitées, et un balisage particulier sera mis en place au niveau des secteurs les plus sensibles ne devant absolument pas être impactés, telles que les boisements et frênaies (environ 10 m). Ce balisage devra être suffisamment solide, visible et durable pour éviter les dégâts collatéraux (ex : clôtures). Il devra être mis en place en amont des dégagements d'emprises, pour toute la durée des travaux. Il sera accompagné d'un affichage pédagogique à destination du personnel de chantier pour une meilleure appropriation de la mesure. L'élargissement des emprises chantier ne pourra être envisagé qu'au niveau des zones non-balisées et de faible intérêt écologique, mais devra être limité au maximum.



Photo 1 : Exemples de dispositifs de balisage (Source : internet)



Photo 2 : Exemple de panneau d'information (source : internet)

Evitement d'impact associé :

Cette mesure permet de limiter la destruction d'habitats à proximité immédiate du projet, et les impacts non prévus sur les espèces associées.

R2 - Respect d'une charte végétale (Code R2.1.f)

Régulièrement réalisées dans le cadre d'aménagements paysagers, les plantations visant à améliorer l'aspect visuel d'un lieu doivent répondre à certaines règles afin d'éviter un impact négatif sur les milieux naturels environnants et afin que ces opérations soient réellement bénéfiques à la biodiversité. Ces généralités concernent tout type de plantation comme les plantations d'arbustes pour créer des haies ou des bosquets, le semis en prairies, etc.

Préconisations écologiques générales

Les espèces utilisées seront indigènes à la région (c'est-à-dire naturellement présentes). Cette condition est essentielle : aucune espèce exotique ne doit être introduite car il existe un réel risque de prolifération de ces espèces ou de pollution génétique. En effet, de nombreuses espèces exotiques possèdent un caractère invasif avéré. Notons que ces invasions biologiques sont considérées, à l'échelle mondiale, comme la seconde cause de perte de biodiversité (derrière la destruction et la fragmentation des habitats naturels).

De même, l'utilisation de taxons ornementaux (taxons horticoles) ne doit pas se faire dans les espaces libres du projet. Ces végétaux possèdent en réalité un intérêt écologique bien inférieur à celui de la flore indigène.

Une espèce indigène est une espèce qui croît naturellement dans une zone donnée de la répartition globale de l'espèce et dont le matériel génétique s'est adapté à cet endroit en particulier. Une espèce indigène est donc particulièrement adaptée au climat, à la faune et à la flore qui l'entoure. Planter une espèce indigène permet de maintenir les équilibres écosystémiques de la région.

Les semences (ou individus) utilisés seront de provenance régionale (origine locale certifiée). Une telle précaution est indispensable pour limiter le risque, réel, de pollution génétique des populations locales qui risque de provoquer une diminution de leur capacité d'adaptation. Pour cette même raison, l'introduction (plantation ou semis) d'espèces protégées, patrimoniales ou menacées ne sera pas faite. Une telle opération risque en réalité d'engendrer une dérive génétique des populations naturelles et donc de réellement fragiliser le taxon considéré. De ce fait, les taxons retenus doivent être considérés comme très communs ou communs à l'échelle régionale (statuts définis par le Conservatoire Botanique National de Bailleul).

AIDE POUR LE CHOIX DES ESSENCES

Pour les arbres et arbustes

Pour les espèces arbustives et arborescentes, une liste est fournie par le CBNBI dans son ouvrage « Guide des végétations forestières et préforestières de la région Nord-Pas-de-Calais » édité en 2011 et reprise dans un document de 2011 « Guide pour l'utilisation d'arbres et d'arbustes pour la végétalisation à vocation écologique et paysagère en région Nord-Pas-de-Calais ». Cette liste est proposée par territoires phytogéographiques, meilleure façon d'appréhender la distribution des plantes pour proposer des listes d'arbres et d'arbustes possédant les meilleurs critères de naturalité au sein de chacun des territoires. Elle est proposée en page suivante concernant le territoire d'étude des Plaine du Bas-Cambrésis et de Gohelle.

Il est important de souligner qu'au niveau de la liste du CBNBI, le Frêne commun (*Fraxinus excelsior*) est noté. Toutefois, sa plantation doit être proscrite actuellement en région Nord-Pas de Calais en raison du champignon *Chalara fraxinea*, ayant pour conséquence un affaiblissement voire une mortalité des arbres concernés depuis 2009.

De même, les aubépines (*Crataegus* sp.) sont des espèces sensibles au feu bactérien. Leur plantation est interdite sans dérogation. Enfin, à souligner que l'Orme champêtre (*Ulmus minor*) est sensible à la graphiose ; il peut être librement planté mais il faut savoir que la maladie risque de les limiter à un port arbustif.

Pour les plantes herbacées

Plusieurs listes sont fournies par le CBNBI dans son ouvrage « Guide pour l'utilisation de plantes herbacées pour la végétalisation à vocation écologique et paysagère en région Nord-Pas-de-Calais ». Ces listes sont proposées en fonction du type de sol en place (mésophile, humide, en vue d'une gestion type gazon, sols crayeux, sableux, ...). Elle est proposée dans le guide CBNBI à l'échelle du Nord-Pas-de-Calais.

La liste complète des espèces qui seront plantées au niveau des espaces libres du projet pourra être soumise à l'avis d'un écologue afin de vérifier l'absence d'espèces protégées, patrimoniales, exotiques envahissantes.

Réduction d'impact associée :

Cette charte permettra de limiter le développement voire la prolifération des espèces exotiques envahissantes et de ne pas polluer génétiquement les populations locales.

3.3.6 Synthèse des impacts du projet sur les services de régulation et mesures associées

Pour rappel, les services écosystémiques de régulation sont des fonctions de régulation de processus naturels exercées par les écosystèmes qui bénéficient à l'Homme. Ils incluent des services aussi divers que la régulation du climat et de la qualité de l'air, le cycle de l'eau, la dégradation de polluants, l'accueil d'organismes, etc.

Ainsi ce type de service écosystémique est globalement constitué des « sous-services » écosystémiques suivants :

- Cycle de l'eau ;
- Régulation du climat et qualité de l'air ;
- Habitats pour les organismes du sol ;
- Filtre tampon dégradation des polluants ;
- Support physique pour les êtres vivants.

Le tableau ci-dessous récapitule les niveaux d'impacts du projet sur les services de régulation en fonction de l'occupation du sol dans l'emprise du projet.

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesures correctrices	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
Services écosystémiques										
Régulation	Cycle de l'eau	☑	⊗	☑	☑	<p>Le projet a pour impact sur les sols et sur le cycle de l'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une imperméabilisation des sols, notamment au droit de la future section courante, qui ne participent donc plus au cycle de l'eau, • Une altération des propriétés des sols remaniés lors des travaux : modification de la porosité, de la texture, de la teneur en eau, ce qui peut impacter leur rôle dans le cycle de l'eau, • Une obstruction des écoulements d'eau, superficiels ou souterrains, • Une augmentation du ruissellement et de l'érosion des sols. 	Fort	<p>Le projet a prévu :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La reconstitution d'espaces naturels (aménagement écologique des noues d'infiltration) permettant le développement d'une végétation apte à réaliser les processus d'évapotranspiration et à limiter les phénomènes de ruissellement, • La remise en état des sols des emprises chantier après travaux, afin de permettre de retrouver des propriétés de sols favorables au cycle de l'eau, • La création de bassins d'infiltration des eaux pluviales (assainissement routier BVR1, BVR2+3 après traitement dans des bassins étanches) et de noues d'infiltration (assainissement voie mixte BVR1 et BVR2), lorsque les conditions de sol le permettent, afin de permettre les échanges avec la nappe souterraine 	Négligeable	Sans objet
	Régulation du climat et qualité de l'air	☑	⊗	☑	☑	<p>Les emprises définitives et travaux, de par leur occupation du sol initiale majoritairement en zone agricole, sont relativement peu favorables au stockage de carbone dans les sols et la biomasse. En effet, de manière générale, les forêts et prairies constituent les puits de carbone les plus importants comparés aux zones de cultures.</p> <p>Cependant, dans le cas du projet, 85% du carbone est stocké dans les cultures au niveau de l'emprise du projet ce qui représente environ 4 235 tonnes de carbone. L'impact du projet sur le stockage de carbone n'est donc pas négligeable.</p>	Moyen	<p>Certaines zones feront l'objet de mesures environnementales avec l'aménagement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D'espaces herbacés • De haies, • Un aménagement écologique de la zone de récupération et d'infiltration des eaux du bassin versant intercepté, • De plantations en bordure de route... <p>Ces milieux naturels, bien que reconstitués, participeront au stockage du carbone.</p> <p>D'autre part, les emprises de chantier sont entièrement comprises dans les emprises</p>	Négligeable	Sans objet

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesures correctrices	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
						Il faut également considérer que les changements d'occupations du sol causés par les travaux (retournement de prairies, défrichements...) peuvent générer des flux de CO ₂ vers l'atmosphère.		définitives du contournement ce qui limite l'impact sur les terres agricoles. Le projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines constitue en soi une mesure de réduction de l'exposition de la population du bourg à la pollution atmosphérique puisqu'il permet de fluidifier le trafic automobile et d'écarter la circulation de transit des zones d'habitat du centre-ville de Tilloy-lès-Mofflaines.		
	Habitats pour les organismes du sol	☑	⊗	☑	☑	Les caractéristiques du sol au droit du projet sont plutôt peu favorables à la biodiversité. En effet, 81,3% de l'emprise travaux du projet sont concernés par des monocultures intensives aboutissant à une richesse microbienne du sol relativement faible. Cependant cela est à relativiser vis-à-vis des pratiques agricoles effectuées sur les parcelles comprises dans l'emprise du projet. Ces pratiques agricoles ne sont pas connues. Le projet aboutira à une disparition de la vie microbienne au droit des zones artificialisées. L'impact est jugé moyen.	Moyen	Le projet prévoit aussi la création d'espaces naturels (plantations le long de l'infrastructure routière, bassin d'infiltration aménagé écologiquement...) sur des zones auparavant agricoles. Ce changement de vocation de certains terrains, d'un milieu agricole vers un milieu naturel, bien que reconstitué, aboutira à une plus grande concentration microbienne du sol.	Négligeable	Sans objet
	Filtre, tampon, dégradation des polluants	☑	⊗	☑	☑	Le projet peut, par les changements d'affectation des sols et la modification de ses caractéristiques, modifier les mécanismes de filtration et de dégradation des polluants. L'emprise travaux du projet est concernée par un risque d'inondation par débordement de nappe (vulnérabilité très faible) ce qui peut provoquer un ressuyage rapide des sols et transporter des polluants vers les eaux souterraines.	Faible	Les sols artificialisés par le projet perdront leur pouvoir épurateur et de filtration des polluants. Cependant, le projet prévoit la collecte de l'intégralité des eaux routières et leur rétention dans des bassins d'assainissement routier permettant un confinement en cas de pollution accidentelle. Ce système évite le rejet de polluants dans les sols ou dans les eaux. Quant aux sols non imperméabilisés de la zone de projet, ils ne feront pas l'objet d'apport de polluants, ni de traitement pour l'entretien des milieux (Zéro Phyto). Les zones	Négligeable	Sans objet

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesures correctrices	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
								naturelles reconstituées (espaces herbacés, arborés et plantations le long de l'infrastructure routière) de par leur couvert végétal, assureront une meilleure filtration des polluants pouvant tout de même affecter le milieu, et permettra donc apporter une meilleure protection des masses d'eau superficielles et souterraines. Un aménagement écologique des noues d'infiltration créées sera réalisé afin de permettre la phytoépuration et de réaliser un filtre tampon.		
	Support physique pour les êtres vivants					78,9% de l'emprise du projet se trouve au niveau de grandes cultures agricoles. 14,6 ha de terres agricoles sont ainsi impactées de manière définitive. Au droit de ces zones, le rôle du sol comme support de l'activité agricole ainsi que les écosystèmes associés sera impacté au droit du projet. Concernant les fonctions du sol en tant que support des activités anthropiques, ses caractéristiques influencent l'aménagement des territoires. Or, l'aire d'étude présente peu d'aménagement urbain puisque le projet se situe en milieu rural. Toutefois, l'aménagement du contournement routier risque d'entraîner une augmentation de l'urbanisation.	Fort	Les mesures d'évitement et de réduction prévues pour limiter l'impact sur les habitats et les espèces floristiques et faunistiques sont les suivantes : <u>Mesure d'évitement</u> E1 – Délimitation des emprises du chantier : Cette mesure permet de limiter la destruction d'habitats à proximité immédiate du projet. Les dépôts temporaires et la base vie de chantier seront réalisés dans les emprises future de l'infrastructure routière. <u>Mesures de réduction</u> R2 – Respect d'une charte végétale : Cette charte permettra de limiter le développement voire la prolifération des espèces exotiques envahissantes et de ne pas polluer génétiquement les populations locales	Négligeable	Sans objet

Légendes :

	Concerné par la fourniture du service écosystémique
	Un peu concerné par la fourniture du service écosystémique
	Pas ou très peu concerné par la fourniture du service écosystémique

3.4 Services culturels

3.4.1 Paysages

3.4.1.1 Les services écosystémiques apportés par les sols sur le paysage

D'après l'état des sols en France, Gis Sol, 2011²⁶, le sol joue un rôle primordial dans la construction des paysages. Il sert de support à toutes ses composantes.

Par ailleurs, ses caractéristiques influencent en profondeur le paysage perçu. Ils influencent l'organisation de la végétation, l'occupation du sol et l'usage qu'il en est fait.

3.4.1.2 Estimation de l'impact du projet sur les paysages

L'urbanisation d'un espace engendre deux catégories d'impacts permanents sur le paysage :

- Effets directs : barrière visuelle, marques dans le paysage, création de nouveaux repères et modification (ou suppression) des perspectives existantes.
- Effets indirects : modification des paysages ruraux, à la suite de remembrements agricoles (nouveaux parcellaires, destruction de boisements ou de haies) ou des paysages urbains, consécutive à des restructurations (création de zones d'activités, de nouveaux lotissements...).

La zone d'étude du projet de contournement de Tilloy-lès-Mofflaines fait partie du **paysage des Belvédères Artésiens et des Vaux de Scarpe et de Sensée** et plus particulièrement du **Val de Scarpe**.

Il s'agit d'un paysage de transition entre les grands plateaux artésiens et cambrésiens au sud et le Bassin minier au nord. Le Val de Scarpe est marqué par une urbanisation et une industrialisation plus importante, principalement entre Arras et Douai.

Le secteur dans lequel s'inscrit le projet est **péri-urbain et rural**, au cœur d'un paysage ouvert de plaines agricoles. Les fronts visuels sont boisés par la présence de quelques petits bois mais aussi urbanisé par la zone commerciale de Beaurains (Boréal Parc) et le tissu urbain résidentiel de Tilloy-lès-Mofflaines.

Le Petit Bois et le Bois Poulet sont des éléments repère dans le paysage.

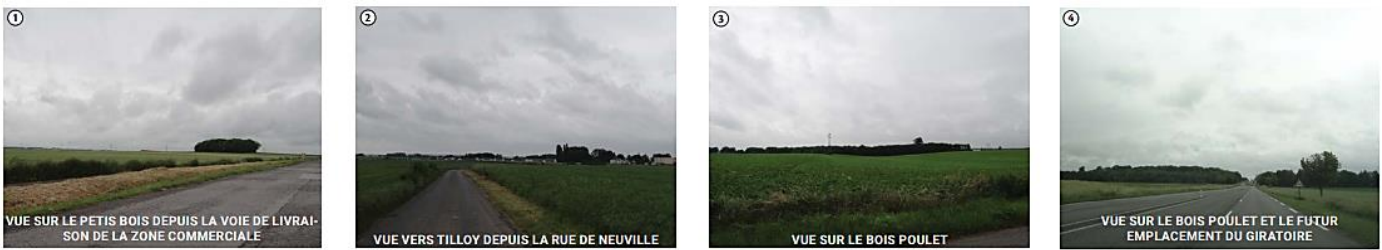
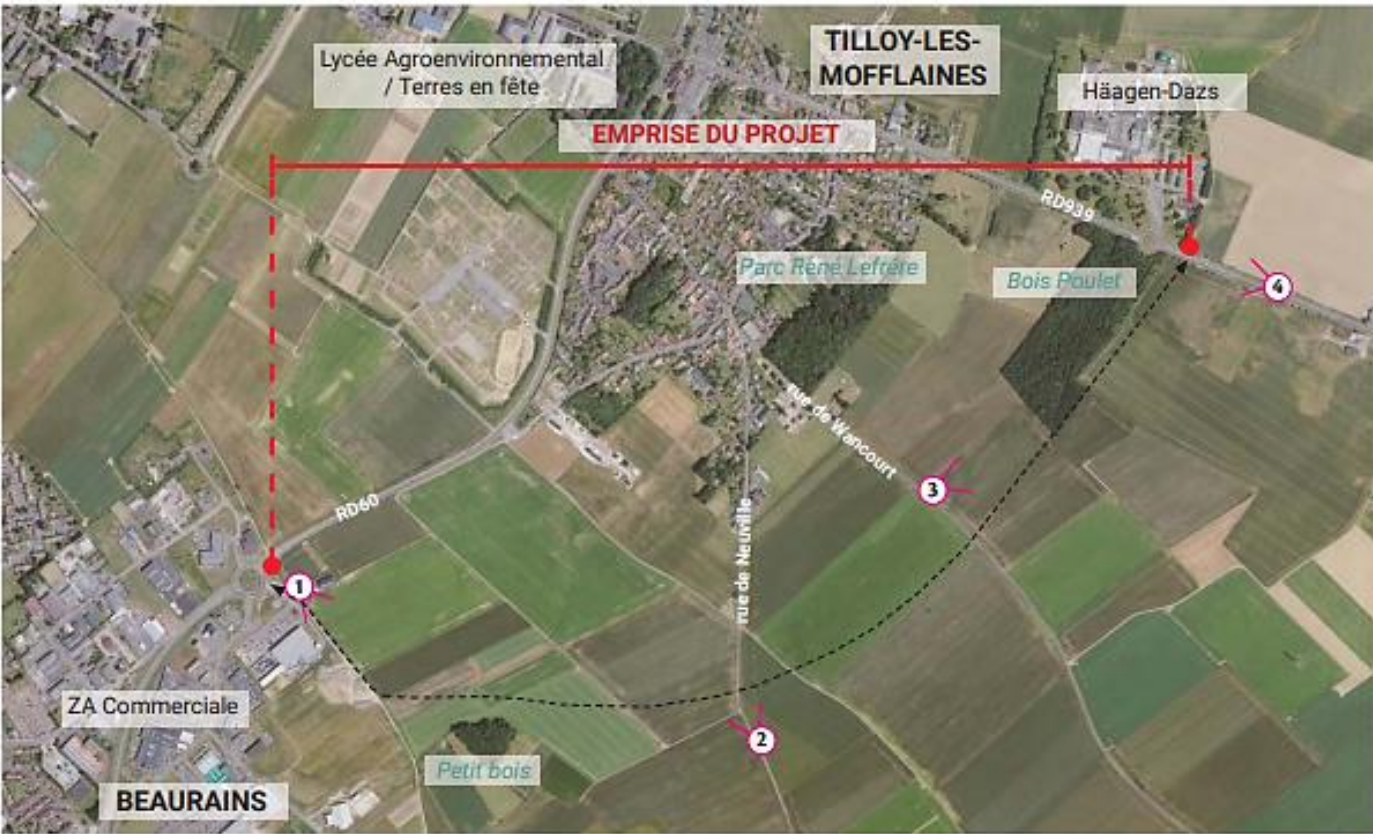


Figure 26 : Ambiance du site du projet

(Source : Notice paysagère – Verdi 02/2022)

Le projet s'implante essentiellement dans un secteur de plateau marqué par les plaines agricoles. La zone d'étude est surélevée, elle est peu visible depuis les zones urbaines du secteur.

L'impact sur le paysage est jugé faible.

3.4.1.3 Mesures d'évitement-réduction et de compensation des impacts du projet sur le paysage

Dans le cadre de cette étude d'impact, le principe paysager proposé vise à insérer le projet de telle sorte qu'il semble exister depuis longtemps et qu'il se confonde dans son environnement proche. Il s'agit donc de veiller avant tout à la préservation du caractère rural et bocager de ces paysages.

²⁶ Portail Gis Sol-Groupement d'intérêt scientifique Sol, www.gissol.fr, consulté le 16/05/2022

L'intégration du projet dans le grand paysage se fait par une transition en douceur de la végétation par rapport à la topographie. Cette végétation de bord de route permet à la fois d'accompagner les automobilistes, de canaliser le regard et également de conserver des ouvertures visuelles sur le paysage.

Le principe d'aménagement paysager défini, permet d'intégrer le projet dans son environnement et de limiter au maximum son impact visuel, il permet également d'intégrer une partie des mesures écologiques ainsi :

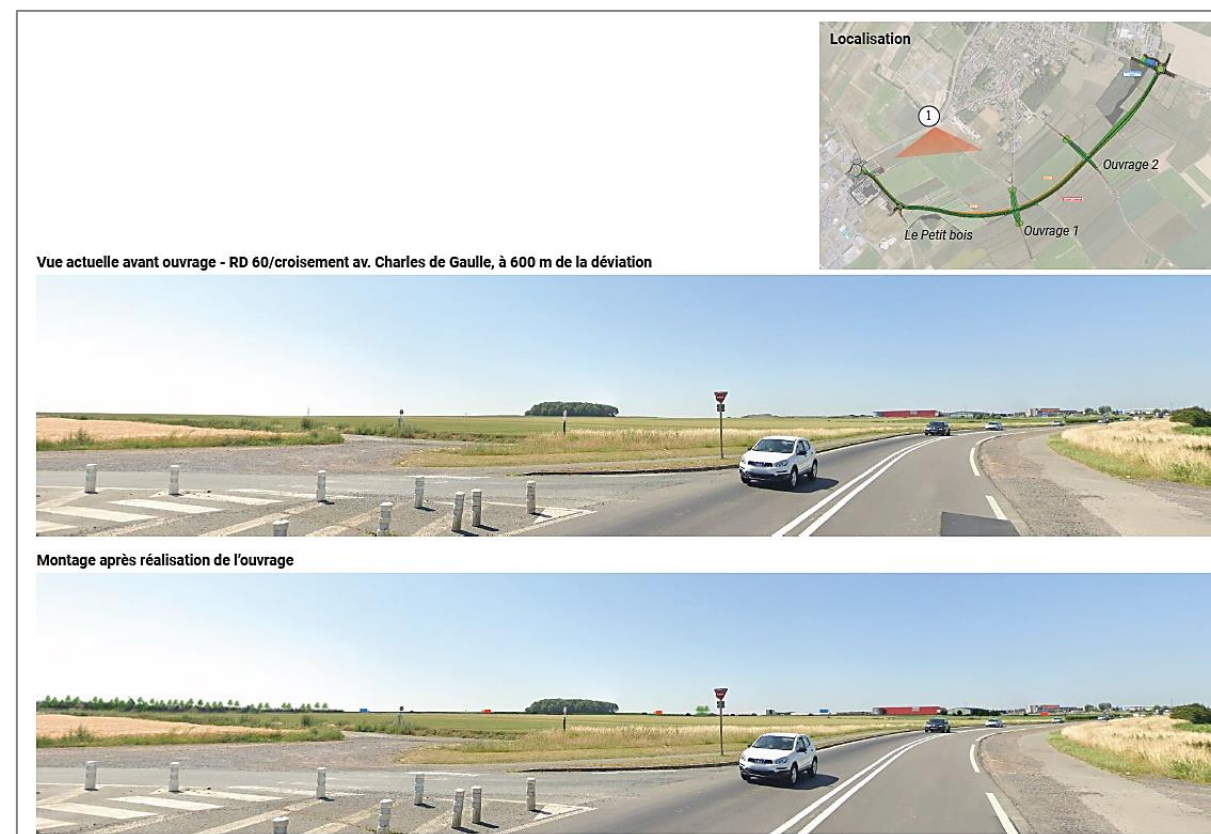
- Il assure une continuité paysagère et écologique avec le milieu naturel.
- Il prévoit une qualité esthétique des aménagements routiers.

Les portions en déblai dissimuleront naturellement l'infrastructure tandis que les plantations réalisées permettront d'intégrer les terrassements (remblais) et les ouvrages dans le paysage.

De plus, les aménagements paysagers des giratoires, des bassins et ouvrages permettront aussi une intégration réussie du projet dans son environnement.

L'insertion paysagère du projet via l'aménagement de ses abords et l'utilisation du relief vont permettre d'assurer une bonne intégration paysagère.

Le profil de la voie est globalement au niveau du terrain naturel. Des merlons sont mis en place pour préserver la voie des habitants de Tilloy et deux ouvrages de franchissement sont créés sur les rues de Wancourt et de Neuville. Ainsi, de nombreux talus sont à végétaliser. La palette végétale qui sera utilisée pour la végétalisation des aménagements paysagers seront composées d'essences végétales locales.



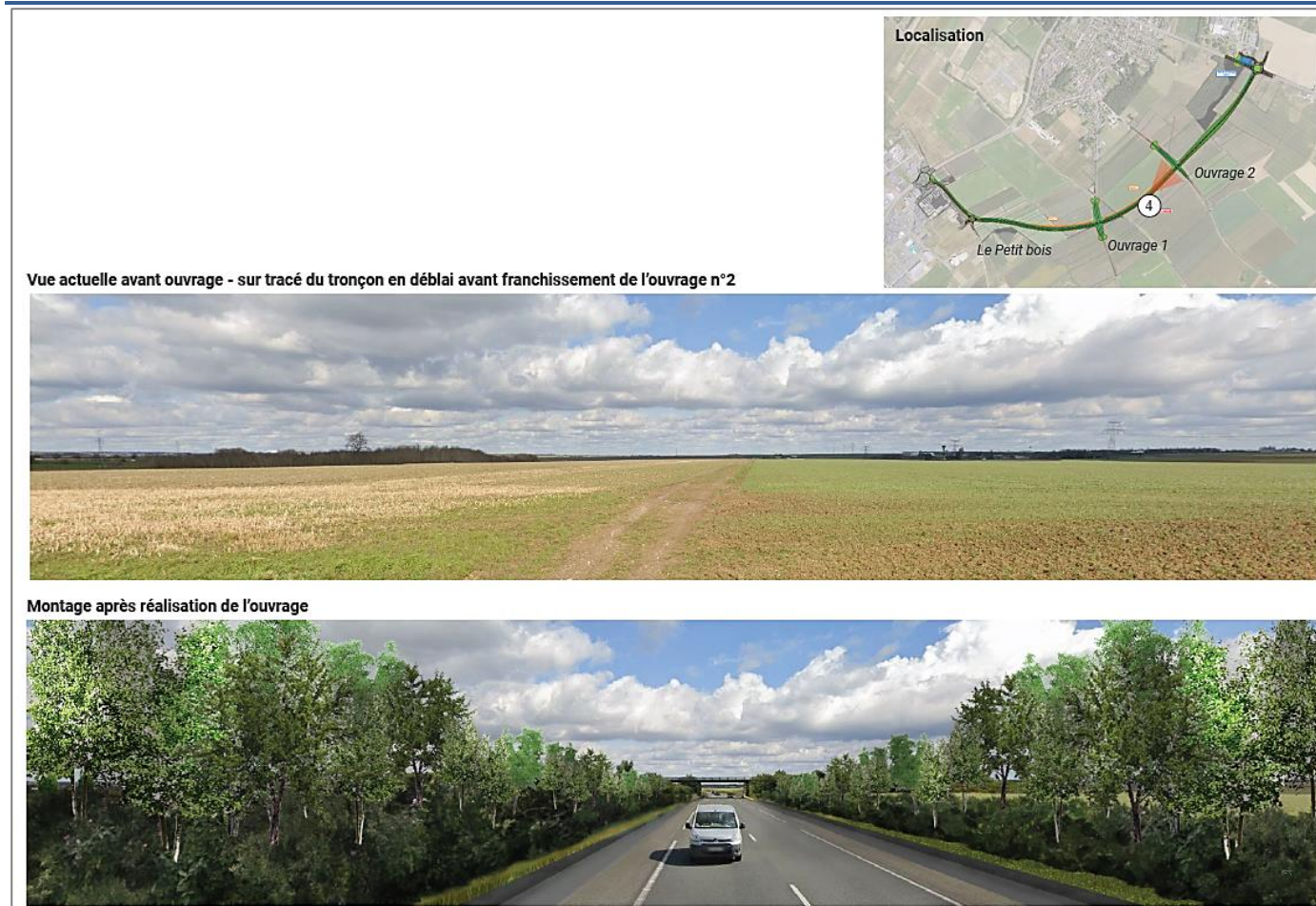


Figure 27 : Insertion paysagère du projet dans le paysage local

(Source : Notice paysagère – Verdi – 02/2022)

Mesures de suivi

L'entretien des dépendances routières des sections courantes sera géré par le département. Le Conseil Départemental a mis en place une méthodologie durable pour l'entretien de ces routes suivant un cahier des charges de gestion différenciée des accotements.

Les principes de gestion différenciée sont les suivants :

- Le fauchage tardif et raisonné (deux par an),
- La taille de la strate arborée respectueuse de la faune locale,
- La lutte contre les essences invasives,
- L'interdiction d'utiliser les produits chimiques.

L'entretien des giratoires et de leurs abords, qui constituent le cas échéant des entrées d'agglomération, pourra être cédé aux communes.

3.4.2 Archéologie

3.4.2.1 Les services écosystémiques apportés par les sols sur le patrimoine archéologique

D'après l'état des sols en France, Gis Sol, 2011²⁷, le sol est considéré par les archéologues comme un sol d'habitat, où sont mis à jour les résultats des activités de la vie de l'Homme. Il renferme des informations importantes sur l'histoire géologique, les paléoenvironnements, les cycles climatiques et l'histoire des êtres vivants.

Les propriétés des sols ainsi que les caractéristiques des éléments enfouis conditionnent leur plus ou moins bonne conservation dans le temps et donc l'intégrité des vestiges archéologiques mis au jour.

3.4.2.2 Estimation de l'impact du projet sur le patrimoine archéologique

L'espace potentiel d'aménagement du projet est concerné par plusieurs zones archéologiques sensibles.

Compte tenu de la présence de ces sites à proximité de l'emprise travaux, des vestiges archéologiques peuvent être mis à jour à l'occasion des travaux de terrassement, notamment dans les secteurs où des remaniements de sols importants sont prévus.

Le chantier peut être à l'origine de la dégradation de vestiges ou traces attestant du mode d'occupation du territoire et du type d'organisation des sociétés anciennes.

Sans mesures préventives, les effets du projet sur le patrimoine archéologique pourraient être de plusieurs ordres :

- Destruction de vestiges ou de traces d'occupations humaines anciennes,
- Destruction de vestiges ou de sites de cultes et de pratiques funéraires,
- Destruction d'objets témoignant du savoir-faire d'ancienne sociétés.

L'impact sur le paysage est jugé fort.

²⁷ L'état des sols en France, Gis Sol - 2011

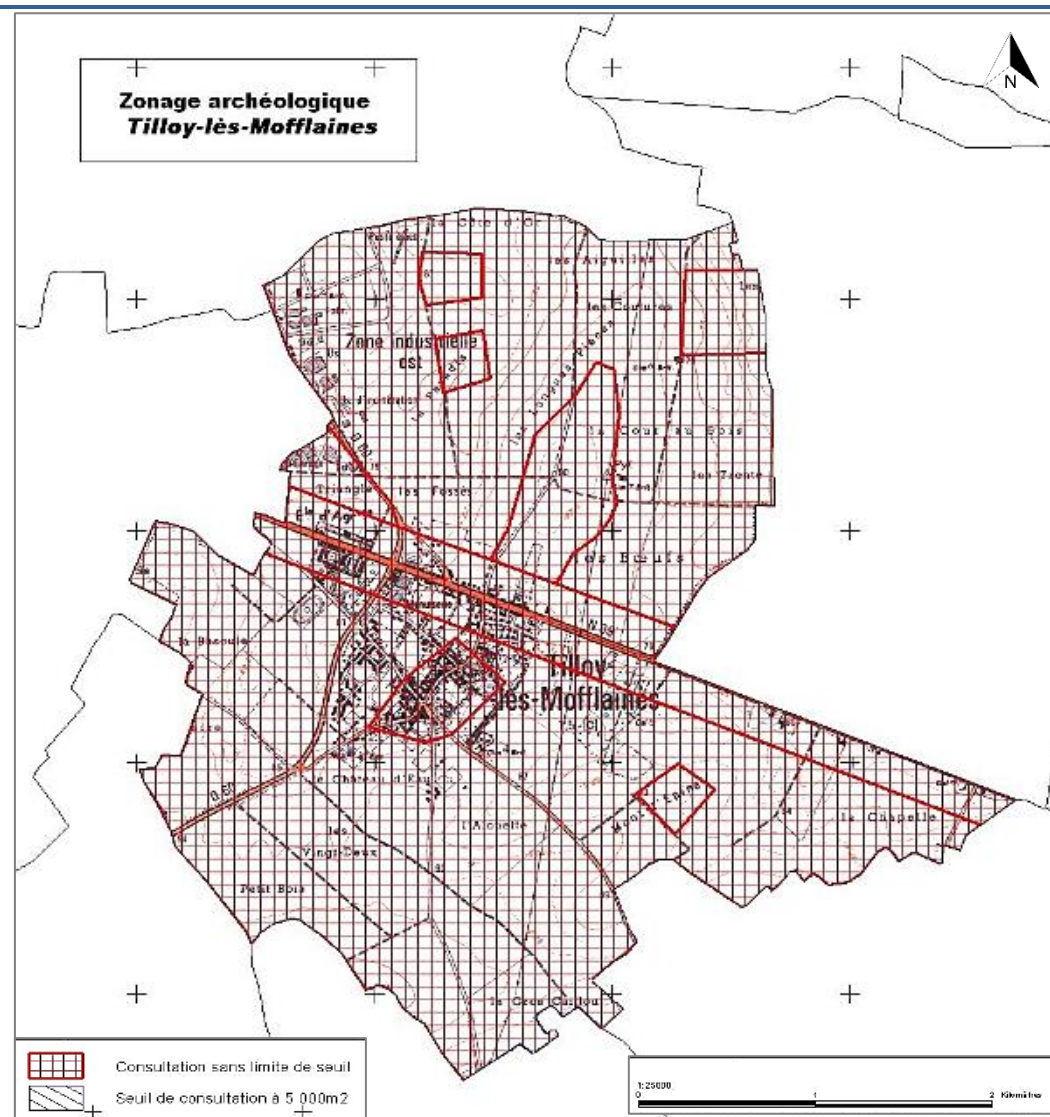


Figure 28 : Zonage archéologique au niveau de la zone d'étude

(Source : PLUi de la CUA : sites archéologique - www.geoportail-urbanisme.gouv.fr)

3.4.2.3 Mesures d'évitement-réduction des impacts du projet sur le patrimoine archéologique

Le patrimoine archéologique est protégé par le livre V du code du Patrimoine.

Ce code prévoit que tout maître d'ouvrage public ou privé prendra en charge les fouilles archéologiques préventives nécessaires sur son chantier conformément à l'article L.523-8 du code du Patrimoine. Ces opérations sont confiées à un établissement public à un établissement public à caractère administratif, ou à un opérateur privé agréé (conformément aux articles L.523-7 et L.523-8, après signature d'une convention).

Par ailleurs, l'article L.524-2 instaure une redevance unique, à tout maître d'ouvrage dont le chantier est supérieur à 3 000 m² et susceptible d'affecter le patrimoine enfoui. Cette redevance, dont le montant est fixé à l'article L.524-7, finance les diagnostics et l'exploitation des recherches.

Le préfet sera tout d'abord saisi en application des articles R.523-1 et suivants du code du Patrimoine concernant la mise en œuvre des opérations d'archéologie préventive, afin qu'il

examine si le projet est susceptible de donner lieu à des prescriptions de diagnostics archéologiques (arrêté de prescription de diagnostic). En fonction du résultat du diagnostic, le service instructeur pourra prescrire ou non des fouilles préventives ou de sauvegarde.

Par ailleurs, pendant les travaux, toute découverte fortuite de vestiges fera l'objet d'une déclaration immédiate au maire de la commune, qui doit la transmettre sans délai au préfet. Les services concernés évalueront l'intérêt des vestiges et celui de mener des fouilles plus approfondies. Leur autorisation sera nécessaire à la reprise du chantier.

Un diagnostic pyrotechnique a été réalisé afin d'évaluer le risque pyrotechnique sur la zone d'étude. Cette étude a révélé la nécessité de réaliser une phase de dépollution pyrotechnique sur 2 mois avant la phase préparatoire des travaux afin d'éviter tout risque d'explosion.

D'autre part, préalablement aux travaux, des fouilles superficielles auront lieu sur deux mois afin de vérifier la présence ou non de vestiges archéologiques.

Si ces opérations d'archéologie préventive font par la suite l'objet d'un arrêté préfectoral (découverte majeure), des fouilles archéologiques plus poussées auront lieu et se dérouleront sur 6 mois.

Au-delà des rapports de fouilles établis par les opérateurs archéologiques, qui alimenteront la connaissance archéologique et la communauté scientifique, les découvertes archéologiques feront l'objet de publications et d'expositions qui permettront l'information du grand public.

3.4.3 Symboles religieux, spirituels

3.4.3.1 Les services écosystémiques apportés par les sols pour les symboles religieux et spirituels

D'après Christian Walter et al. 2015 (1), l'importance du sol dans l'art et sa place dans les conceptions philosophiques et religieuses sont parties intégrantes des fondements culturels des civilisations. Dans les religions, le sol est souvent représenté comme symbole de fécondité et de régénération de la vie, à l'image de l'expression de la Bible « Tu es poussière et tu retourneras en poussière ».

La relation à la terre nourricière, réappropriée par les religions, est inscrite dans le patrimoine linguistique ancien (syrio-chaldéen). Il est donc logique qu'historiquement le sol revête une valeur patrimoniale exceptionnelle traduite par l'attachement des peuples à la terre, traduite par les religions et les civilisations en tant que lieu de sépulture, traduite par les sociétés occidentales en tant que mode de représentation et matérialisation de l'espace : actuellement dans les POS et les PLU on utilise la notion de coefficient d'occupation des sols (OCS) en tant que critère d'usage de l'espace.

3.4.3.2 Estimation de l'impact du projet sur les symboles religieux et spirituels

A environ 10 kilomètres au nord du site du projet, le plateau de Vimy dessine de grands escarpements, utilisés à des fins militaires pendant la première Guerre Mondiale : les crêtes de Vimy et de Lorette. Ces paysages remarquables accueillent aujourd'hui des sites mémoriaux rendant hommage aux soldats tués pendant les conflits de la première guerre mondiale.

Les plateaux à l'est d'Arras accueillent un réseau souterrain de tranchées construites pendant la 1ère Guerre Mondiale. Le secteur est aujourd'hui jalonné par de nombreux cimetières militaires, notamment à proximité directe du site de projet.

En effet, en limite de bourg de la commune de Tilloy-lès-Mofflaines, se situe un cimetière militaire repéré comme étant un édifice à valeur patrimoniale. Il est équipé d'un périmètre de protection.

3.4.3.3 Mesures d'évitement-réduction des impacts du projet sur les symboles religieux et spirituels

La qualité de l'environnement du cimetière militaire sera assurée et le paysage de campagne du secteur respecté. Le projet n'impacte pas ce cimetière.

L'emplacement du contournement, l'aménagement paysager de ses abords et/ou l'utilisation du relief permettront d'assurer cette bonne intégration paysagère.

Le chapitre 14 – « Insertion paysagère du projet » de l'étude d'impact, analyse en détail les impacts du projet sur ce cimetière militaire et indique les mesures adaptées qui ont été mises en œuvre.

3.4.4 Fourniture de couleurs, pigments pour l'art

Le projet n'est pas concerné par des activités d'extraction de matériaux pour fourniture de couleurs ou de pigments pour l'art.

3.4.1 Synthèse des impacts du projet sur les services culturels et mesures associées

Pour rappel, les services écosystémiques culturels comprennent l'ensemble des bénéfices esthétiques, existentiels, spirituels, éducationnels et patrimoniaux procurés par les écosystèmes

Le tableau ci-dessous récapitule les niveaux d'impacts du projet sur les services culturels.

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesure correctrice	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
Services écosystémiques										
Culturel	Paysages	✓	✓	✓	✓	<p>L'urbanisation d'un espace engendre deux catégories d'impacts permanents sur le paysage :</p> <ul style="list-style-type: none">• Effets directs : barrière visuelle, marques dans le paysage, création de nouveaux repères et modification (ou suppression) des perspectives existantes.• Effets indirects : modification des paysages ruraux, à la suite de remembrements agricoles (nouveaux parcellaires, destruction de boisements ou de haies) ou des paysages urbains, consécutive à des restructurations (création de zones d'activités, de nouveaux lotissements...).	Fort	<p>Le principe d'aménagement paysager défini, permet d'intégrer le projet dans son environnement et de limiter au maximum son impact visuel, il permet également d'intégrer une partie des mesures écologiques ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none">• Il assure une continuité paysagère et écologique avec le milieu naturel.• Il prévoit une qualité esthétique des aménagements routiers. <p>Les portions en déblai dissimuleront naturellement l'infrastructure tandis que les plantations réalisées permettront d'intégrer les terrassements (remblais) et les ouvrages dans le paysage notamment les merlons routiers.</p> <p>De plus, les aménagements paysagers des giratoires, des bassins et ouvrages d'art permettront aussi une intégration réussie du projet dans son environnement.</p> <p>Le profil de la voie est globalement au niveau du terrain naturel. Des merlons sont mis en place pour préserver la voie des habitants de Tilloy et deux ouvrages de franchissement sont créés sur les rues de Wancourt et de Neuville. Ainsi, de nombreux talus sont à végétaliser. La palette végétale qui sera utilisée pour la végétalisation des aménagements</p>	Négligeable	<p><u>Mesures de suivi</u></p> <p>L'entretien des dépendances routières des sections courantes sera géré par le département. Le Conseil Départemental a mis en place une méthodologie durable pour l'entretien de ces routes suivant un cahier des charges de gestion différenciée des accotements.</p> <p>Les principes de gestion différenciée sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">• Le fauchage tardif et raisonné (deux par an),• La taille de la strate arborée respectueuse de la faune locale,• La lutte contre les essences invasives,• L'interdiction d'utiliser les produits chimiques. <p>L'entretien des giratoires et de leurs abords, qui constituent le cas échéant des entrées d'agglomération, pourra être cédé aux communes.</p>




ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesure correctrice	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
								paysagers seront composées d'essences végétales locales.		
	Archéologie					Les opérations d'aménagement – de construction d'ouvrages ou de travaux qui – en raison de leur localisation – de leur nature ou de leur importance – affectent ou sont susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique – ne peuvent être entreprises qu'après accomplissement des mesures de détection et, le cas échéant, de conservation ou de sauvegarde. Cependant, la mise à jour de vestiges archéologiques lors d'un chantier est toujours possible.	Non qualifié	Conformément au Code du Patrimoine Livre V1, l'aménageur saisira le préfet de région afin qu'il examine si le projet est susceptible de donner lieu à des prescriptions archéologiques. A cette fin il produira un dossier composé d'un plan parcellaire avec les références cadastrales, le descriptif du projet et son emplacement dans les terrains d'assiette ainsi que le cas échéant une notice précisant les modalités techniques envisagées pour l'exécution des travaux. Ainsi, en cas de découverte fortuite de patrimoine archéologique au sein de l'emprise travaux du projet, le Maître d'Ouvrage contactera le SRA. En fonction de l'intérêt des découvertes archéologiques, le Service Régional de l'Archéologie (SRA) prendra des dispositions : <ul style="list-style-type: none">• De sauvegarde des objets découverts,• Ou autorisera la poursuite des travaux - sans mesure de conservation.	Sans objet	Sans objet
	Symboles religieux					Les plateaux à l'est d'Arras accueillent un réseau souterrain de tranchées construites pendant la 1ère Guerre Mondiale. Le secteur est aujourd'hui jalonné par de nombreux cimetières militaires,	Faible	La qualité de l'environnement du cimetière militaire sera assurée et le paysage de campagne du secteur respecté. L'emplacement du contournement, l'aménagement paysager de ses	Négligeable	Sans objet

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesure correctrice	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
						<p>notamment à proximité directe du site de projet.</p> <p>En limite de bourg de la commune de Tilloy-lès-Mofflaines, se situe un cimetière militaire repéré comme étant un édifice à valeur patrimoniale. Il est équipé d'un périmètre de protection.</p> <p>Le projet n'impacte pas ce cimetière.</p>		<p>abords et/ou l'utilisation du relief permettrons d'assurer cette bonne intégration paysagère.</p>		

Légende :

	Concerné par la fourniture du service écosystémique
	Un peu concerné par la fourniture du service écosystémique
	Pas ou très peu concerné par la fourniture du service écosystémique

3.5 Services d'auto-entretien ou support

Pour rappel, ces services ne bénéficient pas directement à l'Homme mais conditionnent le bon fonctionnement des écosystèmes. Ils peuvent inclure le recyclage des nutriments, la formation des sols, la production primaire de biomasse, etc.

La partie présentée ci-après traite de l'impact du projet sur la formations/perte des sols et les services écosystémiques associés. Les impacts sur la production de biomasse ont été traités au chapitre 3.3.3.

3.5.1 Mécanismes de formation et d'altération des sols

Le sol résulte de l'altération des roches par l'action conjuguée des climats successifs et des activités biologiques et humaines. Ce processus, appelé pédogénèse, aboutit à une différenciation verticale et spatiale des sols (Cf. voir chapitre 2).

Quelques chiffres clés : Formation et dégradation des sols

- La formation d'1 cm de sol peut prendre jusqu'à 1000 ans
- 33% des sols à l'échelle mondiale sont modérément ou gravement dégradés.
- En Europe, ce sont près de 11 ha de sols par heure qui disparaissent en raison de l'expansion urbaine.
- L'érosion hydrique des sols est estimée à 1,5 tonne par hectare et par an (t /ha /an) en moyenne en France, contre 1,2 t /ha /an en Europe, avec une forte hétérogénéité spatiale.
- Sur une période de 30 ans entre 1982 et 2012, environ trois quarts des communes françaises ont été concernées au moins une fois par des coulées d'eau boueuses, dues à l'érosion hydrique des sols, couvertes par des arrêtés de catastrophes naturelles.

Source : www.afes.fr.

D'après Christian Walter et al. 2015²⁸, la formation des sols peut être réalisée via :

- L'altération de la roche sous-jacente,
- Des matériaux d'apports.

Ce mécanisme implique des transformations, sur le long terme, de propriétés physiques, chimiques et biologiques du matériel initial afin d'aboutir à la création de sol. Il s'agit d'un processus long qui justifie la définition du sol comme une ressource non ou peu renouvelable. Cette lente formation des sols contraste avec les phénomènes de pertes de sols, qui peuvent être intenses et rapides.

Ces pertes de sols peuvent avoir lieu par :

- Les glissements de terrain,
- L'érosion hydrique des sols,
- Les coulées d'eau boueuse,
- L'érosion éolienne des sols,
- L'imperméabilisation des sols (urbanisation)
- La compaction des sols.

3.5.2 Impacts du projet sur les mécanismes de formation et d'altération des sols

D'après le repère-sols et environnement du Commissariat Général au Développement Durable de 2015²⁹, la région des Hauts-de-France est peu sensible aux glissements de terrain et aux écoulements.

Les risques de compaction sur les sols agricoles de cette région sont globalement faibles. Ils résultent essentiellement de la mécanisation agricole et dépendent du sol, du climat et des pratiques agricoles.

La région des Hauts-de-France est cependant sensible à l'érosion.

De quoi parle-t-on ?

L'**érosion**, phénomène naturel dû essentiellement aux pluies et au vent, dégrade les sols par déplacement des matériaux dont ils sont composés et génère ainsi des pertes de terre.

Il existe ainsi deux types d'érosion :

- L'érosion hydrique,
- L'érosion éolienne.

La sensibilité au phénomène d'érosion peut varier localement en fonction des caractéristiques du sol (sensibilité à la battance et à l'érosion) et du terrain (occupation du sol, pente) ainsi que des conditions climatiques (intensité et hauteurs des précipitations).

La région des Hauts-de-France présente des risques de pertes en terre supérieurs à 5t/ha/an sur plus de 10% de leur territoire. En effet, dans le nord de la France, les terres arables sont particulièrement vulnérables en raison d'un faible couvert végétal une partie de l'année.

L'érosion éolienne

Elle dépend de l'intensité du vent, des caractéristiques des sols et de leur couvert végétal.

D'après le repère-sols et environnement du Commissariat Général au Développement Durable de 2015³⁰, au niveau de la zone du projet, le phénomène d'érosion éolienne est considéré comme moyen à fort.

²⁸ Christian Walter, Antonio Bispo, Claire Chenu, Alexandra Langlais, Christophe Schwartz. Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. Cahiers Demeter, pp.53-68, 2015.

²⁹ Repères-Sols et environnement-Chiffres clés, Commissariat Général au Développement Durable, 2015.

³⁰ Repères-Sols et environnement-Chiffres clés, Commissariat Général au Développement Durable, 2015.

L'érosion hydrique

L'érosion hydrique peut entraîner :

- Une diminution des rendements agricoles,
- Une perturbation de la biodiversité des sols,
- Une dégradation de la qualité de l'eau.

D'après le repère-sols et environnement du Commissariat Général au Développement Durable de 2015³¹, au niveau de la zone du projet, le phénomène d'érosion hydrique est considéré comme faible à moyen.

La phase de chantier du projet constitue une période particulièrement sujette à ce phénomène d'érosion, de part :

- La mise à nu des sols lors des terrassements,
- La présence majoritaire de zones agricoles aux abords du projet, qui peuvent favoriser le ruissellement,
- L'obstruction de certains écoulements naturels,
- La transition entre la gestion naturelle des écoulements (état initial) et les systèmes d'assainissement définitifs.

L'action de l'érosion induit des pertes de sols et en conséquence des pertes des services écosystémiques associés.

L'impact est donc considéré comme fort.

3.5.3 Mesures de réduction des impacts sur la formation et l'altération des sols

Les sols au droit de l'emprise de travaux sont donc sensibles à des phénomènes de pertes causés par de l'érosion hydrique et/ou éolienne.

La phase de travaux peut accroître cette sensibilité. Des mesures seront mises en place pour éviter les problèmes liés notamment à l'érosion des sols :

- Décaper le minimum nécessaire pendant le temps le plus court possible ;
- Briser la vitesse de ruissellement afin de limiter l'arrachage des particules.

Les terres déblayées dans le cadre du projet seront en partie réutilisées sur site dans le respect de la réglementation en vigueur.

Volume de déblai (m³)	Volume de remblai (m³)
81 000	61 000

Sur l'ensemble de l'opération, il existe un excédent de 20 000 m³ matériaux :

Les 20 000 m3 de matériaux excédentaires issus du terrassement seront stockés provisoirement en dépôts de terre dans les emprises futures du contournement routier.

Afin de réduire l'impact sur les milieux naturels sensibles, ces modelés seront localisés sur les zones à enjeux écologiques les plus faibles. La hauteur des dépôts de terre ne dépassera pas 4 m.

Ces matériaux excédentaires sont inaptes à être réutilisés en remblais (présence de limon). Il sera éventuellement possible de traiter 12 000 m³ à la chaux avant de les réutiliser en remblais (OA, merlons...). Ce point sera vérifié dans des phases d'études ultérieures.

Les 8 000 m³ restants seront évacués dans des filières de traitement spécialisées.

3.5.1 Synthèse des impacts du projet sur les services d'auto-entretien et mesures associées

Pour rappel, les services d'auto-entretien ou support sont des services qui conditionnent le bon fonctionnement des écosystèmes. Ainsi l'homme ne tire pas de bénéfices directs de ce type de service écosystémique. Ils peuvent inclure le recyclage des nutriments, la formation des sols, la production primaire de biomasse, etc.

Les trois types d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet concernés par la fourniture de ce type de service sont : l'agriculture, les prairies et la sylviculture.

Le tableau ci-dessous récapitule les niveaux d'impacts du projet sur les services d'approvisionnement en fonction de l'occupation du sol dans l'emprise du projet.

³¹ Repères-Sols et environnement-Chiffres clés, Commissariat Général au Développement Durable, 2015.

ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR LES SOLS

	Principaux types d'occupation du sol	Agriculture	Zones artificialisées (routier + zones en mutation)	Espaces annexes aux réseaux de transport	Sylviculture ou horticulture	Impacts du projet	Niveau d'impact	Mesure correctrice	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
	% d'occupation du sol dans l'emprise travaux du projet	=78,9%	=17,09%	=3,68%	=0,08%					
Services écosystémiques										
Auto-entretien	Formation/altération des sols	✓	⊗	✓	✓	<p>La région Nord-Pas-de-Calais présente des risques de pertes en terre supérieurs à 5t/ha/an sur plus de 10% de leur territoire. En effet, dans le nord de la France, les terres arables sont particulièrement vulnérables en raison d'un faible couvert végétal une partie de l'année.</p> <ul style="list-style-type: none">D'après le repère-sols et environnement du Commissariat Général au Développement Durable de 2015³², au niveau de la zone du projet, le phénomène d'érosion éolienne est considéré comme moyen à fort.	Moyen à Fort	<p>Les terres déblayées dans le cadre du projet seront en partie réutilisées sur site dans le respect de la réglementation en vigueur (environ 12 000 m3 de matériaux réutilisables).</p> <p>Les terres déblayées qui ne pourront pas être réutilisées (8 000 m3 de matériaux en excédent) dans le cadre du projet seront évacuées vers des décharges dans le respect de la réglementation en vigueur.</p> <p>Concernant les talus routiers seront protégés par des géomembranes et/ou par des couverts végétaux afin de limiter les phénomènes d'érosion de surface des matériaux entreposés dus aux eaux de ruissellement (érosion hydrique).</p> <p>La régulation des eaux pluviales réalisée (noues d'infiltration) permettra d'autre part de limiter le ruissellement et l'érosion.</p> <p>Le tamponnement mis en place (bassins routiers) permettra de compenser l'impact du projet.</p>	Négligeable	Sans objet

³² Repères-Sols et environnement-Chiffres clés, Commissariat Général au Développement Durable, 2015.

Légende :

✓	Concerné par la fourniture du service écosystémique
⊙	Un peu concerné par la fourniture du service écosystémique
✗	Pas ou très peu concerné par la fourniture du service écosystémique