



**DOSSIER DE DEMANDE
D'AUTORISATION
ENVIRONNEMENTALE
DE COMPIEGNE A PASSEL
DU PK 98,68 AU PK 117,30**

PLACE DE LA PIECE DANS LE DAE

Guide de lecture	
Note de présentation non technique du dossier	
A. Présentation de la demande d'autorisation environnementale	<ul style="list-style-type: none"> A1 – Présentation générale du CSNE A2 - Objet et présentation de la demande
B. Pièce de l'autorisation environnementale à l'échelle du CSNE	B1 - Etude d'impact globale du CSNE
C. Pièces spécifiques de l'autorisation environnementale	C1 - Volet « <i>Eaux et milieux aquatiques</i> »
	C2 - Volet « <i>Dérogation à la protection des espèces et des habitats d'espèces protégées</i> »
	C3 – Volet « <i>Défrichement</i> »
	C4 - Incidences Natura 2000
	C5 - Programme intégré de compensation
D. Pièces transversales complémentaires	D1 – Schéma d'alimentation en eau du CSNE
	D2 - Objectifs de qualité des eaux du CSNE
	D3 - Moyens de surveillance et d'entretien
	D4 - Pré-étude de dangers
	D5 - Incidences sur les autres canaux existants

31 OCTOBRE 2019

Etude d'impact..... **PIECE 9**

METHODOLOGIE ET DIFFICULTES RENCONTREES



SOMMAIRE

1	METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'IMPACT.....	5
1.1	DEFINITION DES AIRES D'ETUDES.....	5
1.2	ETUDES SUR LE MILIEU PHYSIQUE.....	6
1.3	ETUDES SUR LE MILIEU NATUREL.....	9
1.4	ETUDES SUR LE MILIEU HUMAIN ET LE CADRE DE VIE.....	12
1.5	ETUDES SUR LE PAYSAGE, LE PATRIMOINE ET LES LOISIRS.....	17
1.6	METHODOLOGIE DE QUANTIFICATION DES IMPACTS	18
2	METHODOLOGIE DETAILLEE DES ETUDES SPECIFIQUES.....	19
2.1	ETUDES SUR LE MILIEU PHYSIQUE.....	19
2.2	ETUDES SUR LE MILIEU NATUREL.....	44
2.3	ETUDES SUR LE MILIEU HUMAIN.....	70



METHODOLOGIE ET DIFFICULTES RENCONTREES

Table des tableaux

Tableau 1 : Liste des organismes contactés en 2006 et 2012	10
Tableau 2 : Caractéristiques du Canal de la Sensée représentées dans le modèle.....	27
Tableau 3 : Caractéristiques du Canal du Nord retenues dans le modèle	28
Tableau 4 : Sources des données disponibles	29
Tableau 5 : Description des classes de qualité des indices de contamination métallique	30
Tableau 6 : Paramètres étudiés	31
Tableau 7 : Observations faites sur les données collectées dans le cadre de la réalisation de l'état de référence.....	31
Tableau 8 : Débits de crue de la Tortille estimés à partir d'autres BV	40
Tableau 9 : liste des habitats retenus	45
Tableau 10 : Légende des sites inventoriés et localisés sur la carte.....	49
Tableau 11 : Notes appliquées pour chaque taxon des unités de végétation.....	54
Tableau 12 : Notes appliquées pour chaque taxon des unités de végétation	54

Table des illustrations

Figure 1 : Aires d'étude large et rapprochée sur le bief de partage	6
Figure 2 : Aire d'étude pour la qualité de l'air	15
Figure 3 : Extension ou cartographie de la zone modélisée et maillage utilisé	24
Figure 4 : Comparaison pluies efficaces – évolution piézométrique : mise en évidence de l'effet tampon de la ZNS	27
Figure 5 : Actions et relations dans le système de ressource et d'utilisation	32
Figure 6 : Exemple d'une simulation réalisée présentant le volume à stocker pour pallier les défaillances de l'Oise	33
Figure 7 : Chronique Carte de situation de la zone d'étude	35
Figure 8 : Chronique des débits journaliers pour un bassin versant de 127 km ²	36
Figure 9 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Hallue à Bavelincourt.....	37
Figure 10 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Hallue à Bavelincourt par la loi GEV et intervalle de confiance à 85 %.....	37
Figure 11 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Ancre à Bonnay	37
Figure 12 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Ancre à Bonnay par la loi GEV et intervalle de confiance à 85 %.....	38
Figure 13 : Ajustement statistique des débits instantanés de la Nièvre à l'Etoile	38
Figure 14 : Ajustement statistique des débits instantanés de la Nièvre à l'Etoile par la loi GEV et intervalle de confiance à 85 %.....	38
Figure 15 : Carte du coefficient régional pour la méthode Crupédix	39
Figure 16 : Hydrogrammes mesurés et reconstitués sur l'Hallue – crue de mars 2002	40
Figure 17 : Hydrogrammes mesurés et reconstitués sur l'Hallue – crue de février 2003	40
Figure 18 : Découpage en sous-bassins versants de la Tortille.....	41
Figure 19 : Modélisation hydraulique de la Tortille	42
Figure 20 : Sites d'étude des zones humides (Airele 2015).....	45
Figure 21 : Exemple de localisation des points de sondages	46

Figure 22 : Illustration des classes d'hydromorphie des sols des zones humides (GEPPA, 1981) ..47

Figure 23 : Carte de localisation de l'ensemble des sites étudiés (Source : Ecothème)50

Figure 24 : Aire d'étude des connectivités (Source : Terroïko).....63

Figure 25 : Exemple de carte de synthèse intégrant les résultats de simulation obtenus pour deux espèces (Crapaud calamite (Epidalea calamita) et Orthetrum bleuisant (Orthetrum coerulescens)) d'une sous-trame humide. 66

Figure 26 : Observations et simulations numériques de dynamique des méta-populations67

Figure 27 : aire d'étude de la pollution de l'air 71



PREAMBULE

La présente pièce 9 présente les méthodologies utilisées dans le cadre de cette étude d'impact, conformément à l'article R.122-5 du code de l'environnement. Il existe de nombreuses méthodes pour les différentes études menées. La présente pièce vise également à justifier le choix des méthodes retenues.

1 METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'IMPACT

1.1 DEFINITION DES AIRES D'ETUDES

L'analyse des différents paramètres environnementaux induit des appréciations qui peuvent être abordées à des échelles de précision géographique différentes.

Cette définition des aires d'études a été menée en intégrant les éléments issus des études APS et DUP :

- du CSNE (2005 – 2006),
- du projet MAGEO Mise Au Gabarit Européen de l'Oise (2014).

A l'instar de MAGEO, trois aires d'étude différentes sont proposées pour CSNE, de manière à caractériser avec la précision adéquate les divers thèmes abordés : l'aire d'étude régionale, l'aire d'étude large et l'aire d'étude rapprochée.

- **l'aire d'étude « régionale »** est une aire d'étude étendue qui permet de contextualiser les thématiques ou d'étudier les thématiques à grande échelle. Toutefois, chaque thématique possède son, voire ses aires d'étude « régionales » propres. Ainsi, il s'agit de traiter des effets indirects ou induits du projet mais aussi de replacer l'analyse environnementale dans le contexte régional.
- **l'aire d'étude large** est une aire d'étude permettant d'appréhender les grands enjeux et les grandes structures du territoire à l'échelle du projet. En particulier, elle permet de d'étudier et de choisir des variantes de tracé. L'envergure retenue pour cette aire d'étude large est une bande de 3 km de part et d'autre de l'axe du projet.
- **l'aire d'étude rapprochée** est une aire d'étude encore plus restreinte qui vise à l'élaboration d'analyses plus fines sur la zone proche du projet. Cette « aire d'étude rapprochée » est aussi variable selon les thématiques : milieu naturel, acoustique, vibrations et paysage. Elle correspond à la bande DUP, qui peut être définie par une bande de 250 m de part et d'autre de l'axe du projet

Le tableau ci-après récapitule, selon les thématiques étudiées dans le cadre de l'étude d'impact, les aires d'études retenues.

Thématiques étudiées	Aire d'étude retenue
Climatologie	Régionale
Relief	Régionale
Géologie	Régionale
Eaux souterraines	Régionale / Large
Eaux superficielles	Régionale / Large
Risques naturels	Large
Milieu naturel	Régionale / Large / Rapprochée
Occupation du sol	Large
Agriculture/sylviculture	Régionale / Large
Urbanisme/ Socio-économique	Régionale / Large
Réseaux/ Servitudes d'utilités publiques	Large
Risques technologiques	Large
Acoustique	Rapprochée
Qualité de l'air/ Air-santé	Régionale / Large
Paysage	Régionale / Large / Rapprochée
Patrimoine culturel	Large
Bilan carbone	Régionale



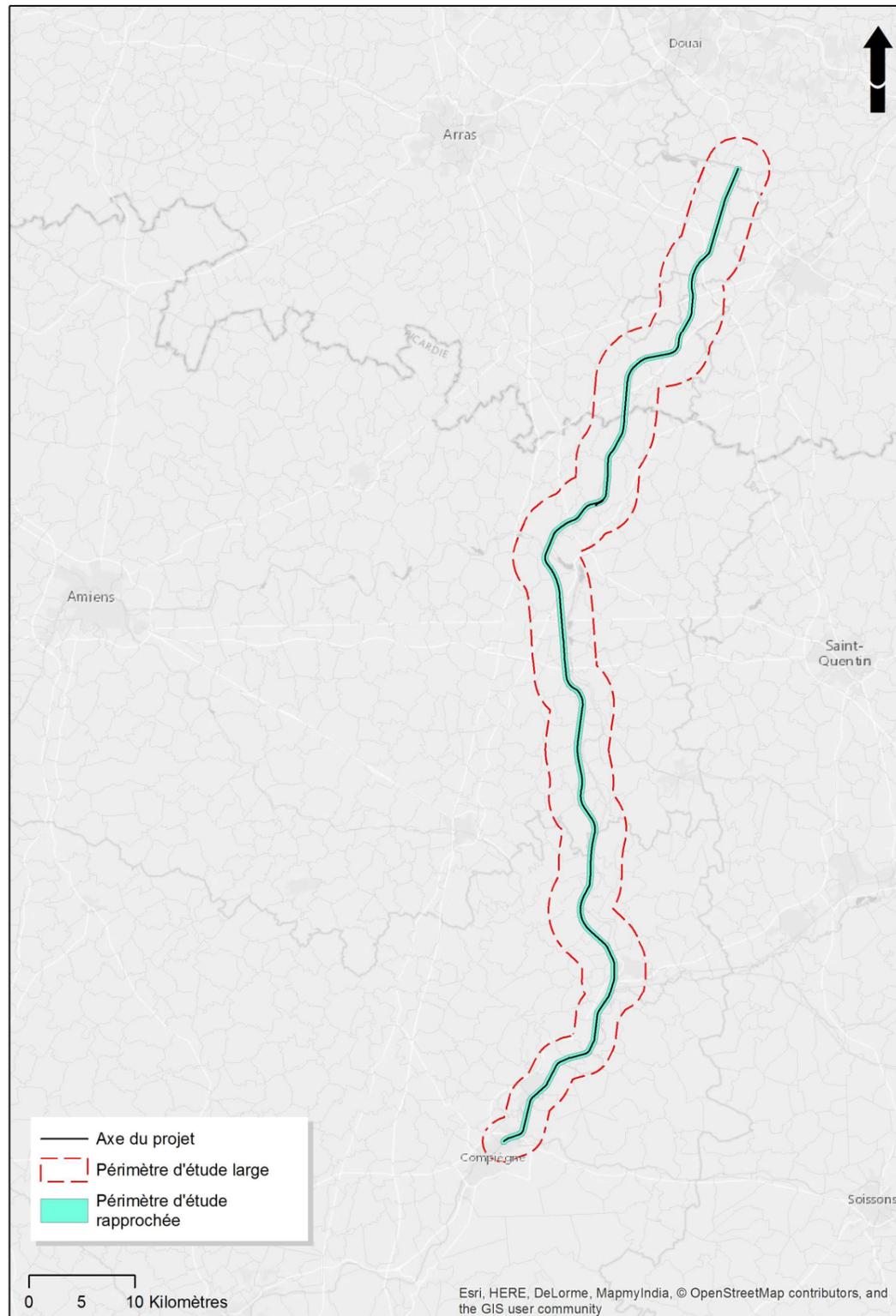


Figure 1 : Aires d'étude large et rapprochée sur le bief de partage

1.2 ETUDES SUR LE MILIEU PHYSIQUE

1.2.1 Climat, relief, sol et géologie

1.2.1.1 Caractérisation de l'état initial

Les conditions météorologiques sont décrites à partir des données de 2 stations Météo-France : celle de Cambrai-Epinoy (62) située au Nord-Est, et celle de Rouvroy-en-Santerre (80) située au sud-ouest. Ces stations ont été retenues car elles disposent de données homogènes sur les 20 dernières années (respectivement 1981-2010 et 1993-2010) et de fiches climatiques complètes.

Le relief a été caractérisé grâce à la lecture de cartes topographiques.

La caractérisation des sols a été faite en consultant les publications de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique).

Enfin, le contexte géologique a été décrit sur la base des cartes géologiques et autres données du BRGM, ainsi qu'à partir des résultats des campagnes de reconnaissance de 2005/2006

1.2.1.2 Evaluation des impacts

Les impacts sur ces thématiques ne sont pas véritablement quantifiables, hormis la quantification des terrassements (et la recherche de sa réduction). Il s'agit toutefois essentiellement d'une donnée projet, décrite dans la pièce 4.

1.2.1.3 Limites et difficultés rencontrées

Aucune difficulté particulière n'est à signaler.

1.2.2 Risques naturels

1.2.2.1 Caractérisation de l'état initial

Le site « prim.net » du Ministère du Développement Durable a permis de recenser les arrêtés de catastrophe naturelle.

Les Plans de Gestion des Risques Inondation (PGRI) Artois-Picardie et Seine-Normandie, qui définissent la vision stratégique des priorités d'actions en matière de prévention des inondations, à l'échelle du bassin et pour les 6 années à venir (2016-2021) ont été consultés ainsi que les Atlas des Zones Inondables des DREAL Picardie et Nord-Pas-de-Calais.

Les données du BRGM ont aussi été consultées pour ce qui concerne la sensibilité aux risques d'inondation par remontée de nappe.

Enfin les Zones Inondées Constatées dans le Nord-Pas-de-Calais (source : DDTM62) et les Plans de Prévention des Risques Inondations (PPRI) des communes concernées de l'aire d'étude ont complété l'analyse.

Les données de coulées de boues sont issues de la DREAL Nord-Pas-de-Calais, et d'études à l'échelle nationales de l'INRA.

Les cavités souterraines ainsi que les zones d'aléa de retrait/gonflement des argiles recensées par le BRGM ont été consultées et intégrées aux cartes d'état initial. L'étude d'ANTEA réalisé pour le compte de VNF en 2008 « Approche documentaire et méthodologique de l'aléa Cavités souterraines » a également été valorisée.

Les Zones de tranchées de la première guerre mondiale ont été fournies par les DDTM de l'Oise, de la Somme, du Nord et du Pas-de-Calais.

1.2.3 Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts pour cette thématique a été conforme à la méthodologie générale décrite au § 1.6.

1.2.3.1 Limites et difficultés rencontrées

Aucune difficulté particulière n'est à signaler, hormis le fait que pour les coulées de boue, des données plus fines auraient sans doute été utiles.

1.2.4 Eaux souterraines

1.2.4.1 La description de l'état initial

Pour constituer l'état initial, plusieurs données ont été compilées :

- la carte des masses d'eau issue de l'Agence de l'Eau Artois Picardie
- les captages AEP (avec périmètres de protection immédiate, rapprochée et éloignée), agricoles et industriels issus des données de la DDTM de la Somme, du Pas de Calais et du Nord.
- l'étude hydrogéologique de synthèse réalisée par ANTEA en 2012,
- la description de l'état de référence qui est présentée dans la pièce 7A est issue de la modélisation réalisée par ANTEA en 2015, réactualisée 2016 et dont une description succincte de la méthodologie est faite dans le paragraphe 2.1.1 (études spécifiques) de la présente pièce,
- l'étude hydrogéologique réalisée par SOGREAH en 2009.

1.2.4.2 Evaluation des impacts

L'appréciation des impacts sur la nappe de la craie elle-même et sur les usages de l'eau (captages AEP, agricoles et industriels) est également issue de cette modélisation ainsi que des études spécifiques sur les captages AEP réalisées par le bureau d'études SB2O entre 2012 et 2017.

L'analyse des impacts dans le secteur de l'Oise s'appuie sur la modélisation hydrogéologique réalisée par SOGREAH en 2009

1.2.5 Eaux superficielles

1.2.5.1 Description de l'état initial

La description de l'état initial a été réalisée à partir du recueil de données existantes et à partir des études spécifiques suivantes :

- Etude hydraulique spécifique réalisée par Sogreah-Ingerop en 2006 et 2009 ;
- Etudes hydrauliques réalisées par l'Institution Interdépartementale Nord – Pas-de-Calais pour l'aménagement de la Vallée de la Sensée dans le cadre du SAGE de la Sensée ;
- Etude de la qualité des eaux superficielles par Asconit en 2015 ;
- Etude du schéma d'alimentation du CSNE portant sur le bilan qualité de l'Oise et l'analyse des scénarios d'alimentation du CSNE réalisé par ANTEA entre 2013 et 2015;
- Etude de la qualité des cours d'eaux de la vallée de la Sensée de l'Institution Interdépartementale Nord Pas-de-Calais pour l'aménagement de la vallée de la Sensée ;
- Campagnes d'analyse réalisées dans le cadre d'opérations de dragage sur le canal du Nord entre Péronne et Palluel en 2012 et 2014 ;
- Etude de restauration de la Tortille par Champalbert expertises en 2015 ;
- Analyse du fonctionnement hydraulique de la Tortille par Hydratec en 2015.

Les données existantes consultées sont :

- Les SDAGE 2016-2021 des bassins Artois-Picardie et Seine-Normandie ;
- Les SAGE de l'Oise Aronde, de l'Oise moyenne, de la Somme aval et cours d'eau côtiers, de la Sensée, de l'Escaut et Haute Somme ;



- Les Plans Départementaux pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles de l'aire d'étude ; Le plan de gestion et de restauration de la Tortille par l'AMEVA ;
- Les données des Agences de l'Eau Artois Picardie et Seine-Normandie pour la description des masses d'eau.
- Les données débitmétriques des différents cours d'eau de l'aire d'étude de la Banque Hydro,
- Les données des stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles regroupées par les Agences de l'eau Seine-Normandie et Artois-Picardie, ainsi que les données des DREAL Picardie et Nord Pas-de-Calais.
- Plusieurs réseaux de suivi de l'état des écosystèmes aquatiques regroupés par l'ONEMA, notamment, le Réseau Hydrobiologique et Piscicole (RHP) qui concerne le suivi des peuplements de poissons.

Les données existantes ont donc été complétées par les différentes études spécifiques suscitées.

1.2.5.2 Evaluation des impacts

L'introduction du projet de canal dans une modélisation de l'Oise a permis de simuler l'écoulement futur pour les crues de 1993, 1995, 2001, 1992, ainsi qu'une crue centennale. Ainsi, la modélisation a permis de mettre en évidence de façon cartographique les zones mises hors d'eau et de caractériser l'abaissement du niveau des eaux en différents lieux de la vallée de l'Oise et selon différentes crues.

L'effet du projet sur les crues de la Somme a simplement été estimé par le calcul du remous dû aux piles du pont-canal. A partir de la connaissance précise des écoulements en crue de l'Oise et de la Somme, la faisabilité du transfert d'eau de la Somme vers l'Oise a été étudiée, notamment à la lumière de la concomitance des crues sur une douzaine d'années de la période 1981-2001, et grâce au modèle mathématique construit dans le cadre de l'Etude de Modélisation Hydraulique de la Vallée de la Somme, confiée à SOGREAH par le Syndicat Mixte d'Aménagement Hydraulique du Bassin Versant de la Somme.

De même, l'étude de faisabilité du transfert d'eau de l'Oise vers le Nord a été réalisée par simulation sur la période 1969-2004 à partir de données de la station de Condren sur l'Oise, en amont de la prise d'eau et de Creil, en aval du bassin versant de l'Oise, en considérant le débit limite comme indicateur du nombre de jours d'impossibilité de transfert.

Enfin, le schéma d'alimentation en eau du canal a été constitué en calculant les pertes journalières par infiltration et par évaporation, en évaluant l'évolution prévisible des autres usages de l'eau et en estimant les ressources en eau potentielles en provenance de la Sensée, de la Somme et son canal latéral, de l'Oise et son canal latéral et enfin de l'Aisne sur la base à la fois de la qualité de leurs eaux et de la fréquence d'apparition de leur débit limite ou débit d'étiage.

L'estimation des impacts sur les eaux superficielles a considéré d'une part, le niveau d'enjeu des cours d'eau traversés (un fleuve côtier comme la Somme constitue un enjeu beaucoup plus fort qu'un petit cours d'eau intermittent), et d'autre part, le type d'impact de chaque thalweg traversé, listé ci-dessous selon un degré de gravité croissant :

- maintien des écoulements et du transfert des sédiments et des espèces (exemple : franchissement en pont-canal) ;
- maintien des écoulements et du transfert des sédiments, mais perturbation limitée du transfert des espèces (exemple : franchissement en aqueduc large de type dalot de 4x3 avec recouvrement du fond) ;
- maintien des écoulements et du transfert des sédiments, mais perturbation forte du transfert des espèces (exemple : franchissement en aqueduc classique de type dalot de 2 x 2 m) ;
- perturbation des écoulements et coupure totale du transfert des sédiments et des espèces ;
- franchissement en siphon, en descente d'eau ou en aqueduc avec chute d'eau à la sortie.

Les études de Champalbert expertises et d'Hydratec ont permis de compléter l'analyse des impacts, en étudiant de façon suffisamment fine le réaménagement de la Tortille.

La prévision de la qualité des eaux du canal Seine - Nord Europe et celle des retenues de stockage ont fait l'objet d'une modélisation à l'aide des logiciels QUAL2E et CE-QUAL-W2.

1.3 ETUDES SUR LE MILIEU NATUREL

1.3.1 Zones humides

Les zones à dominante humide du SDAGE Artois Picardie ont été exploitées pour approcher le sujet à l'échelle du territoire (Aire d'étude régionale).

A l'échelle de l'aire d'étude large, les zones humides du SAGE de la Sensée (identifiées dans le cadre de ce dernier par le critère phytosociologique) et du SAGE Oise Aronde, ont été exploitées et cartographiées dans l'atlas dans la mesure où elles sont d'une finesse suffisante. Les zones humides du SAGE de la Sensée ne sont toutefois pas concernées directement par le projet.

A proximité du projet, c'est-à-dire dans l'aire rapprochée, les zones humides ont été délimitées conformément à l'arrêté du 24 juin 2008 :

- d'une part, grâce au critère « phytosociologique » (présence de végétation caractéristique sur la base des habitats listés dans l'arrêté) : l'inventaire des habitats réalisé par Ecothème en 2012 puis en 2014 (voir § 2.2.1), qui ne se résume pas aux zones humides, a permis d'identifier les parcelles humides selon le critère phytosociologique,
- et d'autre part, grâce au critère pédologique : pour compléter l'analyse précédente, plus de 300 sondages à la tarière (respectant le protocole de l'arrêté) ont été réalisés par AIRELE en 2015.

L'analyse des effets directs a été réalisé par setec par analyse spatiale simple sous SIG (croisement de l'emprise connue au stade APSM avec les zones humides telles que décrites selon la méthode suscitée)

L'analyse des effets indirects sur les zones humides a été réalisée par Hydractec....

1.3.2 Etudes faune/flore/habitats

1.3.2.1 Caractérisation de l'état initial

En premier lieu, l'identification et l'analyse des zonages réglementaires s'est faite classiquement à partir des données SIG les plus récentes (en 2015) des DREAL Picardie et Nord-Pas de Calais accessibles sur le site internet CARMEN.

Le SRCE du Nord Pas de Calais de 2014 (données cartographiques 2012) et le projet de SRCE de Picardie (version de travail du 16/09/2013) ont également été intégrés à l'analyse.

Le recueil de données pour caractériser plus finement les enjeux écologiques (espèces floristiques et faunistiques présentes sur le territoire et cartographie des habitats naturels) a été réalisé grâce à une recherche bibliographique, la consultation de personnes ressources et des inventaires naturalistes de terrain.

La consultation des personnes et données ressources a été réalisée en 2 phases :

- la première par Biotope lors des études d'APS de 2005-2006,
- la seconde par Ecothème en 2012-2014.

Les organismes consultés sont énumérés dans le tableau ci-après :

Organisme	Données mises à disposition	Contact en	
		2005-2006	2012 - 2014
DIREN / DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement)	ZPS, ZSC, SIC, ZNIEFF, ZICO, données sur les espèces protégées, corridors biologiques	X	X
Conseil général de l'Oise, de l'Aisne, de la Somme, du Pas-de-Calais	ENS, Sites gérés pour la protection de la nature Schéma des espaces naturels de la Somme 2014-2023 - Stratégie pour une nature préservée et partagée en Somme	X	X
Conservatoire des sites naturels / d'espaces naturels de Picardie, du Nord-Pas-de-Calais	Sites gérés pour la protection de la nature, Espèces animales protégées	X	X
EDEN 62	Espèces animales protégées	X	
Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) Délégation interrégionale Nord-Ouest et services départementaux de Nord-Pas-de-Calais et de Picardie)			X
Fédérations de l'Oise, de la Somme, du Pas-de-Calais et du Nord pour la Pêche et			X



Etude d'impact

Organisme	Données mises à disposition	Contact en	
		2005-2006	2012 - 2014
la Protection du Milieu Aquatique			
CRPF		X	
Opérateurs locaux de sites Natura 2000		X	
Conservatoire botanique de Bailleul et sa base de données DIGITALE		X	X
GON		X	
Association Picardie Nature		X	X
Rainette environnement		X	
Association des Entomologistes Picards		X	
Société Linnéenne de Picardie		X	
ONCFS	corridors biologiques	X	X
Fédération régionale de chasse de Picardie, du Nord-Pas-de-Calais	Réserves de chasse, corridors biologiques	X	
Fédérations départementales de chasse (Oise, Aisne, Somme, Pas-de-Calais)	Réserves de chasse, Corridors biologiques	X	
Entente interdépartementale Oise Aisne		X	
Agence de l'Eau Artois-Picardie, Agence de l'eau Seine-Normandie	Zones à dominante humide	X	X
Syndicat de la Vallée des Anguillères		X	
Institution interdépartementale du SAGE de la Sensée	Zones Humides de la Sensée	X	
SANEF		X	
DDE du Nord, du Pas-de-Calais, de l'Oise, de l'Aisne et de la Somme		X	X
Observatoire national sur les Zones Humides	Zones humides	X	
Observatoire de la Biodiversité du Nord-Pas-de-Calais		X	X
Réseau des Acteurs de l'Information Naturaliste (RAIN)			X

Tableau 1 : Liste des organismes contactés en 2006 et 2012

L'analyse des enjeux naturalistes sur l'aire d'étude large puis rapprochée a été menée de manière progressive depuis 2004, en affinant au fur et à mesure les inventaires autour de la zone d'emprise projetée des travaux.

Les inventaires ont concerné tous les sites naturels susceptibles de présenter un enjeu sur l'ensemble du tracé du projet et dans une bande de 500 mètres incluant les zones de dépôts.

Dès les études d'avant-projet en 2004, une approche graduelle a été adoptée par BIOTOPE qui a mené :

- Une première approche exhaustive sur l'ensemble de l'aire d'étude par analyse de la bibliographie et des photographies aériennes, puis par un repérage de terrain,
- Un focus plus détaillé sur les sites de plus fort enjeux.

En effet, l'aire d'étude large étant caractérisée par une forte hétérogénéité (les milieux d'intérêt écologique fort sont entourés de vastes espaces agricoles en openfields et fonctionnent sous forme d'ilots), une hiérarchisation est apparue nécessaire.

La première reconnaissance de terrain a permis de dégager un premier état initial suffisant pour repérer les habitats les plus remarquables et hiérarchiser les secteurs du fuseau de l'étude en 4 classes :

- Classe 1 : enjeux très forts (passage au centre d'une Réserve Naturelle, d'un Espace Naturelle Sensible, d'un site d'un Conservatoire, etc.)
- Classe 2 : enjeux forts (qui engendrerait des coûts onéreux pour réduire voire compenser les impacts négatifs inhérents au projet de canal)
- Classe 3 : pas de risque pour la faisabilité du projet (milieu traversé composé d'une nature banale ne présentant pas d'enjeux particuliers comme par exemple des zones d'agriculture intensive)
- Classe 4 : incertitude quant à la faisabilité du projet (l'expertise bibliographique et les données existantes étaient insuffisantes et ne permettaient pas de classer le secteur en 2 ou 3).

Les inventaires réalisés durant le printemps et l'été 2005 ont porté sur les secteurs en classe 4. Ces sites correspondent essentiellement à des bordures de cours d'eau (ripisylves, zones de prairies plus ou moins humides, anciennes gravières réhabilitées...) et à des boisements de différentes sortes. Les inventaires, pilotés par Biotope, ont été réalisés par des bureaux d'étude indépendants et ont porté sur les habitats et la flore (AIRELE), les insectes et les amphibiens (OGE), les oiseaux (ONF).

Entre 2006 et 2008, BIOTOPE a réalisé des compléments d'inventaires afin de caractériser avec plus de précision le niveau d'enjeu écologique des différents sites naturels traversés par la bande DUP, et notamment de pré-identifier les sites susceptibles d'accueillir des zones humides.

En 2010, des compléments d'inventaires ont été réalisés par AIRELE sur les Oiseaux et les Chiroptères, en vue d'établir les dossiers de dérogation pour le dérangement, le déplacement ou la destruction d'espèces protégées.

En 2012, dans l'objectif d'actualiser de façon complète et exhaustive les inventaires, une nouvelle analyse par photo-interprétation a été menée sur l'ensemble du tracé puis croisée avec l'analyse des sites à enjeux menée par Biotope. La sélection des sites à inventorier a été réalisée en fonction :

- de leur intérêt écologique identifié lors des inventaires précédents;
- parfois de l'absence d'inventaire lors des précédentes études au sein de sites qui seront intersectés par le projet ;

Il a été choisi de proposer des sites fonctionnels dans leur globalité, s'étendant bien au-delà de la bande DUP, afin de pouvoir dresser une analyse objective complète et étayée de leur valeur écologique et de leur état de conservation. La sélection de sites a été soumise pour avis à l'Observatoire de l'environnement et aux services de l'Etat. Des sites complémentaires ont ainsi été ajoutés à la sélection initiale. Les inventaires ont été menés par ECOTHEME et ont porté sur l'ensemble des groupes faunistiques, sur la flore et sur les habitats naturels.

En 2014, de nouveaux sites potentiellement concernés par la reconfiguration ou nécessitant des vérifications ont été prospectés par ECOTHEME. Des compléments d'inventaires ont également été réalisés sur certains sites prospectés en 2012 afin de lever quelques doutes sur la qualité de certains relevés liés à des conditions météorologiques défavorables. Les sites ayant fait l'objet d'inventaires par Ecothème sont représentés sur la carte « Ecologie du paysage » de la Pièce 11 – Atlas cartographique.

Enfin, afin de lever le doute sur la présence d'éventuels enjeux écologiques locaux qui auraient pu être oubliés sous l'emprise du tracé, le passage d'un ingénieur écologue de l'ONF a été réalisé en août et septembre 2015 sur les petits linéaires de haies, talus boisés du canal du Nord ou petits bosquets ponctuels. Les éventuels gîtes à chiroptères ont notamment pu être relevés lors de cette prospection.

Les méthodologies sont décrites de façon détaillées dans le § 2.2.1.

L'état initial des connectivités écologiques a été déterminé à partir des SRCE de Picardie et du Nord-Pas-De Calais. Il a également pris en compte l'analyse des corridors effectuée par Biotope en 2005.

Enfin cette analyse s'est appuyée sur l'étude des connectivités réalisée par Terroiko (cf. description détaillée au § 2.2.3) pour la trame forestière et la trame humide grâce à la modélisation d'espèces parapluie par trame :

- trame forestière :
 - o la salamandre tachetée,
 - o l'écureuil roux.
- trame des milieux humides :
 - o le triton crêté,
 - o le martin pêcheur d'Europe,
 - o la crossope aquatique.

1.3.3 Evaluation des impacts

L'évaluation quantitative des impacts pour cette thématique a été conforme à la méthodologie générale décrite au § 1.6.

Concernant les connectivités, l'analyse a consisté à confronter les noyaux de biodiversité et les corridors interceptés par le projet afin de proposer des mesures pour les rétablir (ouvrages et plantations).

1.3.4 Limites et difficultés rencontrées

Le recueil de données existantes présente classiquement quelques limites. La connaissance que l'on peut obtenir, notamment par consultation des personnes ressources est disparate. Elle est représentative pour le secteur d'étude, mais ne recherche pas l'exhaustivité et ne concerne que les principaux groupes floristiques et faunistiques.

Toutefois les inventaires ont été réalisés avec une pression d'inventaire suffisante et des protocoles adaptés. Ils ont permis de décrire de façon très détaillée l'écologie des milieux traversés.



1.4 ETUDES SUR LE MILIEU HUMAIN ET LE CADRE DE VIE

1.4.1 Etudes sur l'agriculture et la sylviculture

1.4.1.1 Caractérisation de l'état initial

Les données statistiques Agreste issues du recensement agricole (RGA 2010) ont été consultées et exploitées à la fois pour le diagnostic à l'échelle régionale et au niveau de l'aire d'étude large.

Par ailleurs, les études d'aménagements fonciers réalisées par les Conseils départementaux de l'Oise, de la Somme, du Nord et du Pas-de-Calais ont largement enrichi le diagnostic. Ces études qui sont destinées à éclairer les commissions d'aménagement foncier sont en partie établies à partir d'enquêtes de terrain. Elles ont notamment permis de localiser les réseaux d'irrigation et de drainage.

Les données sur les captages agricoles sont issues des données des DDT de l'Oise, de la Somme, du Pas-de-Calais et du Nord.

Les données sur les forêts soumises à Plan Simple de Gestion ont été transmises par les Centres Régionaux de la Propriété Forestière de Picardie et du Nord-Pas-de Calais.

1.4.1.2 Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts pour cette thématique a été conforme à la méthodologie générale décrite au § 1.7.

Les impacts significatifs pour l'exploitation agricole et sylvicole ont été analysés : Emprise sur les terres agricoles et les boisements exploités pour la sylviculture, desserte future des activités agricoles et sylvicoles, création de parcelles inexploitable, emprises sur des captages agricoles, déstructuration des cheminements et des réseaux nécessaires à l'activité.

1.4.1.3 Limites et difficultés rencontrées

La principale difficulté relève de l'hétérogénéité des données recueillies à partir des études d'aménagement foncier, en particulier d'un département à l'autre : de fait, la nature des données n'est pas toujours identique.

1.4.2 Etudes sur l'occupation des sols et le contexte socio-économique

1.4.2.1 Caractérisation de l'état initial

Au niveau de l'aire d'étude « large », une analyse des lieux d'habitats et d'activités, de l'occupation des sols et des tendances de développement a été réalisée.

L'utilisation du sol a été caractérisée en compilant plusieurs sources :

- Etude DUP 2006,
- Analyse cartographique : Scan25 (IGN),
- Corine Land Cover,
- BD Topo ® (IGN),
- Couverture forestière (IFN),
- Photographies aériennes de 2010,
- Réaménagement foncier par commune,
- Documents d'urbanisme et de planification (PLU, PLUi, SCoT).

Les cartes d'occupation du sol sont essentiellement issues de l'interprétation des cartes IGN au 1/25 000, de la BD Carto ® et des visites et relevés sur site.

Le diagnostic de l'état initial visait principalement à :

- identifier les espaces liés à l'activité humaine, c'est-à-dire les lieux d'habitats et d'activités, le niveau d'équipement des secteurs ou communes traversées,
- décrire les modalités d'occupation dans cette aire d'étude,
- apprécier à partir des documents d'urbanisme existants les tendances de développement programmées de cette urbanisation, d'identifier les potentialités d'aménagement engendrées par le projet Seine-Nord Europe.

Pour les sujets relatifs à l'urbanisme, les données ont été recueillies à l'échelle intercommunale et communale. Le secteur du bief de partage concerne trois SCoT : SCoT du pays du Santerre Haute-Somme, SCoT du Cambrésis et SCoT de Marquion-Osartis.

Les documents d'urbanisme réglementaires ont été recherchés à la fois auprès des communes et à la fois auprès des DDTM lorsque celles-ci disposaient de données. Tous les documents d'urbanisme de l'aire d'étude ont été consultés et analysés.

Le contexte socio-économique a été caractérisé grâce à l'analyse des données de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE). Les données utilisées sont celles du dernier recensement de la population, soit 2011 pour les communes de l'aire d'étude. Les échelles analysées sont d'une part l'échelle régionale et d'autre part l'aire d'étude large.

Le contexte économique et particulièrement les projections à moyen ou long terme ont été appréhendées à partir des diagnostics des SCoT.

1.4.2.2 Evaluation des impacts

Compte tenu du caractère parfois prospectif de l'évaluation de ce thème, l'analyse des impacts sur le développement urbain a porté avant tout sur les impacts directs. En effet, les effets induits et indirects dépendent des politiques d'aménagement et d'accompagnement du projet mises en place par les collectivités. L'analyse des impacts sur le bâti a été réalisée à partir des plans au 1/ 5000^{ème} de l'APSM et d'une vérification de la nature de chaque bâti à proximité immédiate de l'emprise du projet, grâce aux photos aériennes de Google Map.

1.4.2.3 Limites et difficultés rencontrées

La difficulté majeure consiste à évaluer les nuisances pour les habitations qui ne se trouvent pas sous l'emprise mais à proximité de celle-ci, et notamment au niveau de certaines composantes du projet (les rétablissements routiers) pour lesquelles les études techniques vont encore évoluer.

1.4.3 Etudes sur les infrastructures de transport et réseaux

1.4.3.1 Caractérisation de l'état initial

La caractérisation de l'état initial a été réalisée à partir de l'analyse des cartes IGN au 1/ 25 000 avec une actualisation pour les routes nationales à partir de la consultation de Google Map.

Les réseaux ont été traités à partir de l'analyse des données de la BD Topo la plus récente (2014), ainsi qu'à partir des données des études d'aménagement foncier. Des bases de données spécifiques ont également été consultées, comme la carte interactive de GRT Gaz pour vérifier la présence de canalisation de gaz.

1.4.3.2 Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts sur les infrastructures a été réalisée conformément à la méthodologie générale décrite au § 1.7., c'est-à-dire à partir de la superposition du projet et du réseau de voiries et réseaux divers recensés.

1.4.3.3 Limites et difficultés rencontrées

Le recensement des réseaux a été limité, compte tenu de la densité des réseaux existants, aux réseaux les plus importants et les plus contraignants pour la réalisation d'un projet de cette envergure.



1.4.4 Etudes sur les risques technologiques et industriels

1.4.4.1 Caractérisation de l'état initial

Les données sur le site SEVESO sont issues des Plans de Prévention des Risques Technologique mis à disposition par les Préfecture.

Les données concernant les sites pollués sont issues de la base de données Basias et ceux sur les sols pollués de la base de données Basol. Les données sur les installations classées pour la protection de l'environnement sont issues de la base du site internet « installations classees.developpement durable.gouv.fr ».

1.4.4.2 Evaluation des impacts

Les impacts sont limités sur ce thème compte tenu du caractère fortement rural de la zone d'étude. Ils ont été également évalués conformément à la méthodologie générale décrite au § 1.7., en superposant les données avec l'emprise du projet.

1.4.4.3 Limites et difficultés rencontrées

Aucune difficulté particulière n'est à signaler pour ce thème.

1.4.5 Etudes sur le bruit

1.4.5.1 Caractérisation de l'état initial

L'état initial acoustique est basé sur une campagne de mesures de bruit, réalisée en décembre 2014 et constituée de :

- 2 points de mesures de longue durée (24h consécutives),
- 13 points de mesures courtes (30 minutes).

choisis pour couvrir les configurations suivantes et avoir une meilleure connaissance de l'ambiance sonore préexistante de jour et de nuit :

- o Abords des futures écluses ;
- o Abords des futures plateformes ;
- o Abords du tracé courant ;
- o Abords d'infrastructures importantes telles que les autoroutes, les nationales, les voies ferrées ...

1.4.5.2 Evaluation des impacts 1Bde courte durée

La modélisation des impacts acoustiques de la nouvelle infrastructure fluviale, liés directement au déplacement des bateaux circulant sur le canal, a été réalisée sur la base d'une « ligne source » simulée avec le logiciel CADNAA version 4.5, la caractérisation des spectres acoustiques des sources sonores d'un canal à grand gabarit étant basée sur l'étude précédente de 2006.

Les écluses ont également été modélisées par des lignes source. Dans ce cas, la ligne source de chaque écluse comprenait les zones d'attente des bateaux, ainsi que les zones de sas, la caractérisation des spectres acoustiques des écluses étant également basée sur l'étude précédente de 2006.

Les simulations ont été effectuées en tenant compte d'un certain nombre de paramètres, tels que :

- la topographie du site en 3 dimensions, ainsi que celle du projet en 3 dimensions,
- la nature absorbante du sol, le trafic fluvial,
- les caractéristiques météorologiques du site.

La modélisation des impacts sonores a été réalisée aux horizons 2030 et 2060 avec les trafics fournis par VNF. Le doublement des écluses a été considéré comme effectif à partir de 2030. Les bruits liés aux activités de chargement/déchargement au niveau des plateformes multimodales ont également été pris en compte.

1.4.5.3 Limites et difficultés rencontrées

La volonté de quantifier précisément les impacts acoustiques générés par les bateaux circulant sur une infrastructure fluviale constitue une démarche assez nouvelle.

En l'absence de bibliographie existante sur les signatures acoustiques des bateaux circulant sur des canaux équivalents, et des écluses en fonctionnement, la campagne de mesure réalisée en 2006 a permis d'obtenir des données de référence. Si les résultats de cette campagne n'ont pas de valeur statistique, ils permettent toutefois d'évaluer l'émission sonore moyenne des circulations fluviales et des écluses.

On a pu constater que le bruit global au droit des écluses était principalement lié au stationnement et aux manœuvres des bateaux.

1.4.6 Etudes sur la qualité de l'air

L'étude de la qualité de l'air a été réalisée en 2015 par le bureau d'étude ACRI-HE.

La méthodologie utilisée, à la fois pour l'évaluation de l'évolution de la qualité de l'air et pour l'évaluation de ses effets sur la santé, suit les recommandations de la circulaire n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

S'agissant d'une mise à jour, l'aire d'étude reste celle de l'étude d'impact de 2006 et s'étend de Compiègne à Douai, en intégrant les autoroutes A1, A26 et A29. Cette aire représente une zone d'environ 100 km de large sur 110 km de long. Elle est représentée sur la carte ci-après.

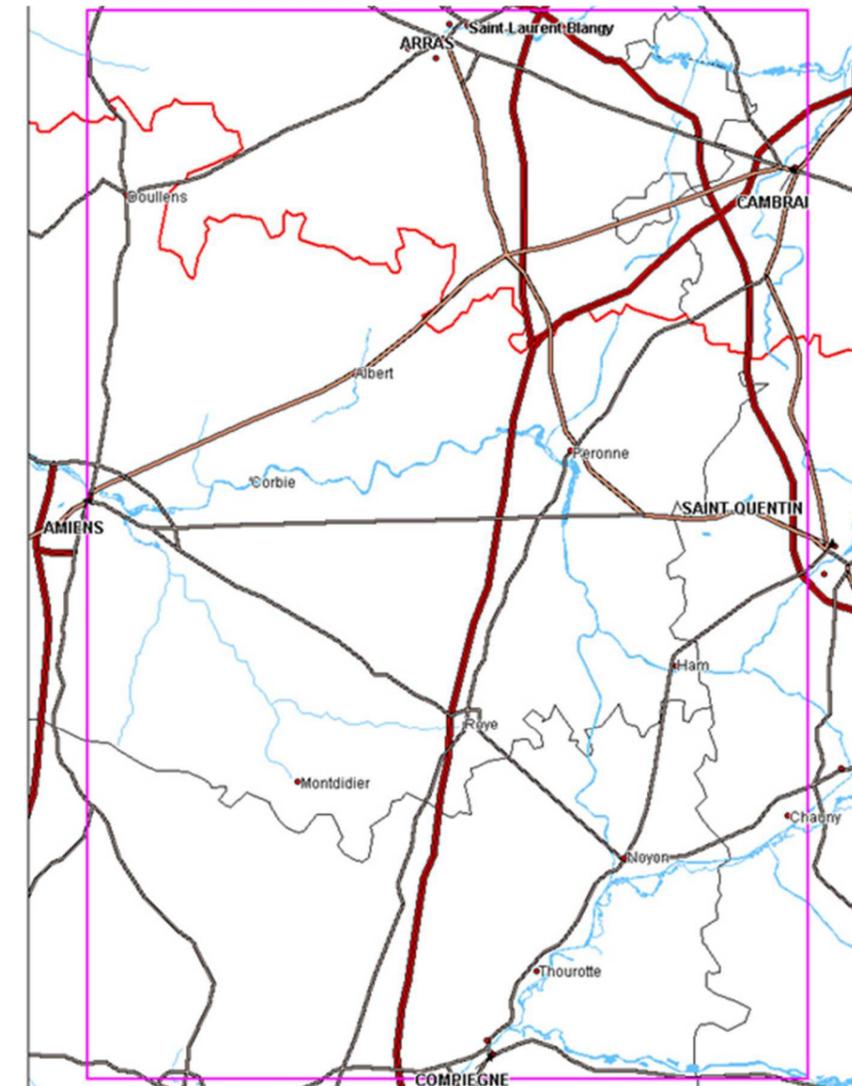


Figure 2 : Aire d'étude pour la qualité de l'air

1.4.6.1 Caractérisation de l'état initial

Un modèle numérique de simulation de la qualité de l'air a été élaboré pour les besoins de l'étude. Les données d'entrée (mesures d'état initial réalisées par les associations régionales en charge de la qualité de l'air, données météorologiques de Météo France et données de trafic fournies par VNF) ont été intégrées par ACRI-HE pour paramétrer le modèle et caractériser l'état initial.

Les concentrations atmosphériques de 5 polluants (oxydes d'azote, poussières, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, dioxyde de soufre), émis habituellement par les trafics fluvial et routier, ont été calculées à l'aide du modèle AIREMIS aussi bien pour l'horizon initial que pour l'horizon futur.



1.4.6.2 Evaluation des impacts

La modélisation a été effectuée pour l'état initial (2014), mais également pour l'horizon futur 2030 avec projet (Etat futur) et pour l'horizon futur 2030 sans projet (Etat de référence), en conformité avec les horizons de la modélisation des trafics.

La comparaison des cartes de concentration entre l'état initial et l'état futur d'une part, mais surtout la comparaison entre l'état futur et l'état de référence d'autre part, ont permis d'évaluer les impacts du projet sur la qualité de l'air. Par ailleurs, une carte du différentiel des concentrations entre l'état futur et l'état référence a été réalisée pour chaque polluant. Enfin, un bilan sur l'aire d'étude a également été effectué pour permettre d'avoir une vision synthétique.

1.4.6.3 Difficultés rencontrées

La modélisation de la qualité de l'air dans le domaine du transport fluvial est une démarche assez novatrice, voire expérimentale. La méthodologie s'appuie sur celle des projets routiers (guide du SETRA/CERTU de juin 2001), mais une telle modélisation fait appel à des paramétrages délicats, car peu habituels.

✚ Calcul des émissions

La méthodologie employée pour calculer les émissions fluviales n'est pas aussi rodée que celle utilisée pour calculer les émissions routières. Les débits fluviaux ont été calculés sur la base du tonnage annuel et dépendent donc du poids moyen supposé de la flotte. Le calcul du nombre moyen de bateaux par jour, puis par heure, génère des imprécisions, en particulier lorsque le nombre de bateaux calculé est faible. Les facteurs d'émissions, en revanche, peuvent être qualifiés de fiables, ainsi que les données de consommation. Les émissions fluviales ainsi calculées sont représentatives d'une moyenne annuelle, mais cependant, ne peuvent prétendre reproduire le trafic réel.

✚ Calcul de la dispersion

Lors de l'étape de calage du modèle numérique, certaines options de calcul et certains paramètres ont été choisis arbitrairement. Le calcul de la dispersion est donc la phase qui génère le plus d'incertitudes.

Cependant, les émissions routières sont significativement plus élevées que les émissions fluviales, et l'incertitude sur leur calcul est limitée ; l'impact global de la mise en service du canal sur la pollution atmosphérique est donc évalué dans les études avec une précision jugée acceptable.

1.4.7 Autres

Les données sur les risques hydrauliques sont issues d'une étude réalisée par HYDRATEC en 2015 sur le bief de partage et du dossier préliminaire de présentation au CTPBOH réalisé en décembre 2011 par le groupement EDF/CIH pour le compte de VNF, pour mettre à jour et rendre conforme à la nouvelle réglementation (décret du 11/12/2007 et décret du 22/10/2010) une première version constituée en 2009 par le groupement SOGREAH-ARCADIS-TRACTEBEL-COYNE ET BELLIER.

Les données issues du transport de matière dangereuse sont issues d'une analyse réalisée en 2015 par SETEC International.

1.5 ETUDES SUR LE PAYSAGE, LE PATRIMOINE ET LES LOISIRS

1.5.1 Etudes sur le paysage

1.5.1.1 Caractérisation de l'état initial

L'analyse paysagère doit resituer le projet dans les grandes entités paysagères régionales.

En particulier, elle s'est basée sur la consultation des Atlas des Paysages Départementaux de Picardie et de l'Atlas régional des Paysages pour le Nord-Pas-de Calais. L'analyse paysagère est également basée sur l'étude de 2006 réalisée par le cabinet d'études Desvignes et celle de 2014 réalisée par l'AREP. Ces éléments ont ensuite été confrontés à la perception directe du paysagiste lors d'une mission sur le terrain.

Ces éléments ont permis d'identifier, à trois échelles d'analyse, les grands ensembles régionaux, les unités et les entités paysagères.

1.5.1.2 Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts du projet sur le paysage a été essentiellement réalisée sur site pour appréhender les perspectives paysagères des riverains et celles depuis les infrastructures à proximité. Ces informations ainsi récoltées sont ensuite croisées avec le profil du tracé (localisation des passages en déblais et remblais).

L'évaluation considère que les secteurs concentrant les enjeux paysagers, et donc les impacts, sont ceux présentant la plus grande visibilité sur le projet. Ils ne correspondent pas nécessairement à des paysages exceptionnels du point de vue esthétique ou pittoresque.

Les impacts du projet sur le paysage, en particulier les rétablissements et ouvrages d'art non courants, ainsi que les mesures d'insertion ont été visualisés pour les sites les plus sensibles par des simulations visuelles (coupes, photomontages, esquisses, croquis paysager...).

1.5.1.3 Difficultés rencontrées

L'étude sur le paysage n'a pas rencontré de difficulté particulière.

L'impact paysager n'est pas toujours décroissant avec la distance au projet. En effet, il est apparu parfois important en vue lointaine et réduit à proximité, car les obstacles à la vue situés à proximité peuvent disparaître à distance grâce aux microreliefs (exemple à Moislains).

1.5.2 Etudes sur le patrimoine, le tourisme et les loisirs

1.5.2.1 Caractérisation de l'état initial

✚ Patrimoine historique

Les données sur les monuments historiques sont issues des données des DRAC. La vérification de la présence ou l'absence de sites inscrits ou classés et celles relatives aux ZPPAUP et/ou AVAP, ont été faites sur les bases de données des DREAL.

La localisation des cimetières militaires et des nécropoles a été réalisée par interprétation cartographique des cartes IGN au 1/25000ème et de la BD Topo et par visite sur site.

Les sites et monuments présentant un intérêt patrimonial, sans pour autant bénéficier de protection particulière, ont été recensés à partir de recherches sur Internet (base de données Mérimée, du Ministère de la Culture).

Les études d'aménagement foncier ont également été consultées pour ce thème à l'échelle de la commune pour le petit patrimoine.

✚ Patrimoine archéologique

Les données sur le patrimoine archéologique sont en grande partie issues des études réalisées dans le cadre des études DUP de 2006.

Cette étude consistait à préciser le contexte archéologique du canal Seine - Nord Europe, mais aussi à recueillir les informations nécessaires aux différentes phases d'étude à venir (pré-diagnostic, diagnostic et fouilles préventives) et à programmer les futures interventions archéologiques.

Cette étude comportait deux parties : une étude documentaire et une étude géomorphologique.

La partie documentaire a permis de regrouper de nombreuses données sur le contexte archéologique connu grâce notamment à de nombreux supports cartographiques (carte de Cassini, cadastre napoléonien, minutes des cartes d'Etat-major, ainsi que les zones de conflit de la deuxième guerre mondiale).

Les sources d'information principales ont été les archives départementales, la cartotheque de l'Institut Géographique National (IGN), le fond cartographique de l'Historial de la Grande Guerre de Péronne et la carte archéologique nationale.



La partie géologique et géomorphologique a eu pour but d'évaluer le Potentiel de Conservation du Signal Archéologique (PCSA).

Ont ainsi été définis, d'une part, les secteurs où des sites potentiels pourraient être recouverts par des sédiments (colluvions, alluvions, lœss...) et donc protégés, et d'autre part, ceux où l'érosion a pu altérer ce signal. Pour cela, les données renseignant la morphologie du terrain (MNT), ainsi que la nature sédimentaire des couvertures (BRGM), ont été utilisées.

Ces données issues des études de 2006 ont été complétées avec les résultats des fouilles réalisées par l'INRAP dans le cadre de la procédure d'archéologie préventive mise en œuvre sur le tracé initial du Canal Seine Nord Europe entre 2006 et aujourd'hui.

Tourisme et loisirs

Les données sur le tourisme et les loisirs ont été recueillies auprès des publications des fédérations de chasses et pêches. Les circuits de randonnées pédestre et cyclotourisme sont issus des PDIPR (Plan Départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnées) des 3 départements traversés.

Les données sur le tourisme fluvial sont issues des publications de Voies Navigables de France. Les données plus générales sur les loisirs et le tourisme des régions traversées sont issues des études de 2006.

1.5.2.2 Evaluation des impacts

L'impact visuel sur le patrimoine est évalué qualitativement. La distance aux périmètres de protection et la présence ou pas d'obstacle visuel entre les monuments et le projet ont permis de faire cette évaluation. Conformément à la méthodologie générale exposée au § 1.7, la superposition entre les emprises du projet et les éléments du petit patrimoine local a permis d'évaluer si le projet aurait un impact sur le petit patrimoine ou pas.

Les impacts du projet sur le tourisme et les loisirs ont été analysés de façon qualitative et à partir des études économiques menées pour le projet en 2006 présentant les potentialités d'un tel projet pour le territoire traversé.

1.5.2.3 Difficultés rencontrées

Les données concernant les pratiques de loisirs au niveau de la zone d'étude ont été difficiles à recueillir compte tenu qu'elles relèvent de pratiques individuelles et peu référencées.

1.6 METHODOLOGIE DE QUANTIFICATION DES IMPACTS

Les données recueillies dans le cadre de l'état initial ont été confrontées avec les éléments de définition du projet (entrée en terre, profil en long, stockage des dépôts, annexes hydrauliques), pour permettre d'en évaluer les impacts : éléments concernés par les emprises du projet, etc...

Les traitements des données sous SIG a permis de quantifier les impacts du projet, notamment en termes de consommation d'espace.

La définition des mesures et leur chiffrage s'est basée sur des références acquises sur d'autres projets autoroutiers ou ferroviaires (A89, A87, LGV Est, LGV Rhin-Rhône...).

2 METHODOLOGIE DETAILLEE DES ETUDES SPECIFIQUES

2.1 ETUDES SUR LE MILIEU PHYSIQUE

2.1.1 Eaux superficielles (SOGREAH, 2008)

2.1.1.1 Objectifs et phasage

Les études préalables à l'établissement du dossier d'autorisation des installations du canal Seine-Nord Europe sont dissociées en deux lots :

- le lot 1 concerne l'étude par modélisation mathématique des impacts quantifiables de la création du canal Seine Nord Europe et des travaux associés, sur les écoulements de surface et les écoulements souterrains rencontrés par le projet, à savoir :

- l'écoulement de surface des eaux de la vallée de l'Oise, entre Condren et la Seine,

- la nappe phréatique d'accompagnement de l'Oise entre Condren et Creil,

- les écoulements souterrains tout au long du parcours du canal Seine Nord entre la vallée de l'Oise au Sud et la vallée de la Sensée au Nord.

- le lot 2 concerne l'impact du projet Seine Nord sur le milieu naturel et la qualité des eaux dans la vallée de l'Oise, plus précisément :

- la morphodynamique de l'Oise et les mesures compensatoires envisagées,

- l'hydrobiologie du cours d'eau modifiée par le fonctionnement du canal du fait de son alimentation par prise d'eau dans l'Oise, d'un transfert d'eau potentiel de l'Oise vers le bassin lillois, d'un transfert d'eau en crue de la Somme vers l'Oise.

Ces études débouchent sur des propositions de scénarios de règlement d'eau concernant les sites et les modalités de prélèvement et l'établissement du dossier de demande d'autorisation « loi sur l'eau », dans le cadre du lot 1, et sur l'évaluation de l'incidence du projet sur les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau dans le cadre du lot 2.

2.1.1.2 Périmètre d'étude

La zone des études hydrauliques comprend trois cours d'eau :

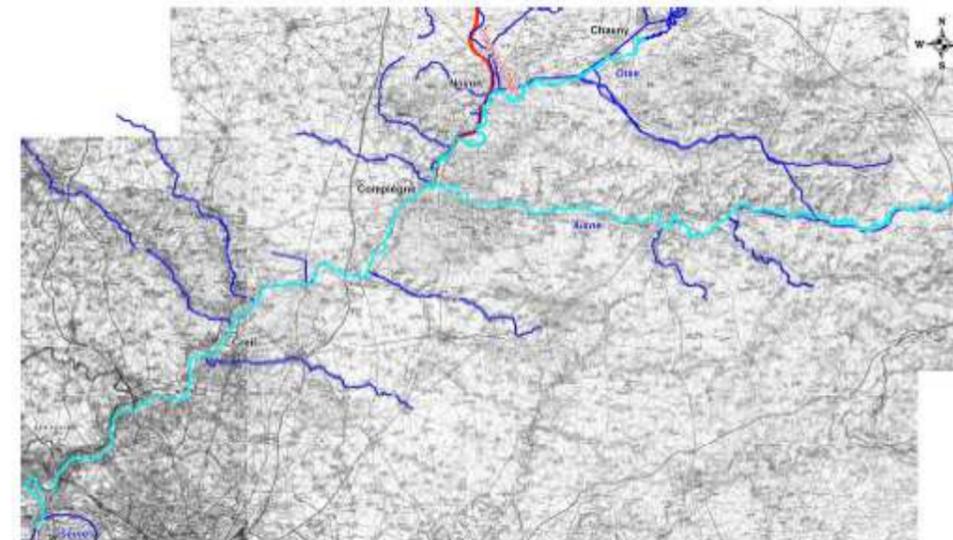
- La Seine, sur le tronçon situé entre la confluence de l'Oise et le barrage d'Andrésy (linéaire d'environ 1.1 km) et éventuellement en amont du confluent selon les nécessités, dans l'objectif d'apprécier les décalages dans le temps de la propagation de l'hydrogramme de la Seine entre la station de mesure la plus proche et le confluent de l'Oise,

- L'Oise entre sa confluence avec la Seine en aval et la station de mesure des débits de Condren (linéaire d'environ 155 km dont approximativement 35 km ont déjà été modélisés lors des études d'APS),

- L'Aisne entre sa confluence avec l'Oise en aval et la station de mesure de Berry au Bac en amont (linéaire d'environ 95 km).

Pour chaque cours précédemment cité, l'aire d'étude comprend :

- le lit mineur,
- le lit majeur,
- les aménagements de régulation des crues existants, en projets décidés, ou en projets à tester dans le cadre de l'étude,
- les canaux latéraux de navigation de l'Oise et de l'Aisne lorsqu'ils sont susceptibles de contribuer hydrauliquement au transit des crues,
- les apports des affluents.
- les prises d'eau de prélèvement de débit,



Zone d'étude

2.1.1.3 Données d'entrée

Les connaissances hydrauliques nécessaires pour évaluer l'incidence du projet de Canal Seine Nord Europe sur les hydrosystèmes fluviaux sont de nature différente selon la zone d'étude et les réponses cherchées. Dans la vallée de l'Oise, l'étude va s'intéresser aux impacts du projet du canal Seine Nord Europe vis-à-vis des lignes d'eau de crues fortement et faiblement débordantes, ainsi que des lignes d'eau d'étiage plus ou moins marqué. En effet, les risques d'impacts recensés à ce jour sont :

– En forte crue : la nécessité de ne pas aggraver les niveaux d'eau en forte crue débordante pour ne pas accroître les zones inondables. Dans la zone déjà modélisée, il s'avère que le projet améliore généralement de façon sensible ces niveaux d'eau. Cependant, du fait de légères modifications possibles dans les propagations des hydrogrammes de crue et des modifications consécutives dans les concomitances de crue Oise/Aisne, du fait des aménagements amont, et surtout Oise/Seine, du fait de modifications du lit de l'Oise entre le barrage de Venette et Creil (approfondissement en particulier), une analyse précise des impacts est demandée, en particulier à l'aval de Compiègne et jusqu'en Seine. De plus, il faudra vérifier que des aménagements existants d'écrêtement des crues, réalisés par l'Entente Oise-Aisne (aménagement de Longueil Sainte-Marie), ne subissent pas de modification de leur fonctionnement susceptible de nuire à leurs performances.

– En crue faiblement débordante : des contraintes existeraient à certaines périodes vis-à-vis par exemple des frayères. Il est alors important de connaître l'impact des prélèvements pour le Canal Seine Nord Europe et des transferts associés sur les niveaux d'eau. Les hydrobiologistes seront alors à même d'analyser l'impact et de proposer des règles durant certaine période de l'année

– En étiage : l'abaissement des lignes d'eau d'étiage par les aménagements de l'Oise et par prélèvement d'eau pour l'alimentation du canal et les transferts associés doit être quantifié précisément à la fois pour l'analyse hydrogéologique (impact sur la nappe) et pour l'analyse hydrobiologique (impact sur la faune et la flore aquatique).

FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA VALLEE DE L'OISE LORS DE LA CRUE DE 1993

✚ Echange canal latéral Oise et rivière Oise à l'amont Sempigny

Une enquête de terrain a été effectuée en novembre 2008 en amont de Noyon/Pont l'Evêque afin d'affiner les débits transitant dans le canal latéral de l'Oise au droit de l'écluse de Sempigny.

Les quatre secteurs sur lesquels des échanges entre l'Oise en crue et le canal latéral ont été recensés sont :

- A l'amont de l'écluse de Sénicourt, un peu moins d'1 m³/s entre dans le canal latéral à l'Oise,
- A l'écluse de Chauny et en aval du pont de la RD 397 à Chauny : débit transitant dans le canal en aval de Chauny = 2.5 m³/s dont 2 m³/s venant de la prise d'eau.
- A l'amont de l'écluse d'Abbécourt : débit transitant dans le canal latéral à l'Oise d'Abbécourt à Saint Hubert = 3.4 m³/s à 2 m³/s compte tenu de l'amortissement fait par les biefs.
- A l'aval de l'écluse de Saint Hubert : débit transitant dans le canal latéral à l'Oise de l'aval de Saint Hubert à Sempigny = 9.0 m³/s à 6.4 m³/s compte tenu de l'amortissement par les biefs.

– La Verse à Sempigny

La Verse n'étant pas jaugée (bassin versant de 147 km²), la seule information disponible est que la pointe de crue de la Verse est passée avant celle de l'Oise en 1993. Le débit de pointe de la Verse en 1993 a été estimé par une transformation pluie/débit et pris égal au débit décennal soit 14 m³/s. La position et la valeur de pointe de crue de la Verse par rapport à la crue de l'Oise influent beaucoup sur la débitance du siphon sous le canal et donc sur les débordements dans la darse.

Les modalités d'échange entre la Verse et le canal latéral en aval de Sempigny (via la darse) sont représentées par une digue fusible à l'amont de la darse.

- Cote de la digue avant rupture : 38.75 m IGN69,
- Cote de la digue après rupture : 38.40 m IGN69,
- Largeur de la brèche : 20 m.

✚ Echange canal latéral Oise et rivière Oise à l'aval Sempigny

Le débit transitant dans le canal latéral de l'Oise à l'aval de sa connexion avec le canal du Nord est de 10.0 m³/s. En aval, des débordements de l'Oise vers le canal, localisés dans la plaine, en zone boisée apportent 6.0 m³/s au canal. Ainsi 19.0 m³/s transite dans le canal de Chiry-Ourscamps à Pimprez.

A l'aval de Pimprez, un retour de débit de 6.0 m³/s se fait du canal vers l'Oise. Ainsi 13.0 m³/s transite dans le canal de Pimprez à Cambronne-Ribécourt. Dans ce secteur, un déversoir de 2m de long a permis de décharger le canal vers l'Oise (3.5 m³/s). Ainsi 9.5 m³/s transite dans le canal latéral à l'Oise au droit de l'écluse de Bellerive.

Enfin à Longueil Annel, un déversoir permet un retour vers le lit de l'Oise de 1.0 m³/s. Le débit transitant dans le canal latéral à l'Oise jusqu'à l'écluse de Janville en 1993 est de 8.5 m³/s.

LES CRUES DE REFERENCE

Les crues de référence proposées sont les suivantes :

CRUE CARACTERISTIQUE	OISE		AISNE		SEINE	
	Débit de pointe à Condren	Date Période de retour	Débit de pointe à Berry au Bac	Date Période de retour	Débit de pointe à Paris Austerlitz	Date Période de retour
Crue de plein bord	80 m ³ /s	-	220 m ³ /s	-	600 m ³ /s	-
Crue Oise en avance sur Aisne	317 m ³ /s	Dec 1993 40 ans	478 m ³ /s	Dec 1993 40 ans	1380 m ³ /s	Dec 1993 5 ans
Crue Aisne en avance sur Oise	182 m ³ /s	Mars 2001 4 ans	369 m ³ /s	Mars 2001 10 ans	1510 m ³ /s	Mars 2001 8 ans
Crue centennale de l'Oise	365 m ³ /s	- 100 ans	478 m ³ /s	Dec 1993 40 ans	1380 m ³ /s	Dec 1993 5 ans
Crue Oise concomitante crue Seine	171 m ³ /s	Mars 2002 4 ans	309 m ³ /s	Mars 2002 4 ans	875 m ³ /s	Mars 2002 <2 ans

ETAT DE REFERENCE A L'ETIAGE ET POUR DIFFERENTES CRUES

✚ Modifications apportées aux lit mineurs et majeurs entre 2002 et aujourd'hui (2009)

Le modèle hydraulique 1D a été modifié pour prendre en compte l'évolution des lits mineurs et majeurs de l'Oise et l'Aisne entre 2002 (crue de validation du modèle) et nos jours et décrire ainsi un état de référence, ou encore état actuel.

Ces modifications consistent en :

- La modélisation des 35 appuis du viaduc de la rocade Nord-Est de Compiègne,
- L'intégration du bassin de surstockage des Muids réalisé par l'Agglomération de la Région de Compiègne, à la confluence Oise-Aisne
- La remise au mouillage initial de 4m de l'Oise canalisée de Creil à la Seine (travaux finalisés en 2009),
- La modélisation des aménagements finaux de Longueil Sainte Marie réalisés par l'Entente Oise/Aisne (finalisation à horizon 2009).

✚ Zones inondables

Les zones inondables ont été tracées au 1/25 000 tout le long de l'Oise de Condren à la Seine en crue centennale et pour la crue de 1995, plus forte crue récente à l'aval de Creil. La précision du tracé est très variable selon la topographie disponible. Le long du tracé du canal Seine Nord Europe des plans au 1/5000, voire localement au 1/1000 ont pu être utilisés. Ailleurs, seul le 1/25 000 était souvent disponible. La précision du report est celle du 1/25 000.

DEFINITION DES ETATS AMENAGES ETUDIES

Les états d'aménagements étudiés sont les suivants :

- Etat 1 : état actuel 2009 avec le Canal Seine Nord-Europe et les modifications associées de l'Oise naturelle,
- Etat 2 : état 1 + mesures compensatoires,
- Etat 3 : état 1 + approfondissement de l'Oise entre Compiègne et Creil,
- Etat 4 : état 3 + modification des aménagements de Longueil St Marie
- Etat 4bis : état 4 + modification optimisée des aménagements et de la gestion de Longueil St Marie
- Etat 4ter : état 4bis + mesure compensatoire la plus efficace de l'état 2

✚ ETAT 1

Le premier état aménagé consiste en la représentation numérique du Canal Seine Nord Europe et des modifications induites sur l'Oise naturelle à savoir :

- Les biefs aval de l'écluse 0 et amont de l'écluse 0 jusqu'à l'écluse 1,
- Les délaissées de l'Oise naturelle connectées au canal Seine Nord Europe, en aval de la confluence de l'Oise naturelle et du canal Seine Nord Europe (boucles de Muids, boucle des Ageux)
- L'écluse 0 de Montmacq,
- Les rétablissements routiers,
- Les dérivations de l'Oise naturelle près de Montmacq, à Pimprez et dans la Boucle de Sainte Croix,
- Un seuil d'échange entre le futur Canal Seine Nord Europe et la vallée de l'Oise à Pimprez,
- Les rétablissements des petits ouvrages hydrauliques de franchissement du canal latéral actuel.

La cote de fonds des boucles des Muids a été rehaussée à 29.50 m IGN69 pour disposer d'une hauteur d'eau moyenne de 1.5 à 2 m afin de développer au mieux les espèces végétales et d'augmenter ainsi la capacité d'accueil pour les espèces animales.

Le seuil de Pimprez a été calé à la cote 37.73 m IGN69, soit +0.30 m au-dessus de la retenue normale du bief 1 du futur CSNE, afin de prendre en compte le marnage autorisé dans le canal. La cote modélisée dans l'APS était 0.20 m plus basse que celle retenue ici (37.53 m IGN69). Le seuil a une longueur déversante de 50 m.



Les berges de chaque rive du canal latéral entre la jonction avec le CSNE et l'écluse de Bellerive sont rehaussées d'environ 0.30 à 0.70 m selon TN, à la cote 38.93 m IGN69, de façon à éviter tout débordement en crue centennale.

Comme dans l'APS, un abaissement des profils du lit mineur de l'Oise navigable entre la confluence Oise-Aisne et le barrage de Venette a été effectué pour garantir un mouillage de 4.5 m. En outre, comme dans l'APS, une amélioration des conditions d'écoulement au droit du pont de la RD48 à Chiry Ourscamps a été intégrée, à savoir :

- Curage jusqu'au niveau 33 m IGN69 du terrain naturel situé sous l'arche de rive droite du pont. L'efficacité de ce terrassement n'est assurée que s'il se raccorde en pente douce au terrain naturel amont et aval. La stabilité des piles du pont devra aussi être vérifiée.
- Agrandissement jusqu'à une largeur de 10 m des deux brèches existantes dans le remblai de l'ancienne route de l'abbaye en rive droite, en amont du pont de la RD48.

Ceci permet un meilleur écoulement vers l'ouvrage de décharge construit sous la route en remblai.

Enfin, les aménagements des Muids et de Longueil St Marie sont gérés selon les consignes fournis par les gestionnaires à l'identique de l'état de référence.

ETAT 2

L'état 2 a pour objet de chercher des mesures compensatoires aux légers impacts du projet en état 1.

Deux options ont été explorées :

- La création d'un bassin de stockage de compensation en crue à Chiry-Ourscamps (entre l'Oise et la canal)
- Le pompage d'eau dans l'Oise, en pratique dans le bief aval du canal Seine Nord à l'écluse 0 et dans le bief 0-1 du canal Seine Nord à l'écluse 1, au moment de la pointe de la crue (en pratique au-dessus d'un certain niveau de crue au barrage de Venette correspondant au début des impacts observés lors de la crue de 1993). Deux cas de pompage ont été envisagés : 6 m³/s et 10 m³/s.

ETAT 3

Les travaux consistent en des rescindements de courbes locaux et en un approfondissement généralisé de l'Oise de l'ordre du mètre entre Venette et Creil. L'état 3 se cumule à l'état 1.

ETAT 4

Il s'agit dans cet état d'améliorer, si possible, par des mesures simples le fonctionnement de l'aménagement d'écrêtement des crues de l'Oise de Longueil St Marie, créé et géré par l'Entente Oise-Aisne. En effet l'état 3, du fait du curage des fonds de l'Oise devant les aménagements et en aval, conduit à des abaissements de la ligne d'eau des crues de calage de l'aménagement de Longueil.

Plusieurs états 4 successifs ont été envisagés. L'état 4bis est le meilleur état obtenu (calé pour fonctionner au mieux en moyenne sur les crues de 93 et de 95). L'état 4 ter est équivalent à l'état 4bis auquel un pompage de 10 m³/s comme dans l'état 2 a été ajouté.

2.1.2 Eaux souterraines

2.1.2.1 Vallée de l'Oise (SOGREAH, 2009)

Sur le secteur Compiègne – Noyon, il est nécessaire de pouvoir simuler les écoulements souterrains afin d'être à même d'évaluer les impacts du projet sur les fluctuations de la nappe.

Les aménagements hydrauliques modélisés correspondent au nouveau canal Seine Nord, ainsi qu'à l'écluse de Montmacq d'une chute d'eau de 6 m. Les répercussions sur la nappe - notamment celles liées à la nouvelle écluse - doivent pouvoir être évaluée spatialement, en termes de variation de niveau, mais aussi en termes d'extension. Elles doivent être évaluées en prenant en compte le contexte hydrogéologique de la zone et le contexte complexe des eaux de surface (Oise, Canal latéral à l'Oise, plans d'eau et gravières) qui est en relation avec la nappe des alluvions et avec celle de la craie.

Ainsi, l'outil numérique utilisé pour ce secteur est un modèle en 3 dimensions, intégrant les conditions hydrauliques les plus pénalisantes.

La réalisation d'un tel modèle comprend plusieurs étapes : la synthèse des données, l'élaboration d'un modèle conceptuel (c'est-à-dire l'élaboration d'une schématisation du fonctionnement hydraulique du domaine d'étude) et la construction du modèle numérique. Cette étape a fait l'objet d'un rapport spécifique qui est résumé ci-après. Une fois le modèle calé, c'est-à-dire apte à reproduire les phénomènes observés, il est utilisé pour les simulations de différents scénarios prenant en compte les nouveaux aménagements hydrauliques. Ces éléments ont fait l'objet d'un second rapport qui a présenté les impacts du projet sur la nappe alluviale de l'Oise et les propositions de mesures.

Le détail de la méthodologie employée pour la réalisation de cette modélisation est présenté dans le chapitre 12.3.3.1 de la pièce C1.

2.1.2.2 Vallée de la Somme à la vallée de la Sensée (Antea Group, 2015, 2016)

2.1.2.2.1 Objectifs

La connaissance des impacts du futur aménagement sur l'environnement peut être précisée à partir d'une modélisation hydrodynamique¹ qui ne fait rien d'autre que de mettre en œuvre, *sous une forme synthétique et cohérente*, les mécanismes qui régissent le devenir de l'eau.

Le modèle est un outil d'aide à la décision qui nécessite comme données d'entrées la pluie efficace, le débit pompé, la géométrie et les caractéristiques des aquifères et les relations nappe/rivières et canaux. Il permet de créer des cartes piézométriques et de calculer leurs évolutions en fonction de scénarii de configuration du projet envisagés.

Il a été calibré jusqu'à ce que la distribution spatiale des paramètres hydrogéologiques reflète la piézométrie observée (données de référence, de basses et hautes eaux).

Les simulations permettent ensuite de calculer les niveaux piézométriques pour les risques d'incidences sur les captages existants, comme les rabattements de nappes au niveau des principaux forages.

2.1.2.2.2 Phasage

L'étude projetée s'est articulée en 3 phases :

- *Phase 1 : Construction du modèle* reposant sur la connaissance de la géométrie et des caractéristiques de la nappe de la craie (y compris relations nappe / rivières).
- *Phase 2 : Calage du modèle en régime permanent* après ajustement d'une piézométrie de référence *et en régime transitoire*, avec comparaison des fluctuations piézométriques (données mesurées) avec les données calculées, conduisant ainsi à préciser la variabilité des débits d'échange des infrastructures existantes avec le milieu naturel.
- *Phase 3 : Simulation de scénarii* au niveau des deux biefs étudiés, avec calculs des impacts hydrauliques prévisibles et identification de la (ou des) solution(s) de moindre impact.

2.1.2.2.3 Périmètre d'étude du modèle

L'aire d'étude, représentée sur la figure ci-après est relativement vaste, s'apparentant à une aire « régionale ». Elle englobe le Canal de la Sensée au Nord, la vallée de l'Escaut à l'Est, la vallée de la Cologne jusqu'à la Somme à proximité de Péronne au Sud, l'autoroute A1 à l'Ouest jusqu'à Bapaume et enfin la vallée de la Sensée à l'est, en cherchant à *repousser les limites* de la zone modélisée vers des *limites naturelles* pour éviter que celles-ci ne viennent perturber les résultats des simulations.

L'extension de la zone modélisée et le maillage associé résultent d'un *compromis* visant à concilier des éléments antagonistes (grande extension du domaine d'étude et fine discrétisation de certains secteurs clairement définis) tout en conservant des temps de calcul raisonnables (nombre important de scénarios à simuler en un temps limité).

Les limites du modèle sont suffisamment éloignées du CSNE pour ne pas influencer les résultats, en se positionnant autant que possible sur des limites naturelles :

- limites latérales Est et Ouest distantes d'environ 6 à plus de 10 km du projet. Elles correspondent à des lignes de courant (limites à flux nul) ou à des axes de drainage naturel (Sensée coté Nord-Ouest, Escaut coté Est) pris en compte comme *zones de débordement*.
- limite Sud constituée par une limite de drainage naturel (vallée de la Somme et son affluent la Cologne). Elle est prise en compte sous forme d'une *zone de débordement*.
- au Nord, il n'est pas possible de se placer sur une limite naturelle à distance raisonnable. La limite retenue (*potentiel imposé*) coïncide avec l'isopièze + 20 m NGF de la carte piézométrique de 1961, suffisamment éloignée (distante d'environ 7 km de la vallée de la Sensée) et voisinant avec la limite d'extension du recouvrement tertiaire.

L'extension de ce modèle couvre une superficie d'environ 1000 km².

¹ Marché VNF n°14111023 : Réalisation d'un modèle hydrodynamique de la nappe de la craie le long du canal Seine-Nord Europe de la vallée de la Somme à la vallée de la Sensée. Réalisation de plusieurs scénarii.



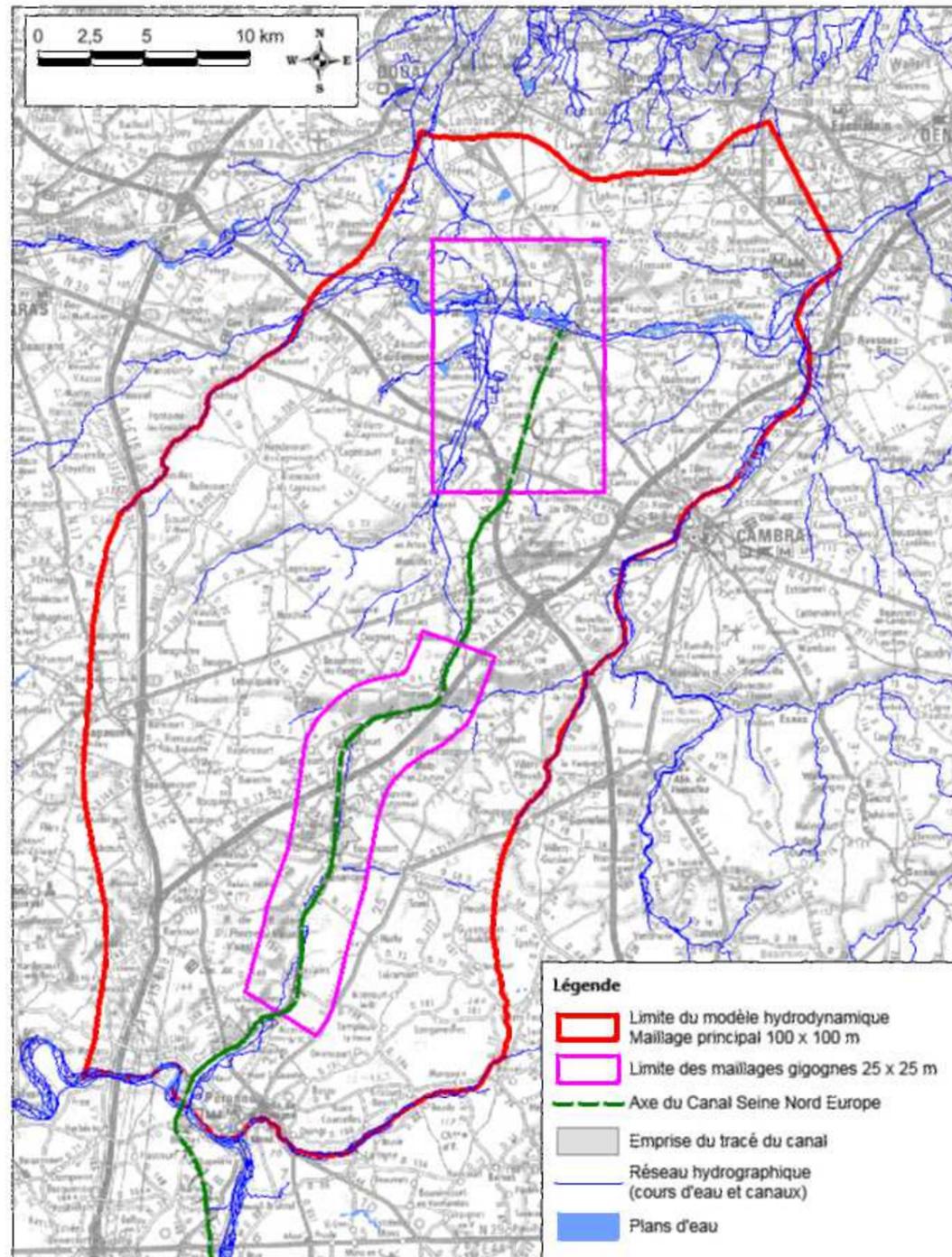


Figure 3 : Extension ou cartographie de la zone modélisée et maillage utilisé

2.1.2.2.4 Données d'entrées et modifications apportées

L'inventaire des données disponibles et la construction du modèle hydrodynamique ont fait l'objet du rapport A77525/A de décembre 2014 (phase 1 de l'étude d'ANTEA).

Les principaux éléments qui ont conduit au calage de ce modèle sont rappelés dans le présent chapitre.

✚ Taille des mailles

La Figure 3 reprend de façon schématique l'extension de la zone modélisée et le maillage utilisé. Celui-ci s'appuie sur une grille régulière à mailles carrées de 100 m de côté. Cette grille est affinée à un pas de 25 m x 25 m au niveau du bief de partage et du dernier bief (deux maillages gigognes emboîtés dans le maillage principal).

✚ Echanges nappe - cours d'eau et canaux

Le modèle tel qu'il est construit intègre la présence d'une formation alluviale (couche n°1 du modèle) dans certaines vallées (vallée de la Petite Sensée, de l'Hirondelle d'Ecourt-Saint-Quentin, de l'Agache, de l'Escaut, de la Tortille, de la Somme et de la Cologne) et surtout dans la vallée de la Sensée. La partie tourbeuse des alluvions, peu perméable, régit en effet les débits d'échange entre la nappe de la craie et les eaux superficielles.

Au niveau des cours d'eau et des canaux, en dehors des alluvions identifiées, les mailles de la couche supérieure n° 1 permettent de représenter la partie supérieure de l'aquifère et ses relations avec le réseau hydrographique (avec présence ou non d'une couche colmatante).

La prise en compte des niveaux de navigation (NN) dans les canaux se fait sous forme d'un potentiel imposé dans cette couche supérieure (couche n° 1), associé ou non à une perméabilité plus faible représentant un colmatage ou d'éventuels dispositifs d'étanchéité.

Pour l'aquifère crayeux, il n'a pas paru nécessaire de distinguer plusieurs couches du fait de l'épaisseur productive de cette craie généralement limitée (10 à 20 mètres). Ce choix permet en outre de limiter les temps de calculs (en particulier en régime transitoire). La craie est ici représentée par la couche n° 2 du modèle hydrodynamique.

Pour le canal du Nord et suite à différents échanges avec VNF, il a été considéré a priori que cet ouvrage dans sa configuration antérieure à 1962 n'était pas étanche et qu'aucune écluse n'avait survécu aux deux guerres mondiales. En revanche, dans sa configuration actuelle, des perméabilités de colmatage des plafonds et des berges ont été attribuées selon leur nature, corroborée par des observations piézométriques.

Les cours d'eau drainants sont représentés sous forme de *zones de débordement*, éventuellement au travers d'un horizon semi-perméable intégré sous la forme de la couche de mailles représentant les alluvions (cas de la Sensée en particulier, son alimentation par la nappe de la craie étant limité du fait de la faible perméabilité des tourbes présentes en fond de vallée).

Le modèle construit comporte ainsi deux couches.

Topographie - Modèle Numérique de Terrain

Un *Modèle Numérique de Terrain* (MNT) au pas de 75 m sur l'ensemble de la zone modélisée et au pas de 25 m dans les secteurs à affiner (bief de partage et dernier bief) a été acquis auprès de l'IGN, fournisseur de données de référence sur l'ensemble de la France.

La BD Alti au pas de 75 m, diffusée par l'IGN, a été utilisée et ré-échantillonnée au pas de 100 m (taille des grandes mailles) pour l'ensemble de la zone modélisée.

Les données relatives au MNT BD Alti au pas de 25 m, diffusée au sein du Référentiel à Grande Echelle et déduite des courbes de niveau et points cotés archivés, ont par ailleurs été acquies auprès de l'IGN (8 dalles de 100 km² couvrant l'emprise des *secteurs à affiner*).

Toutefois, ces données manquent de précision au niveau des fonds de vallées et des cours d'eau. Celles-ci étant échantillonnées au pas de 25 m, les cotes sont souvent surestimées et ne reflètent pas les cotes les plus basses correspondant généralement aux cotes de drainage des cours d'eau.

En conséquence, dans le cadre du calage du modèle, les cotes topographiques au niveau des principaux cours d'eau ont été rectifiées d'après les données disponibles directement sur les cartes IGN au 1/25000^{ème} (courbes de niveau et points cotés), mais aussi d'après le MNT de la vallée de la Sensée mis à notre disposition par VNF (données de l'Institution Interdépartementale Nord – Pas-de-Calais pour l'aménagement de la vallée de la Sensée).

Piézométries de référence

- Etat piézométrique de référence pour le calage en régime permanent

La piézométrie de référence pour le calage en régime permanent, est basée sur :

- la piézométrie de janvier 1961, *focalisée* sur la vallée de la Sensée, entre Douai et Cambrai.
- la piézométrie de novembre 1962 dans l'environnement du tunnel de Ruyaulcourt ..

Les données mesurées sur certains piézomètres de longue durée indiquent que le différentiel observé entre ces deux piézométries peut être considéré comme négligeable.

Les piézométries précitées ont été extrapolées sur le reste de l'étendue du modèle sur la base de l'allure piézométrique déduite des cartes tracées au niveau régional et des données altimétriques (BD Alti au pas de 75 m).

La première couche permet de prendre en compte les échanges des eaux souterraines avec le réseau hydrographique, composé de cours d'eau et de canaux.

- Variations piézométriques pour le calage en régime transitoire

Le calage en régime transitoire sur les variations de niveaux est basé sur :

- les chroniques des piézomètres de suivi de longue durée disponibles sous ADES² dans l'emprise du modèle.
- les chroniques exploitables de piézomètres implantés à proximité du tracé du futur canal (données VNF³, données de l'Institution Interdépartementale Nord – Pas-de-Calais pour l'aménagement de la vallée de la Sensée, données Noréade).
- les chroniques de suivi des forages Noréade.

L'état piézométrique initial au démarrage du régime transitoire est similaire à l'état de référence du régime permanent (1961-62), recalculé afin d'intégrer la présence du canal.

Substratum

L'épaisseur productive du réservoir crayeux est considérée comme étant égale à 20 m. Les cotes du substratum de l'aquifère productif ont été calculées à partir de la piézométrie de référence (par soustraction) et à partir de la base des alluvions dans les vallées concernées (cf. ci-dessous). Elles ont été appliquées à la couche n° 2 du modèle.

Au niveau des cours d'eau et des canaux, le substratum des mailles de la première couche du modèle a été défini en s'appuyant sur les informations géologiques disponibles :

- épaisseur des alluvions de la vallée la Sensée estimée à environ 5 m dans la partie amont (bordure Ouest du modèle), augmentant pour atteindre environ 10 m dans le cœur de la vallée qui parcourt le domaine modélisée d'Ouest en Est pour rejoindre l'Escaut.
- épaisseur des alluvions de la vallée de l'Agache variant de 5 m en amont à 7 m en aval avant de rejoindre la vallée de la Sensée.
- épaisseur des alluvions de la vallée de l'Hirondelle Saint-Quentin estimée à 5 m environ.

² ADES est la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines. Celle-ci rassemble sur un site internet public www.ades.eaufrance.fr les données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines, avec pour objectif de constituer un outil de collecte et de conservation de ces données.

³ Source des données : VNF. Le suivi piézométrique a été assuré successivement par le CETE Nord-Picardie, CEBTP SOLEN, et ensuite AMODIAG SAS. Ces données sont supposées être validées.



Etude d'impact

- épaisseur des alluvions de la vallée de l'Escaut de l'ordre de 7 m, allant jusqu'à 10 m en se rapprochant de la confluence avec la Sensée.
- épaisseur des alluvions de la vallée de la Tortille estimée à environ 5 m.
- épaisseur des alluvions de la vallée de la Cologne variant de 5 à 7 m jusqu'à sa confluence avec la Somme où les alluvions présentent une épaisseur de 7 à 10 m.

La géométrie des mailles représentant les canaux est issue de coupes types fournies par VNF pour le Canal du Nord.

Prélèvements d'eau souterraine

Les données relatives aux prélèvements des eaux souterraines, correspondant pour la plus grande partie à des captages destinés à l'alimentation en eau potable, sont issues des données disponibles auprès de l'Agence de l'Eau, de 1982 à 2012 (volumes annuels).

Les valeurs retenues pour le calage en régime permanent, pour la situation 1961-62, ont été considérées égales à celles de l'année 1982, faute de données plus précises. Les valeurs retenues pour le calage en régime transitoire, sur la période 1963-2012, sont celles de l'année 1982 pour la période 1963-81, puis celles des années correspondantes. Les prélèvements annuels ont été pris en compte sous forme d'un débit moyen constant sur l'année.

Les incertitudes pouvant subsister dans les prélèvements effectués (notamment entre 1961 et 1981) sont limitées dans la mesure où ces derniers sont essentiellement des prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable, en règle générale très réguliers.

Paramètres hydrodynamiques

- Perméabilités

Les perméabilités ont fait l'objet d'ajustements par zones de géométrie lors du calage sur les côtes piézométriques de référence en régime permanent (1961-62) et sur les différentes chroniques de niveaux piézométriques en régime transitoire (1963-2014).

Les zones de géométrie introduites permettent d'appliquer différentes valeurs de perméabilités selon la productivité de l'aquifère crayeux. Sous les vallées, la craie est plus fissurée et donc plus productive (nombreuses données de terrain), contrairement à ce qui est observé et mesuré sous les plateaux.

Des perméabilités différentes ont été appliquées dans la couche n° 1 sur les mailles représentant le réseau hydrographique. Elles correspondent à une perméabilité moyenne des alluvions (données très mal connues) pouvant intégrer un certain colmatage des berges.

Pour les canaux, elles tiennent compte des caractéristiques des berges (type de matériaux en place). Les valeurs retenues sont celles permettant de reproduire au mieux les zones de drainage et d'alimentation de la nappe par les différents cours d'eau et canaux.

- Coefficient d'emmagasinement

Les coefficients d'emmagasinement (libre et captif) ont fait l'objet d'ajustements par zones de géométrie lors du calage les différentes chroniques de niveaux piézométriques en régime transitoire (1963-2014). Les zones de géométrie introduites permettent d'appliquer différentes valeurs selon le régime de la nappe (libre ou captive).

Recharge pluviale

Pour le calage en régime permanent, qui correspond à une situation de moyennes eaux, la recharge retenue est la pluie efficace moyenne calculée à la station météo de Cambrai sur la période 1959-2014, soit 140 mm/an. Cette pluie efficace est minorée (d'environ 80 %) à l'aplomb des petites buttes tertiaires présentes sur l'étendue du modèle. Elle est considérée comme nulle au niveau de la butte de Bourlon où les formations tertiaires sont les plus épaisses.

Dans le cadre de la simulation de la situation 1909-10 (tunnel et canal inexistant), la pluie efficace affectée est de 110 mm/an. Elle correspond à une fraction (environ 80 %) de la recharge moyenne calculée à la station de Cambrai (fraction évaluée sur la base d'une comparaison entre la pluie efficace calculée à la station de Lille (Ville)⁴ en 1909 avec la moyenne sur cette même station.

En effet, la pluviométrie mesurée à la station de Lille (Ville) lors des années 1909 et 1910 sont particulièrement contrastées (696 mm et 906 mm) se traduisant par une pluie efficace respective de 131 et 324 mm (moyenne inter annuelle calculée sur la chronique 1876-1960 : 172 mm/an), l'année 1909 faisant suite à une année elle aussi déficitaire.

Pour le calage en régime transitoire, cette pluie efficace est affectée à chaque pas de temps mensuel (par cumul des valeurs décadales) selon les valeurs calculées à la station météo de Cambrai. Le rapport entre la pluie efficace sur l'étendue du modèle et sur les buttes tertiaires est conservé.

⁴ Sur la période de mesures commune à LILLE Ville et LILLE-LESQUIN (1945-1960), il est important de faire remarquer que les données de LILLE Ville sont généralement supérieures à celles de LILLE-LESQUIN (LILLE Ville = 1,058 LILLE-LESQUIN).

Les valeurs mensuelles calculées ont été imposées directement dans les secteurs où la nappe est peu profonde, comme la vallée de la Sensée. Afin de reproduire au mieux les atténuations piézométriques et les décalages dans le temps entre les pics piézométriques observés et les pics de pluie efficace calculés (cf. Figure 4 présentant une chronique représentative), on s’est réservé la possibilité de moyenner la recharge calculée sur trois mois consécutifs (effet tampon et retard dû à la présence de la zone non saturée).

Dans les secteurs où la zone non saturée est plus épaisse, l’effet retard observé sur les chroniques piézométriques par rapport au pic pluviométrique a conduit à introduire localement un décalage d’un mois. La répartition spatiale des secteurs de recharge ainsi définis a été ajustée lors du calage en régime transitoire.

Au niveau des buttes tertiaires, peu épaisses, protégeant l’aquifère crayeux, des valeurs minorées ont été imposées, en particulier près de la bordure de la butte tertiaire s’étendant de Bourlon à Oisy-le-Verger, Epinoy et Cuvillers, simulant ainsi une infiltration partielle des eaux et un effet tampon. Une valeur nulle a été affectée dans le secteur de Bourlon où les formations tertiaires argileuses sont épaisses.

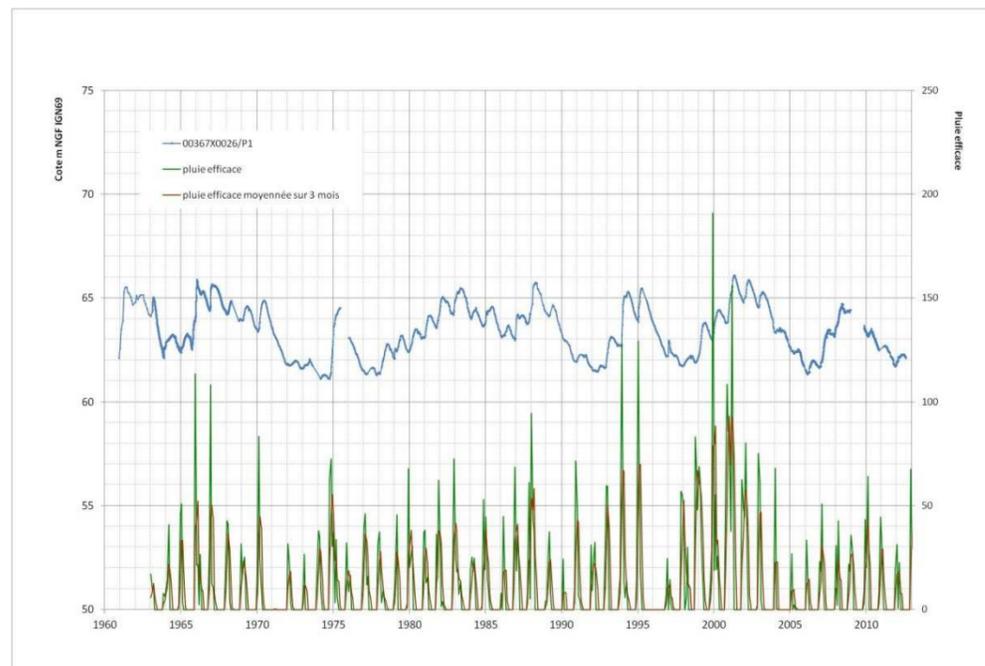


Figure 4 : Comparaison pluies efficaces – évolution piézométrique : mise en évidence de l’effet tampon de la ZNS

Le calage a nécessité d’écarter les plus fortes valeurs de pluies efficaces. En effet, celles-ci représentent la part des pluies totales contribuant à la fois à la recharge et au ruissellement. Leur répartition dépend de plusieurs paramètres comme la perméabilité des horizons de surface, la pente, et surtout le degré de saturation des sols.

La démarche appliquée consiste à considérer qu’en deçà d’une certaine valeur, la totalité de la pluie efficace mensuelle recharge la nappe, et qu’au-delà, une fraction non négligeable de l’excédent ruisselle (saturation des sols en surface...).

Le calage a conduit à considérer qu’au-delà de 40 mm de la pluie mensuelle, 90 % du supplément ruisselle.

Les infrastructures à modéliser

- Le Canal de la Sensée

Le canal de la Sensée est pris en compte sur l’étendue du modèle entre Courchelettes et Bouchain. Il comprend trois biefs associés à des côtes de navigation différentes, dont le bief de partage entre l’écluse de Goeulzin et l’écluse de Pont Malin.

Les principales caractéristiques et hypothèses retenues pour le canal de la Sensée sont présentées dans le Tableau 2.

Les niveaux de navigation sont pris en compte comme potentiels imposés dans la couche n° 1.

Bief	Longueur (m)	Largeur* (m)	NN (m NGF)	Cote plafond** (m NGF)
Courchelettes / Goeulzin	3 130	100	29,99	26,89
Ecluse de Goeulzin				
Goeulzin / (Palluel (Canal du Nord) / Bouchain / Thun-l'Évêque (Canal de l'Escaut)	28 400	100 et 50	34,89	31,89
Ecluse de Pont Malin				
Bouchain / Bouchain (Escaut canalisé)	3 250	100	30,57	27,57

* Largeur d’une maille de 100 m dans le maillage principal et de deux mailles de 25 m dans le maillage gigogne.

** Cote plafond correspondant à la cote du substratum de la couche n° 1 en dehors des zones alluvionnaires.

Tableau 2 : Caractéristiques du Canal de la Sensée représentées dans le modèle



Etude d'impact

- Le Canal du Nord

Entre PERONNE et ARLEUX, le Canal du Nord comprend 11 biefs associés à des côtes de navigation différentes, permettant le transit des péniches à travers 12 écluses entre le Canal de la Somme et le Canal de la Sensée.

La cuvette du canal, élargie lors des travaux de 1962, a une largeur de l'ordre de 22 m au fond et 31 m au miroir.

Le Canal du Nord est en règle générale étanché avec toutefois quelques exceptions comme par exemple au droit des biefs 0-1 et 1-2 (du Canal de la Sensée jusqu'à Marquion, ces biefs n'étant que partiellement étanchés).

Entre les pks⁵ 23,8 à 24,5 (soit directement au Nord du tunnel) et les pks 29,9 à 32,3 (au Sud), les archives consultées soulignent l'absence d'un revêtement sur toute la hauteur des piédroits, parfois même sur les plafonds du canal.

La voûte du souterrain de Ruyaulcourt est revêtue de briques maçonnées, les piédroits étant taillés dans la craie en partie basse. Le radier est constitué d'une craie revêtue de béton.



Photo 1 : Le canal du Nord, sortie nord du tunnel de RUYAULCOURT (source : Antea Group)

Ce tunnel ne peut toutefois être considéré comme étanche, ses piédroits n'étant pas systématiquement revêtus. Seuls, les 600 m de son extrémité nord sont en totalité revêtus de béton (radier et piédroits).

Les données condensées dans le Tableau 3 rassemblent les données relatives au profil en long de ce canal (d'après le profil en long dressé par le Service de la Navigation, devenu VNF), levé entre les écluses 1 et 12 (pks 1,359 et 43,798), retenus dans le cadre de la présente modélisation.

⁵ Pour le Canal du Nord, l'origine des pk est celle de son départ à Arleux, au croisement de ce dernier avec le canal de la Sensée.

Bief		Longueur (m)	Largeur* (m)	NN (m NGF)	Cote plafond** (m NGF)
pK	Ecluses				
	Canal de la Sensée – Bief de partage			34,89	31,89
1,359	Ecluse n° 1 de PALLUEL				
	Bief 1 – 2	6 649	25	41,85	38,85
8,008	Ecluse n° 2 de MARQUION				
	Bief 2 – 3	2 700	25	48,39	45,39
10,708	Ecluse n° 3 de SAINS-LES-MARQUION				
	Bief 3 – 4	1 550	25 et 100	54,91	51,91
12,258	Ecluse n° 4 de SAINS-LES-MARQUION				
	Bief 4 – 5	1 750	100	61,41	58,41
14,008	Ecluse n° 5 de MOEUVRES				
	Bief 5 – 6	1 750	100	67,93	64,93
15,758	Ecluse n° 6 de GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT				
	Bief 6 – 7	1 750	100	74,43	71,43
17,508	Ecluse n° 7 de GRAINCOURT-LES-HAVRINCOURT				
	Bief 7 – 8	20 066	25	80,22	76,22 75,72 (tunnel)
37,574	Ecluse n° 8 de MOISLAINS				
	Bief 8 – 9	1 100	25 et 100	74,24	71,24
38,574	Ecluse n° 9 de MOISLAINS				
	Bief 9 – 10	1 000	100	67,74	64,74
39,674	Ecluse n° 10 de ALLAINES				
	Bief 10 – 11	2 360	100	61,23	58,23
42,034	Ecluse n° 11 de FEULLAUCOURT				
	Bief 11 – 12	1 764	100	54,72	51,72
43,798	Ecluse n° 12 de CLERY-SUR-SOMME				
	Canal de la Somme à PERONNE	950	100	46,75	43,75

* Largeur d'une maille de 100 m dans le maillage principal et d'une maille de 25 m dans le gigogne.

** Cote plafond : cote du substratum de la couche n° 1 en dehors des zones alluvionnaires.

Tableau 3 : Caractéristiques du Canal du Nord retenues dans le modèle

Le niveau d'eau dans le tunnel est rapporté à + 82,88 m (en 1959) et à + 82,90 m (en 1962) avant le lancement des travaux de remise en état du canal du Nord.

Plus au Sud, le Canal du Nord est construit dans l'ancien lit de la Tortille sur environ 4,5 km jusqu'au pk 33,9. Ses berges sont ici constituées de palplanches verticales, le canal étant construit par dragage, une fois ses berges installées. De ce fait, la présence d'une quelconque étanchéité en plafond est improbable dans ce secteur.

La Tortille ne retrouve son ancien lit qu'à partir du pk 35,7. Peu d'informations restent disponibles quant au profil de l'eau dans la Tortille. Sa côte (tant actuelle que future) peut avoir un rôle essentiel dans les échanges nappe / rivières.

Dans le cadre de la modélisation, on notera les points suivants :

- dans la situation de 1961-62, le canal est considéré comme non étanche et sans écluses suite aux dégradations engendrées par les deux guerres mondiales successives. Seul, le tunnel de Ruyaulcourt est pris en compte (à la cote de 82,9 m NGF), avec la présence d'un barrage au Nord au niveau du chemin des bannis sur la commune d'HERMIES. La topographie appliquée sur le tracé actuel du canal du Nord est toutefois similaire à la topographie actuelle. On estime en effet qu'à cette période une grande partie du canal avait déjà été creusée.
- pour le calage en régime transitoire sur la période postérieure aux travaux, il est considéré en début de simulation la présence du canal du Nord dans sa configuration actuelle.
- les cotes du substratum de la couche 1 sont fixées à la cote du plafond de chaque bief pour les mailles situées en dehors des zones d'alluvions (cf. Tableau 3).
- les niveaux de navigation sont des potentiels imposés dans la couche n° 1.

A noter que suite à la réception de données complémentaires provenant notamment du suivi piézométrique du réseau de VNF et à l'affinage du calage des stations de suivi du SAGE de la Sensée, une actualisation de l'étude hydrogéologique a été réalisée en 2016.

2.1.3 Etude de la qualité des eaux superficielles (Asconit - 2014)

Dans le but d'évaluer les impacts du projet de Canal Seine-Nord-Europe (CSNE) sur la qualité des eaux superficielles, un référentiel de suivi a été mis en place pour le compte de l'Observatoire de l'Environnement.

Sur la base de ce référentiel, ASCONIT a établi l'état de référence. Les stations de mesures feront ensuite l'objet d'un suivi régulier dès la phase chantier et pendant la phase exploitation.

2.1.3.1 Aire d'étude

Les stations de mesures proposées dans le référentiel de suivi ont été identifiées en croisant les effets potentiels du CSNE sur les hydrosystèmes et les enjeux relatifs à la qualité des milieux aquatiques. Période d'étude et données disponibles

La période d'étude s'étend sur une durée de cinq années, de 2009 à 2013. Des analyses complémentaires sont en cours de réalisation pour compléter cet état de référence.

Les données ont été fournies par les Agences de l'Eau Seine-Normandie et Artois-Picardie, ainsi que par l'ONEMA et Voies Navigables de France. Les différents contacts et sources sont précisés dans le tableau ci-dessous :

Données	Organismes	Contact
Qualité des eaux du bassin Seine-Normandie	AESN	M. KHALIFA
Qualité des eaux du bassin Artois-Picardie	AEAP	M. LESNIAK
Données piscicoles	ONEMA	M. BAGLINIERE
Etude Hydrosphère (2012)	VNF	M. LEFRANCQ

Tableau 4 : Sources des données disponibles



2.1.3.2 Outil d'interprétation

Afin d'établir un état des lieux et une référence de la qualité des eaux, un cadre d'analyse a été défini d'après les outils d'interprétation disponibles.

✚ Eau et biologie

- Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux (S3E)

Les données sont valorisées au regard du Système d'Evaluation de l'Etat des eaux décrit dans l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface. Ce système d'évaluation est repris et détaillé dans le Guide Technique - Evaluation des eaux de surface continentales de décembre 2012, répondant aux objectifs et exigences définis par la Directive Cadre sur l'Eau.

L'objectif n'est pas d'aboutir à une évaluation du bon état de l'hydrosystème, mais à une caractérisation permettant d'identifier une évolution de l'état physico-chimique, chimique ou biologique. De ce fait, les paramètres sont interprétés à l'aide des seuils fournis par l'arrêté mais aucune agrégation permettant d'aboutir à un état/potentiel écologique ou état global n'est réalisé. L'interprétation est effectuée annuellement dans le but de décrire précisément les milieux. Notons que la valorisation des données selon le S3E s'effectue théoriquement sur deux années.

- Logiciel S3R

L'ensemble des données relatives à l'état/potentiel écologique et à l'état chimique ont été interprétés à l'aide du logiciel S3R développé par ASCONIT Consultants. Cet outil se base sur la méthodologie du S3E. Il est notamment employé par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (réalisé par ASCONIT Consultants) pour la valorisation des données relatives à l'état des eaux de surface.

- Données relatives au phytoplancton

Il n'existe actuellement aucun indice biologique basé sur le phytoplancton pour les cours d'eau et canaux. Les données de ce compartiment biologique ont été caractérisées par des experts d'ASCONIT Consultants dans le domaine. Les résultats bruts employés peuvent être fournis sur demande auprès de l'AESN.

✚ Qualité des sédiments

Les outils d'évaluation de la qualité des eaux et des milieux aquatiques développés dans le cadre de la DCE ne prennent, pour le moment, pas en compte les sédiments. Les références actuellement disponibles sont :

- le SEQ-Eau V2 définissant des classes de qualité pour les sédiments.
- l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-743 (Niveau S1 pour les sédiments extraits de cours d'eau ou canaux).
- les indices de contamination monométalliques et polymétalliques calculés par comparaison aux concentrations naturelles définies par l'Agence de l'Eau.

Indices de contamination métallique des sédiments

L'indice de contamination par métal ou monométallique (Im), correspond au rapport entre les concentrations relevées et les concentrations naturelles de référence (Agence de l'Eau). L'indice moyen de contamination polymétallique (Ip), correspond à la moyenne de l'ensemble des indices de contamination monométallique. Notons qu'un indice supérieur à 1 révèle une contamination des sédiments par des métaux. Cette contamination est d'autant plus forte que l'indice est élevé. Cinq classes sont ainsi définies et présentées ci-dessous :

Classe de qualité pour les métaux sur sédiments		
Classes	Indice de contamination	Qualification de la contamination
1	$I_p \text{ et } I_m < 2$	Nulle ou très faible
2	$2 \leq I_p \text{ et } I_m < 4$	Insidieuse, sensible
3	$4 \leq I_p \text{ et } I_m < 8$	Notable
4	$8 \leq I_p \text{ et } I_m < 16$	Importante
5	$16 \leq I_p \text{ et } I_m$	Très forte

Tableau 5 : Description des classes de qualité des indices de contamination métallique

2.1.3.3 Paramètres et éléments biologiques étudiés

Les paramètres étudiés sont ceux définis dans le référentiel de suivi.

Thématique	Type de paramètres	Paramètres ou groupe de paramètres	Outil d'interprétation et modalité de valorisation
Physico-chimie de l'eau	Paramètres physico-chimiques généraux de l'état/potentiel écologique	Oxygène dissous, pH, Température, DBO5, COD, PO4, Ptot, NH4, NO2, NO3	Arrêté du 25 janvier 2010
	Autres	DCO, MES, NKJ, Conductivité	Analyse statistique
Chimie de l'eau	Micropolluants de l'état chimique	41 paramètres définis comme dangereux et/ou prioritaire dont HAP, pesticides, métaux et TBT	Arrêté du 25 janvier 2010
	Polluants spécifiques de l'état/potentiel écologique	Arsenic, Chrome, Cuivre, Zinc, Chlortoluron, Oxadiazon, Linuron, 2,4 D, 2,4 MCPA	Arrêté du 25 janvier 2010
Chimie des sédiments	Micropolluants	Métaux, HAP, PCB, Organométalliques dérivés de l'étain	SEQ-Eau et Indices de contamination métallique
Biologie	Phytoplancton + Chl-a	Diversité, abondance relative, espèce dominante, profil écologique, cyanobactéries.	Expertise réalisée par ASCONIT Consultants
	Diatomées (algues unicellulaires benthiques)	IBD : Indice Biologique Diatomées	Arrêté du 25 janvier 2010
	Macro-invertébrés benthiques	IBG : Indice Biologique Global (N : Normalisé, petit cours d'eau, A : Adapté, grand cours d'eau)	Arrêté du 25 janvier 2010
	Poissons	Indice Poisson Rivière	Arrêté du 25 janvier 2010
Hydromorphologie	Caractéristiques physiques du lit mineur	Caractérisation des berges et de la diversité des habitats.	Conclusion du rapport d'Hydrosphère (2012)

Tableau 6 : Paramètres étudiés

2.1.3.4 Limites et observations faites sur la cohérence des données

Lors de la valorisation des données, des manques ou des incohérences ont été relevés. Ces observations concernent uniquement les données relatives à la qualité des eaux et sédiments. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Agence de l'Eau	Groupe	Paramètres, éléments	Années	Origines
AP	PCH	PO4, NH4, NO2, NO3	Toutes	Pb de fraction
		Température	Toutes	Manquantes
		O2	2010-2011	Manquantes, car invalidées par l'AEAP
SN	PCH	NH4	2009-2011	Pb de fraction, emploi validé par l'AESN
	CHIM	/	2009-2010	Absence de résultats inférieurs à la LQ
	PS	Tous	Toutes	Absence de fonds géochimiques

Tableau 7 : Observations faites sur les données collectées dans le cadre de la réalisation de l'état de référence

Pour certaine station, l'état de référence a été établi par extrapolation. L'extrapolation n'est possible que si, pour un même compartiment au sens large, des données sont disponibles sur au minimum deux station voisines de la station concernée. Dans le cas d'une extrapolation, celle-ci doit être justifiée et tenir compte de l'écart de qualité entre les stations étudiées, de leur éloignement, de leur imbrication hydrologique et de la présence de sources de pollutions suspectées.

2.1.4 Etude de l'alimentation en eau du CSNE (ou définition du règlement d'eau) (Antea Group – 2015)

2.1.4.1 Objectifs et méthodologie

L'utilisation de l'eau en tant que milieu naturel (système de ressource) se définit par des actions qui tendent à en modifier le cycle. Elles s'évaluent essentiellement en termes *d'impacts* sur le milieu naturel (résultats de ces actions sur le milieu).

Le synoptique présenté ci-après permet de resituer non pas les échanges et les flux d'eau entre les différents compartiments composant le système global d'alimentation en eau, mais les *relations existant entre telle ou telle décision* (prise au niveau du système d'utilisation) *et le milieu naturel*.



Etude d'impact

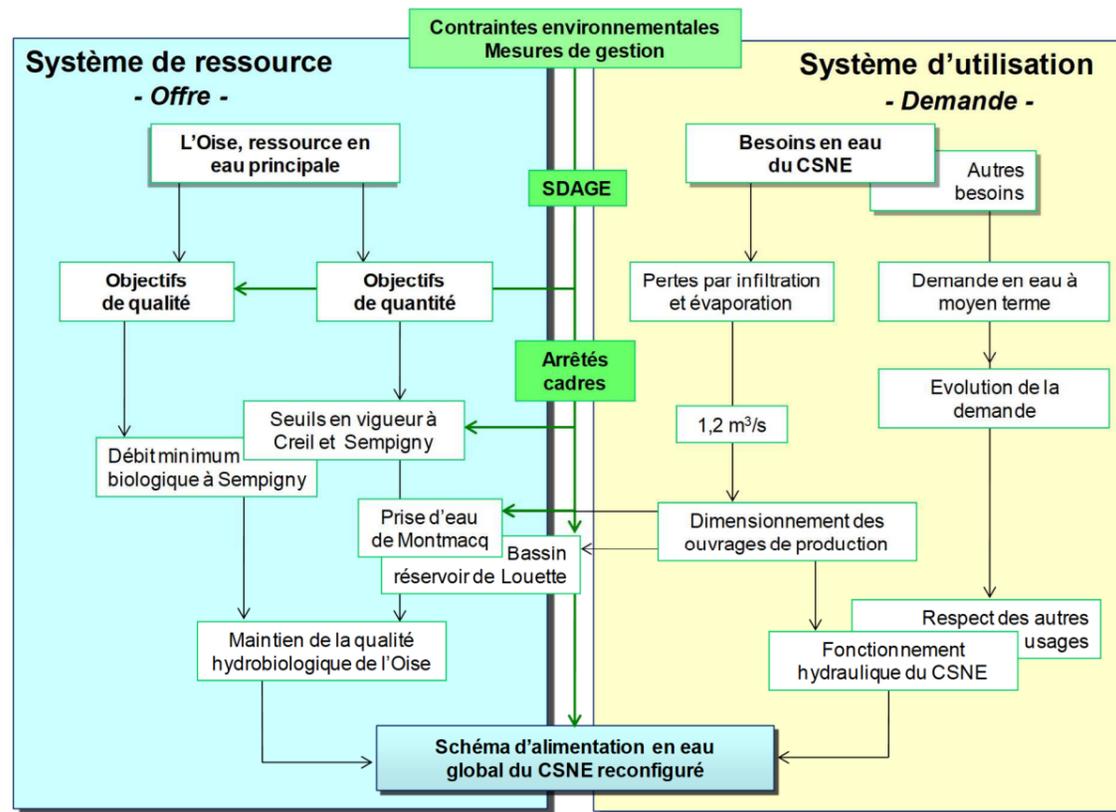


Figure 5 : Actions et relations dans le système de ressource et d'utilisation

Le système d'alimentation du futur canal est conçu de manière à ne pas perturber le fonctionnement des cours d'eau durant les périodes de rareté de la ressource de façon à *préserv*er avec une marge de sécurité les autres usages de l'eau et les besoins des milieux naturels.

L'approche méthodologique pour la définition du scénario « optimum » pour le règlement d'eau s'appuie sur deux grands types d'analyse :

- une analyse « quantitative » en recherchant les conséquences induites par différents débits limites sur le risque de défaillance de l'Oise, le stockage d'eau dans la retenue de Louette et les temps de remplissage.
- une analyse « qualité des eaux » visant à étudier ces mêmes conséquences sur la qualité de l'eau sous l'effet du prélèvement d'eau projeté dans l'Oise, en situation courante d'alimentation du CSNE.

2.1.4.2 Traitement des données Quantité

Actualisées auprès de la *Banque Hydro*, les données de base concernent 11 stations du système hydrographique de surface, représentatives du système Oise et des sous-systèmes associés (Ailette, Verse, Divette, Aronde).

Pour chaque station, les débits caractéristiques ont été déterminés :

- **débit moyen ou module** : présentant l'ordre de grandeur du débit moyen disponible en chaque point (valeurs, fréquence de retour), accompagné d'une analyse de la tendance de ces débits afin d'avoir une lecture temporalisée de la ressource et de son évolution sous l'effet des différents usages.
- **débit en période de hautes eaux**, permettant d'estimer les débits disponibles sur la période retenue lors du remplissage initial.
- **débit en période d'étiage (QMNA5)** précisant les débits disponibles en période critique pour l'alimentation en eau du projet.

Ces études, aujourd'hui actualisées, ne modifient en rien les principales conclusions déjà avancées dès 2006 quant à la ressource exploitable, en l'occurrence l'Oise.

Le scénario répondant le mieux aux objectifs d'alimentation en eau du CSNE tout en préservant les milieux aquatiques et les autres usages s'inscrit dans la continuité des études engagées synthétisées dans le dossier de DUP de 2006.

Ce dossier met clairement en évidence l'importance et la qualité relatives aux ressources étudiées (l'Oise avec son affluent l'Aisne, la Somme et la Sensée). Il en ressort de façon très nette que seul le bassin de l'Oise est susceptible de fournir avec une régularité suffisante et avec une qualité acceptable le débit nécessaire à l'alimentation du Canal Seine Nord-Europe pour la compensation des pertes définitives par infiltration et évaporation.

L'Aisne a un temps été envisagée comme une ressource complémentaire, notamment pendant la période d'étiage de l'Oise. La construction d'une retenue d'eau permettant de suppléer les périodes de déficit de l'Oise s'est substituée à cette approche.

Les contraintes de gestion se rapportant à l'Oise, principale ressource du secteur, ont été analysées en détail. Ces contraintes se traduisent en *débits d'objectifs environnementaux* (DOE, débit minimum biologique - DMB) représentant des seuils limites en deçà duquel, soit les usages prioritaires *ne sont pas garantis*, soit les fonctionnalités biologiques présentent des risques d'altération importante.

La mise en regard des résultats obtenus avec le fonctionnement hydraulique de ce cours d'eau complète l'analyse des contraintes existantes. Il est important de faire remarquer que la prise d'eau projetée s'effectuera à plus de 12,5 km en aval de la station de Sempigny.

Cette analyse a été replacée dans un contexte plus large soulignant l'apport des différents cours d'eau au réseau de canaux existant. Dans ce cadre, il a été recherché les éléments permettant de minimiser les pressions qui s'exercent sur l'Oise, quitte à étudier différents points de prélèvements.

Si l'on se penche sur l'ensemble des chroniques disponibles sur l'Oise, en s'intéressant plus spécifiquement aux débits d'étiages (période critique pour l'alimentation du projet), on note que le débit mesuré est entre 10 à 15 % du temps inférieur au QMNA₅

Ce calcul repose sur les valeurs collectées représentatives des débits de l'Oise, qualifiées comme étant de bonne qualité. Elles constituent de ce fait un socle solide aux analyses menées. Les chroniques de débit récentes de l'Aisne semblent, à l'opposé, être de moins bonne qualité, notamment sur la station de Choisy-au-bac.

A partir de ces données, plusieurs scénarios d'alimentation en eau du CSNE ont été étudiés et chiffrés après avoir mis en exergue les contraintes s'imposant sur les différentes phases que constituent :

- le remplissage initial des ouvrages (CSNE et retenue de Louette),
- l'alimentation du CSNE en condition de fonctionnement,
- l'alimentation de la retenue de Louette en condition de fonctionnement.

Le déroulé de l'approche réalisée se résume comme suit :

- Simulation de l'alimentation du CSNE en fonctionnement normal permettant d'évaluer et de dimensionner le volume d'eau à stocker dans la retenue de Louette (cf. Figure 6),
- Simulation du remplissage des ouvrages intégrant le dimensionnement de cette retenue,
- Simulation de l'alimentation de la retenue de Louette en condition de fonctionnement normal.

Ces séquences de calcul nous permettent de déterminer le nombre de jours où le débit de l'Oise est suffisant pour alimenter le CSNE et le débit réel disponible pour le pompage. Par déduction, le débit « manquant » de l'Oise nous conduit à dimensionner la quantité d'eau que la retenue de Louette devra fournir et donc le volume d'eau à stocker dans cette même retenue.

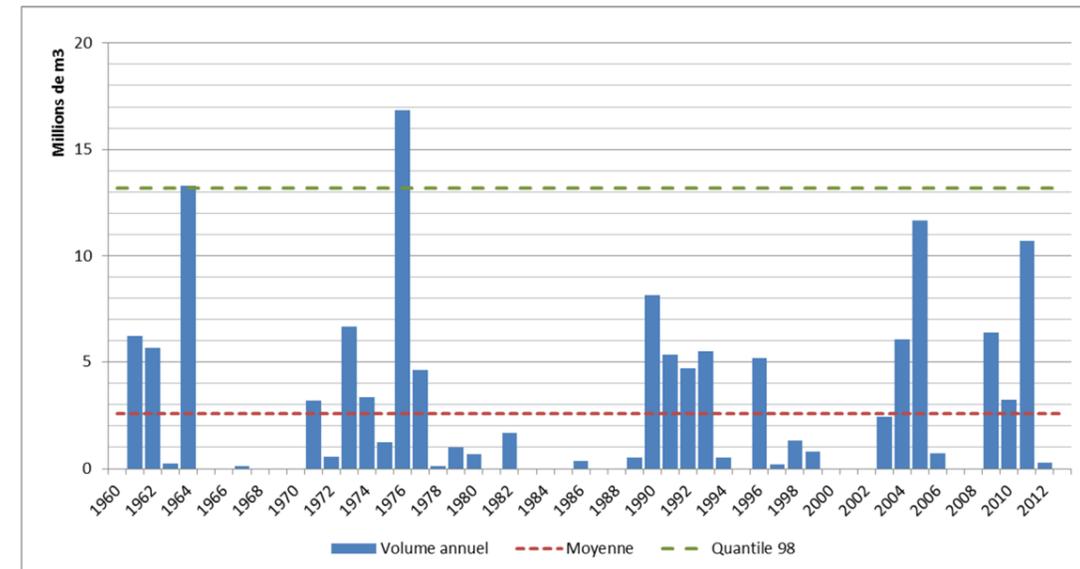


Figure 6 : Exemple d'une simulation réalisée présentant le volume à stocker pour pallier les défaillances de l'Oise

2.1.4.3 Traitement des données Qualité

Les données de base concernent 17 stations représentatives de la qualité des eaux de l'Oise, situées entre Hirson et Creil. Elles permettent de mieux comprendre le comportement des eaux de ce cours d'eau vis-à-vis des principaux paramètres physico-chimiques. On s'est intéressé plus particulièrement à la période d'étiage (août à septembre) et de hautes eaux (octobre à juillet) de l'Oise et de son principal affluent l'Aisne.

L'état des lieux de la qualité des eaux de l'Oise et de l'Aisne, dressé de janvier 2009 à septembre 2014, intègre les principaux paramètres physico-chimiques mesurés : carbone organique dissous, chlorophylle a, conductivité, DBO₅, DCO, ammonium, nitrite, nitrate, oxygène dissous, phosphore total, pH, orthophosphate, température de l'eau. Ces données révèlent un état bon à moyen défini par ces paramètres prédéfinis de 2009 à 2014.

Compte tenu des implantations possibles des prises d'eau sur l'Oise, la réalisation d'une modélisation de la qualité de l'eau entre Tergnier (en amont de la prise d'eau de Chauny) et Compiègne a été entreprise (linéaire de 88 km) sur la période de juin à septembre 2013, correspondant à la période des plus basses eaux.

En effet, les débits mensuels minima de chaque année civile sur les stations hydrométriques de Creil-Pont Saint Maxence, Sempigny et Condren montrent que pour plus de 70 % du temps, les débits d'étiage sont en août ou en septembre.



A l'exception des nitrates ou des phosphates, paramètres dépendant des périodes de ressuyage par la pluie, les autres paramètres de la qualité de l'eau sont très liés au débit du cours d'eau. Les faibles débits de la période d'étiage tendent donc à offrir une lecture pénalisante de la situation tant du point de vue de la physico-chimie que de l'eutrophisation.

L'objectif de la modélisation entreprise vise à s'assurer de la non dégradation de la qualité de l'eau de l'Oise, avec ou sans prélèvement destiné à l'alimentation du CSNE. Après calage des cinétiques s'appuyant sur des données de terrain, l'état initial de la qualité de l'Oise a été reproduite pour servir de base aux différentes simulations réalisées.

Ces simulations permettent de suivre l'évolution prévisionnelle de la qualité des eaux de l'Oise lors de la mise en place de différents scénarios de pompage depuis l'Oise vers le futur CSNE. Celles-ci peuvent se résumer comme suit :

Simulation 1 : impact en condition « normale » d'étiage

Simulation en conditions standard de débit (proche du QMNA₂ à Sempigny & Condren), de qualité moyenne (observée entre les mois d'août et de septembre depuis 5 ans) et de climat (climat équivalent au 1^{er} septembre).

Simulation 2 : impact en condition d'étiage sévère

Simulation en conditions défavorables de débit (inférieur au QMNA₅ à Sempigny & Condren), en condition standard de qualité moyenne (observée entre août et septembre depuis 5 ans) et de climat (climat équivalent au 1^{er} septembre).

Simulation 3 : impact en condition d'étiage sévère et sous un climat défavorable (chaud)

Simulation en conditions défavorables de débit (inférieur au QMNA₅ à Sempigny & Condren), en condition standard de qualité moyenne (observée entre août et septembre depuis 5 ans) et de climat (climat équivalent au 1^{er} septembre).

Simulation 4 : impact en condition d'étiage sévère, sous un climat défavorable (chaud) et une qualité d'eau défavorable

Simulation en conditions défavorables de débit (inférieur au QMNA₅ à Sempigny & Condren) et de climat (climat équivalent au 30 Juillet), et de qualité (qualité la plus mauvaise observée entre juillet, août et septembre depuis 5 ans).

Simulation 5 : impact en condition de débit faible de l'Oise et de réduction de 50 % du débit demandé pour le CSNE.

Simulation en conditions défavorables de débit (avec un débit prélevé de 50 % des besoins du CSNE), en condition standard de qualité (qualité moyenne observée entre les mois d'août et de septembre depuis 5 ans) et de climat d'étiage (climat équivalent au 1^{er} septembre). Cette simulation s'intéresse plus spécifiquement au secteur reconfiguré de l'Oise et pour des conditions inhérentes au règlement d'eau proposé.

La comparaison des résultats de ces simulations de l'état « projet » avec ou sans prélèvement à Montmacq, mais prenant en compte les modifications du lit de l'Oise, des vitesses et des hauteurs d'eau associées sur la portion où l'Oise et le CSNE se confondent, permette de calculer les impacts du projet.

2.1.4.4 Limites des simulations présentées

La modélisation de la qualité de l'eau de l'Oise, avec ou sans prélèvement destiné à l'alimentation du CSNE, effectuée en régime permanent, ne permet pas d'intégrer une modélisation dispersive sur une section. L'écoulement permanent reflète un état au temps t.

Les valeurs de hauteurs de vitesse dans l'Oise sont des paramètres importants de la modélisation, notamment pour appréhender le réchauffement de la lame d'eau ainsi que la sédimentation. Le calage de ces éléments (vitesse et hauteur) reste délicat.

C'est pourquoi des tests ont été réalisés. Pour des profils de vitesse comprise entre 0,1 et 0,8 m/s et pour les hauteurs d'eau engagées, la dynamique des cinétiques ne présente pas d'écart notable.

Pour les affluents, la distance des stations de suivi de la qualité de l'eau est parfois importante de la confluence avec l'Oise (par exemple l'Ailette à Bichancourt, le ru du Camelin à Brétigny). Les concentrations des paramètres physico-chimiques peuvent être amenées à évoluer avant cette confluence. Ce constat est toutefois minimisé par les faibles débits de ces cours d'eau, mais pourrait apporter un biais pour les cours d'eau présentant un débit susceptible d'avoir un impact sur le fonctionnement de l'Oise, comme c'est le cas pour l'Aisne.

Si les données de rejet des stations d'épuration ont été prises en compte, les apports exogènes (ruissellement) et/ou diffus ne sont pas intégrés car trop incertains dans leur évaluation. La modélisation entreprise se limite aux apports directs en l'état de nos connaissances, hors périodes de ruissellement ou plus généralement de hautes eaux.

Cette situation n'est pas nécessairement représentative des autres mois de l'année. Un jeu de modélisation a toutefois été réalisé en proposant des concentrations hautes en tête de modèle afin de comparer les dynamiques et les résultats de modélisation entre ces deux simulations. Dans ces conditions et avec les cinétiques proposées en situation moyenne, les résultats obtenus confirment un bon calage du modèle et une reproductibilité de ce dernier pour les scénarios étudiés.

2.1.5 Etude de la restauration de la Tortille (Champalbert - 2015)

Aire d'étude

Au sein du bassin versant de la Tortille de 127 km², l'étude a porté sur un périmètre d'environ 8,5 km entre Etricourt-Manancourt et Allaines.

La compréhension des enjeux a justifié une extension du périmètre des investigations au bassin versant global de la Tortille, notamment sur les talwegs qui drainent le bassin versant de la Tortille mais également le cours inférieur de la Tortille entre Allaines et la Confluence avec la Somme.

Etat initial

Pour permettre la description du contexte environnemental de la Tortille (climat, hydrologie, géologie, hydrogéologie, unités hydrographiques...), une collecte de données récentes et anciennes a été réalisée :

- Plan de gestion de la Tortille (réalisé par l'AMEVA),
- PDPG,
- Service Régional de l'Aménagement des eaux de Picardie (15/12/1976),
- carte d'Etat-Major du milieu du 19^{ème} siècle, carte de Cassini....

Ce recueil de données existantes a été complété par :

- des relevés de terrain,
- des observations à la station hydrométrique de Feuillaucourt,
 - o Observations entre 1904-1905,
 - o Quelques mesures ponctuelles en 1962,
 - o Observations entre 1968 et 1969.
- des jaugeages ponctuels,
- des entretiens réalisés auprès des Gestionnaires, des Elus et des riverains.

L'ensemble a été complété par l'analyse topographique afin de comprendre le fonctionnement actuel de la Tortille et l'estimation de la capacité des ouvrages hydrauliques et du lit mineur.

Etude de réaménagement

Pour compenser l'impact de CSNE sur la Tortille, l'étude a porté sur 2 sections bien distinctes :

- l'étude de 2 scénarii d'aménagement de la Tortille sur environ 4,5 km, entre Etricourt-Manancourt et Moislains, permettant de restituer les apports d'eau souterraine à la Tortille et de reconstituer un lit à ce cours d'eau :
 - o Restauration de la Tortille dans son lit « d'origine » (tracé du 19^{ème} siècle),
 - o Restauration de la Tortille dans les emprises du Canal du Nord actuel.
- la recherche de 2 types de solution sur environ 4 km entre Moislains et Allaines pour minimiser l'impact du projet CSNE.

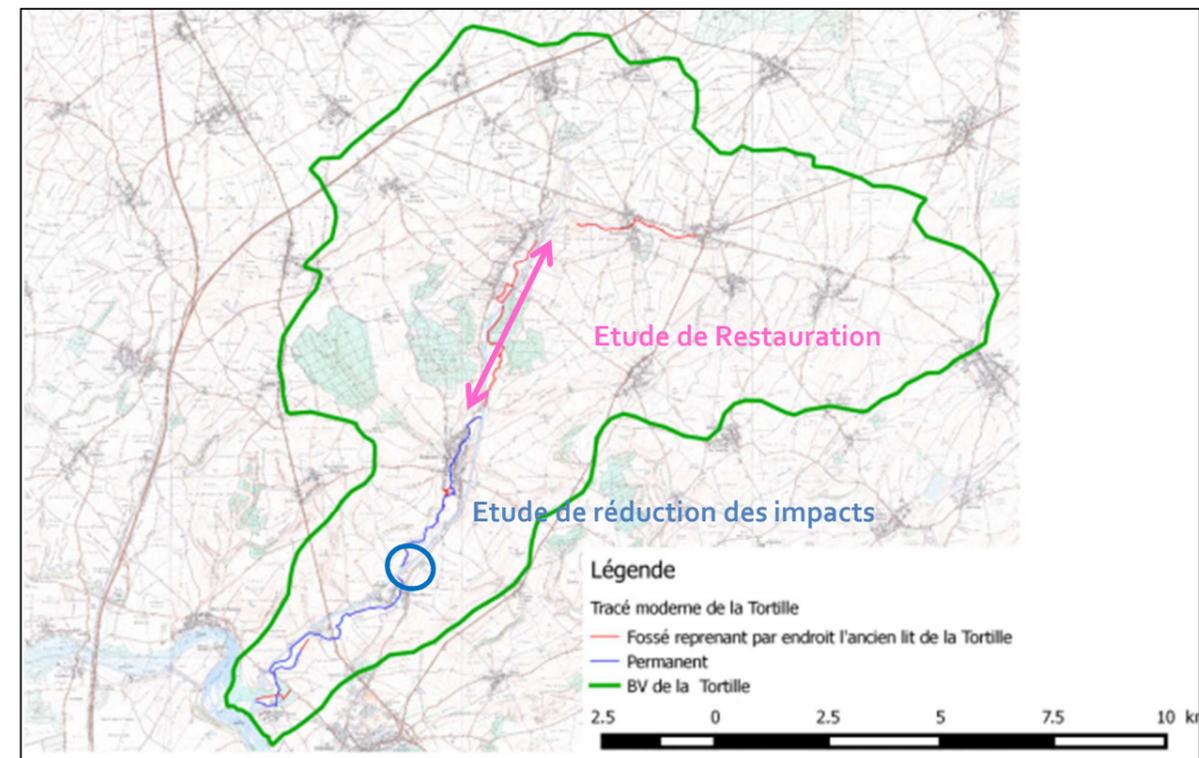


Figure 7 : Chronique Carte de situation de la zone d'étude

2.1.6 Analyse du fonctionnement hydraulique de la vallée de la Tortille (hydratec 2015)

L'objectif était de définir les modalités futures de gestion des crues de la Tortille.

Cette étude s'est déroulée en 2 phases :

- la première consistant à établir les débits statistiques de crue « naturelle » (hors influence du Canal du Nord et du tunnel de Ruyaulcourt) de la Tortille,
- la seconde consistant à concevoir et simuler les scénarii d'aménagement pour éviter les débordements au droit des habitations riveraines.

2.1.6.1 Etablissement des débits statistiques de crue de la Tortille

Il n'existe pas de station hydrologique sur la Tortille, mais il en existe à proximité. Par ailleurs, le débit observé aujourd'hui sur la Tortille est totalement artificiel et ne saurait servir de base pour prévoir la situation future découlant du démantèlement du Canal du Nord et de la construction du CSNE 5m plus haut.

De plus, le manque de données hydrologiques ne permet pas de construire et caler un modèle de type pluie-débit afin de caractériser les débits de crue de la Tortille.

C'est pourquoi il a été choisi d'évaluer les débits statistiques à partir des cours d'eau voisins. Les 3 bassins versants les plus proches de la Tortille (127 km²), pour lesquels des données hydrométriques sont disponibles, sont l'Hallue (115 km²), l'Ancre (222 km²) et la Nièvre (269 km²).

Compte tenu de la géologie homogène des terrains, de la morphologie comparable des cours d'eau et de l'analyse des hydrogrammes de crue, il s'avère que le comportement hydrologique de la Tortille est proche de ces cours d'eau, ce qui valide l'approche.

La chronique de débits journaliers des 3 cours d'eau retenus, ramenés à un bassin versant de 127 km², présentée ci-après montre bien le comportement similaire des 3 cours d'eau :

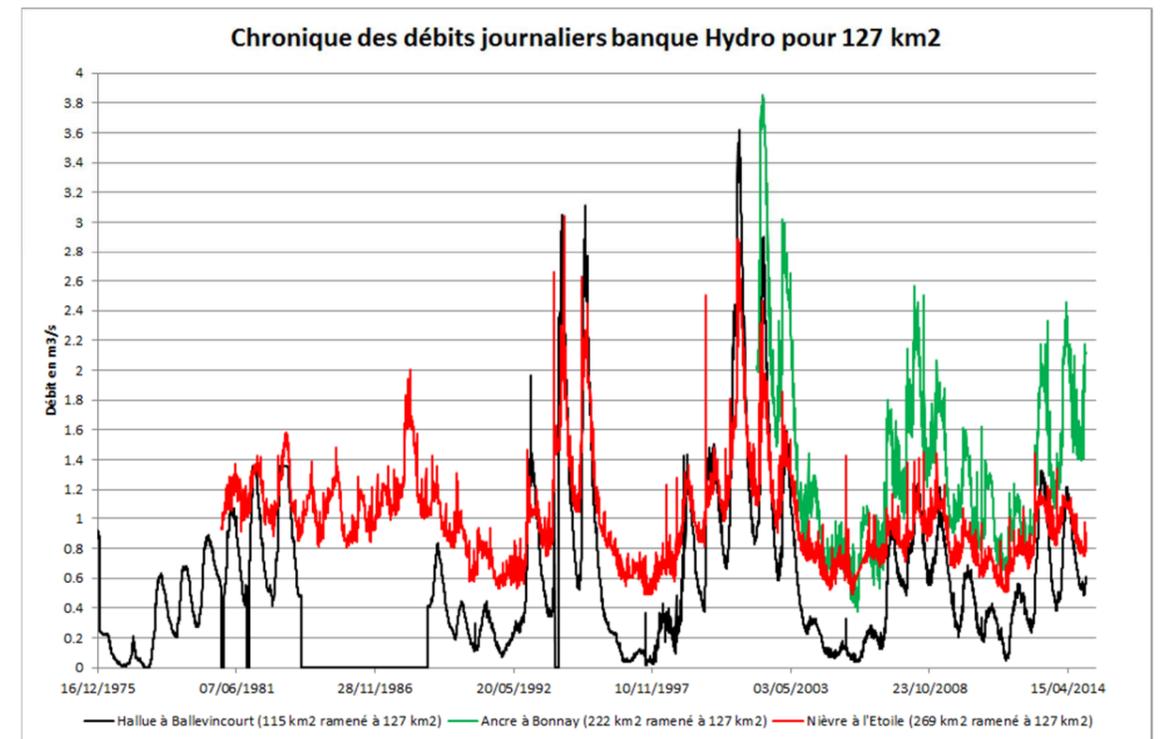


Figure 8 : Chronique des débits journaliers pour un bassin versant de 127 km²

Ces chroniques sont caractéristiques de cours d'eau fortement influencés par la nappe : elles présentent des périodes de hautes eaux et de basses eaux. Les hydrogrammes de crues durent plusieurs mois avec des variations interannuelles (les années 1992 à 2003 étaient humides ; les années 2003 à 2014 sont plutôt sèches).

On note que le débit de base de l'Hallue devient très faible après la période de hautes eaux (inférieur à 10 l/s), contrairement à l'Ancre ou à la Nièvre (débit de base supérieur à 1 m³/s le plus souvent).

De plus, la comparaison des chroniques de débits avec la pluie journalière montre que le bassin versant de l'Hallue ne réagit pas beaucoup à la pluie et aux orages, contrairement aux bassins versants de la Nièvre et de l'Ancre qui ruissellent plus et induisent des fluctuations de débits en lien avec les précipitations.

Pour permettre une bonne compréhension par le lecteur du chapitre 1.4 de la pièce 7A – Effets permanents et mesures, nous avons fait le choix de présenter des éléments méthodologiques assez abondants directement dans cette pièce.

On peut indiquer que les méthodes utilisées sont les suivantes :

Estimation des débits de crue des cours d'eau voisins

- Grâce à un ajustement statistique des débits maximaux instantanés

Pour chaque année, les débits maximaux instantanés de crue de l'Hallue, de l'Ancre et de la Nièvre ont été recueillis auprès de la Banque Hydro.

Un ajustement statistique sur ces débits a été réalisé par la loi GEV (Generalized Extreme Value) qui a semblé le plus cohérent par rapport à différentes lois comme le montre la figure suivante pour l'Hallue :

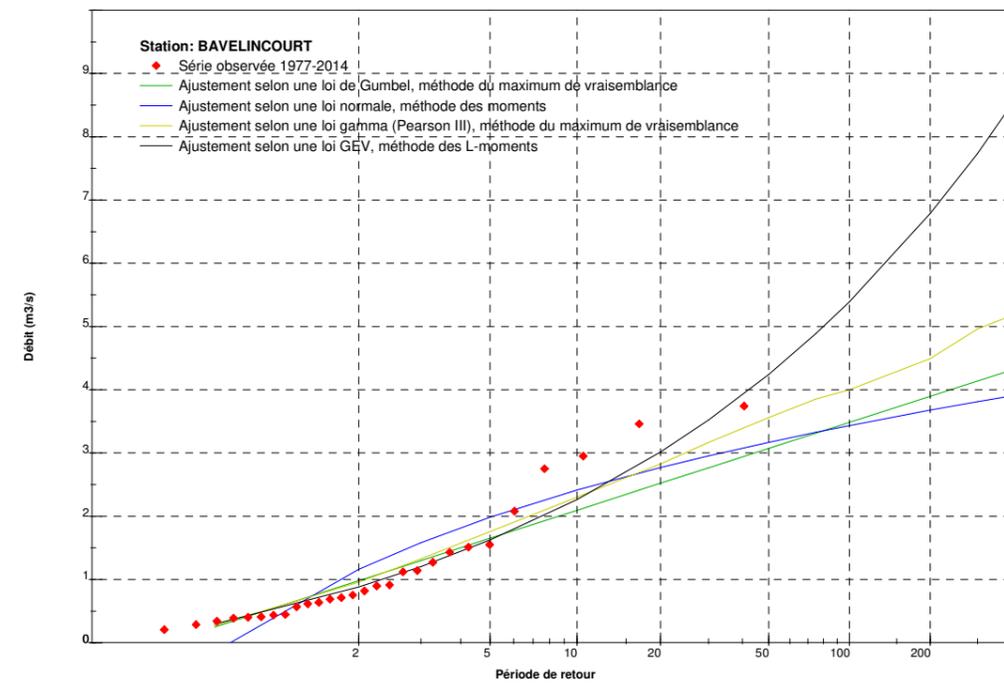


Figure 9 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Hallue à Bavelincourt

Cet ajustement et son intervalle de confiance à 85 % sont donnés graphiquement ci-après.

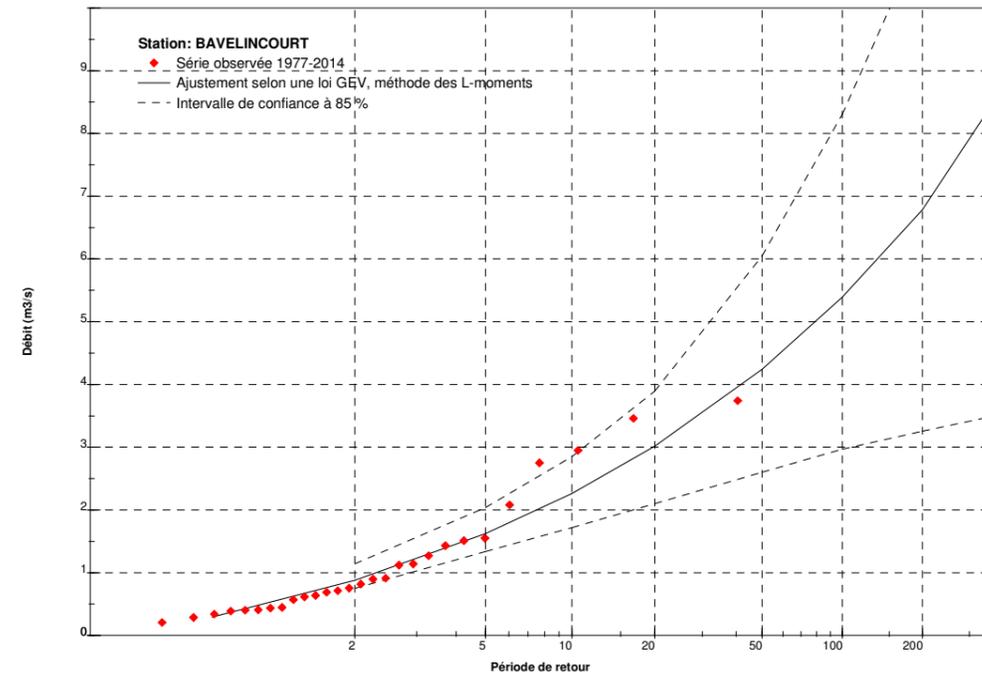


Figure 10 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Hallue à Bavelincourt par la loi GEV et intervalle de confiance à 85 %

De même, pour l'Ancre à la station de Bonnay, on a l'ajustement statistique suivant :

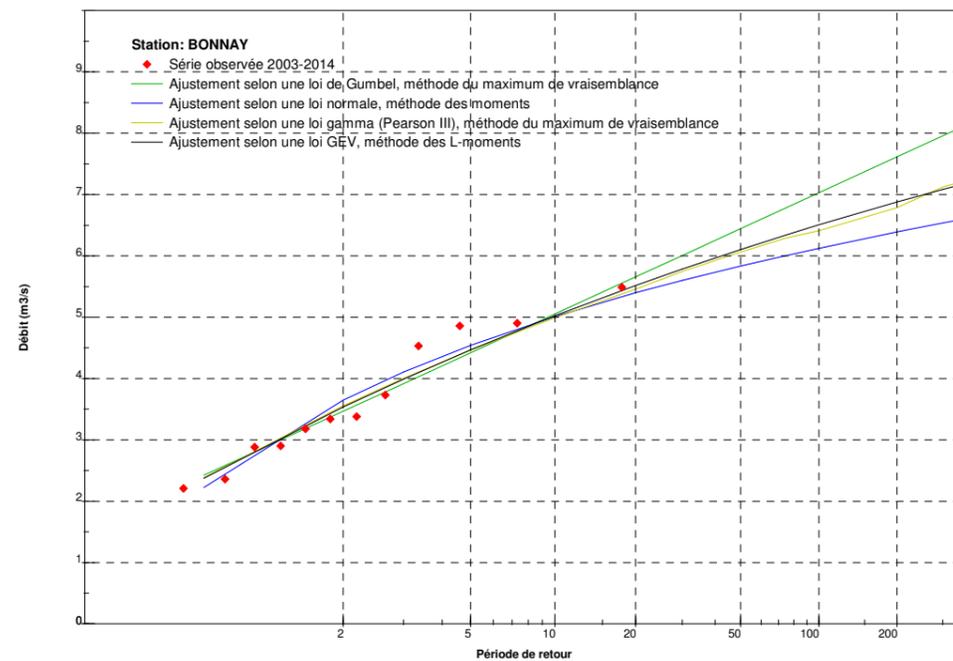


Figure 11 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Ancre à Bonnay



Etude d'impact

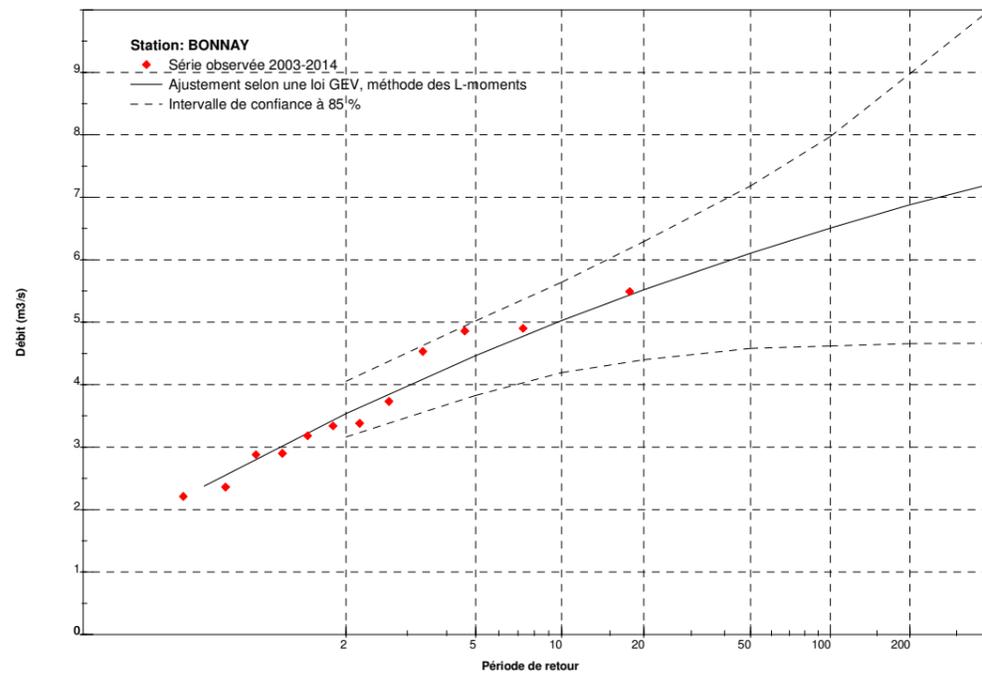


Figure 12 : Ajustement statistique des débits instantanés de l'Ancre à Bonnay par la loi GEV et intervalle de confiance à 85 %

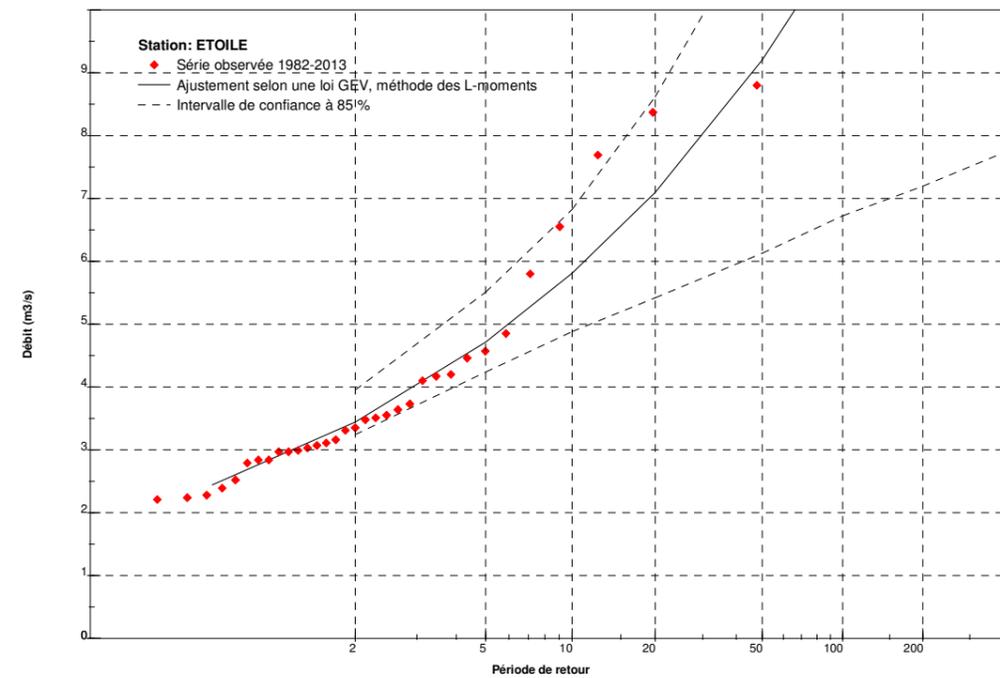


Figure 14 : Ajustement statistique des débits instantanés de la Nièvre à l'Etoile par la loi GEV et intervalle de confiance à 85 %

Enfin, pour la Nièvre à la station de l'Etoile, on a l'ajustement statistique suivant :

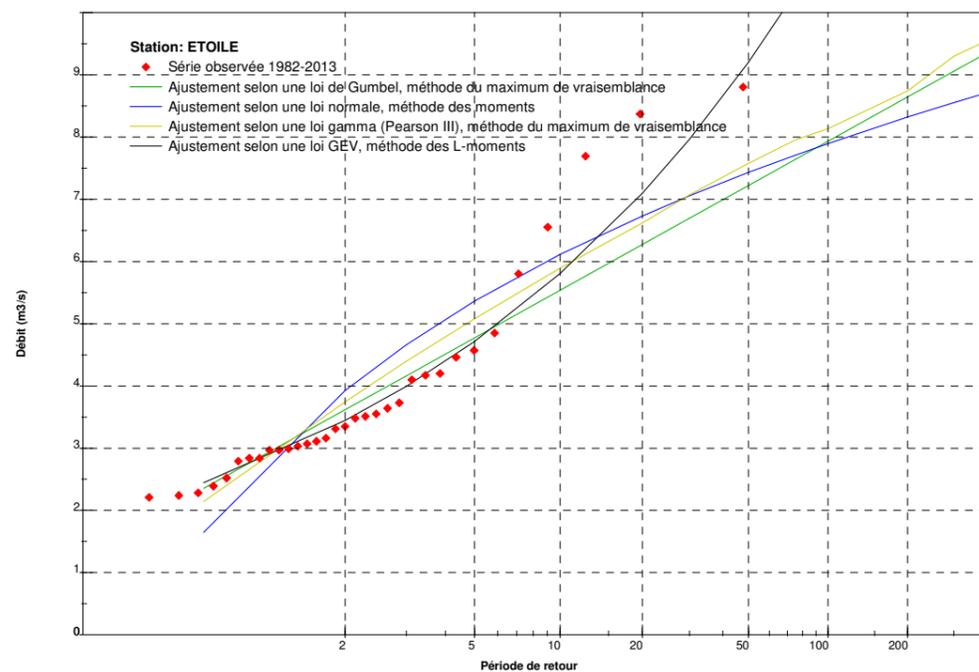


Figure 13 : Ajustement statistique des débits instantanés de la Nièvre à l'Etoile

- Grâce à la méthode de Crupedix

La méthode CRUPEDIX est une méthode régionale de prédétermination du débit de pointe 10 ans à l'exutoire d'un bassin versant, publié par le CEMAGREF en 1980.

$$Q_{i10} = S^{0,8} \left(\frac{P_{j10}}{80} \right)^2 R$$

Avec::

- Q_{i10} : le débit de pointe décennal en m^3/s ,
- S : la surface du sous bassin versant en km^2 ,
- P_{j10} : pluie journalière décennale (mm) : estimée à 50 mm
- R : coefficient régional, égal à 0,13 conformément à la carte.

La méthode CRUDEPIX est applicable pour les bassins versants de surface comprise entre 10 et 2 000 km^2 .

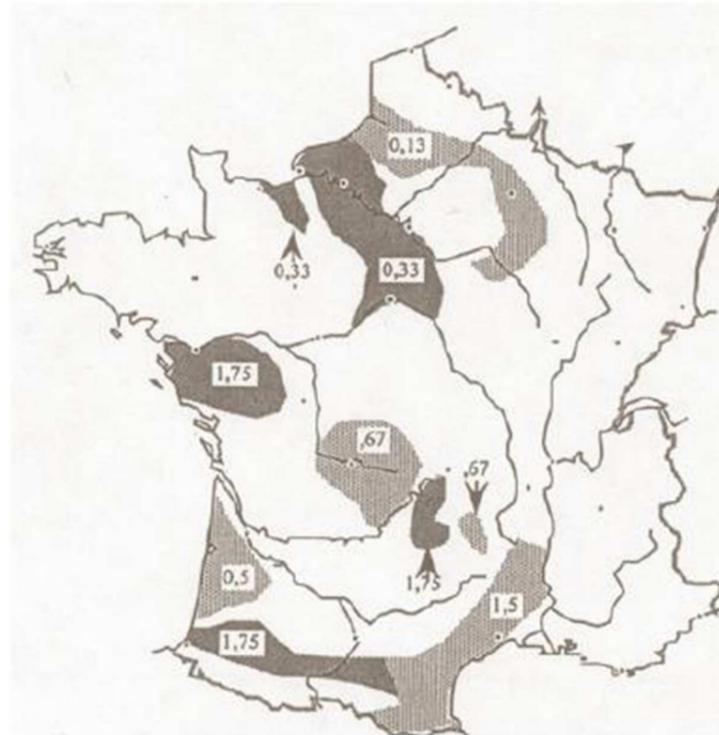


Figure 15 : Carte du coefficient régional pour la méthode Crupédix

- Grâce à la méthode Socose

La méthode Socose est le résultat d'une synthèse menée à partir de l'observation de 5 000 crues sur 194 bassins versants de 2 à 200 km². Elle utilise un modèle simple de transformation de la pluie en débit.

Le débit de crue décennal est estimé à partir des données suivantes : la superficie S du bassin (km²), la longueur du chemin hydraulique le plus long (km), la pluie journalière maximale décennale (50mm) et la pluie moyenne annuelle (600mm).

Le paramètre J correspondant à l'infiltration maximale possible du SCS a été calé à 182 mm.

Le paramètre J correspondant à l'infiltration maximale possible du SCS a été calé à 182 mm.

- Bilan

La comparaison de ces différentes méthodes estimant le débit décennal confirme le comportement de type nappe du bassin versant des 3 cours d'eau étudiés.

Finalement, les débits de crue (en m³/s) retenus sont les suivants :

Période de retour	L'Hallue à Bavelincourt (115 km ²)	L'Ancre à Bonnay (222 km ²)	La Nièvre à l'Etoile (269 km ²)
2 ans	0.9	3.5	3.5
5 ans	1.6	4.5	4.7
10 ans	2.3	5.0	5.8
100 ans	5.4	10	11.6

Estimation des débits de crue de la Tortille

La Tortille ne disposant pas de stations hydrologiques, ses apports sont estimés par une corrélation débit-débit à partir des informations disponibles sur un bassin-versant de référence : bassin versant jaugé de même typologie et proche de celui de la Tortille.

Pour estimer les débits de crue d'un bassin versant non jaugé à partir de ceux d'un bassin jaugé, on utilise le plus souvent la formule de Myer.

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^\alpha$$

Avec Q_2 : Débit du bassin versant non jaugé

Q_1 : Débit du bassin versant de référence

S_2 : Superficie du BV non jaugé

S_1 : Superficie du bassin versant jaugé

α : Coefficient de Myer

Le coefficient de Myer a été estimé à partir des données de crue disponibles sur l'Hallue à Bavelincourt (115 km²) et sur l'Hallue à Querrieu (195 km²). Des données à ces stations sont disponibles conjointement sur la période 2002-2014. 2 crues se sont produites durant cette période : en mars 2002 (crue 10 à 20 ans à Bavelincourt) et février 2003 (crue de période de retour environ 5 ans à Bavelincourt). Les hydrogrammes mesurés (source Banque Hydro) à Bavelincourt et Querrieu et la reconstitution par la formule de Myer, pour ces 2 crues, sont donnés ci-après.

Avec un **coefficient de Myer de 0.97** c'est-à-dire en multipliant les hydrogrammes de Bavelincourt par $1.67 \left[\left(\frac{195}{115} \right)^{0.97} \right]$, on retrouve avec une bonne approche les débits à la station aval de Querrieu :



Etude d'impact

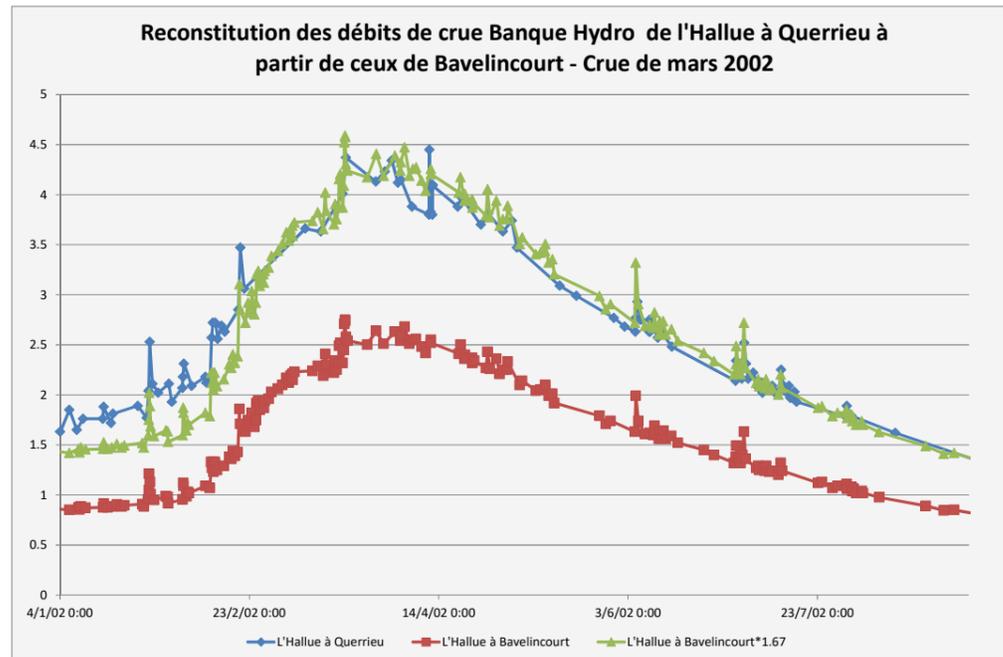


Figure 16 : Hydrogrammes mesurés et reconstitués sur l'Hallue – crue de mars 2002

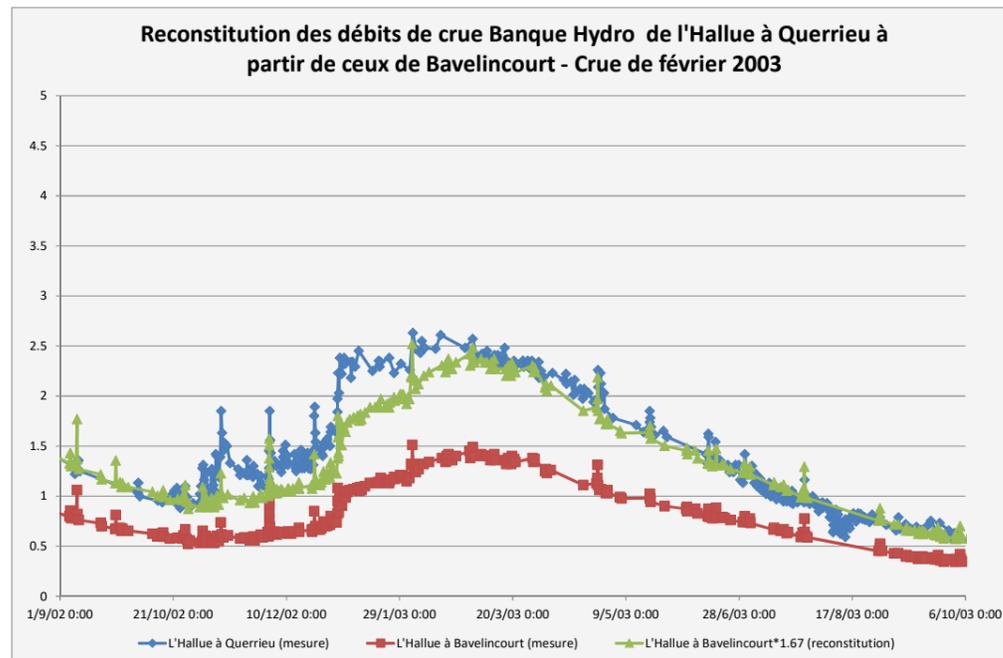


Figure 17 : Hydrogrammes mesurés et reconstitués sur l'Hallue – crue de février 2003

Cette valeur α de la formule de Myer (0.97) est très proche de 1, ce qui est cohérent avec le fonctionnement de type nappe du bassin versant (pour les bassins versants plus ruisselant, ce coefficient est le plus souvent compris entre 0.6 et 0.8).

Le bassin de la Tortille a une superficie totale de 127 km². Pour obtenir les débits statistiques de crue de la Tortille (avec un coefficient de Myer de 0.97), il faut alors multiplier :

- les débits de l'Hallue à Bavelincourt par $1.1 \left[\left(\frac{127}{115} \right)^{0.97} \right]$
- les débits de l'Ancre à Bonnay par $0.58 \left[\left(\frac{127}{222} \right)^{0.97} \right]$
- les débits de l'Hallue à Bavelincourt par $0.48 \left[\left(\frac{127}{269} \right)^{0.97} \right]$

On a obtenu les débits de crue (en m³/s) suivants, intégrés dans la pièce 7A :

La Tortille (127 km ²)			
Débits naturels hors influence du tunnel de Ruyaulcourt et du Canal du Nord (m ³ /s)			
Période de retour T (ans)	à partir de l'Hallue (115 km ²)	à partir de l'Ancre (222 km ²)	à partir de la Nièvre (269 km ²)
2	1.0	2.0	1.7
5	1.8	2.6	2.3
10	2.5	2.9	2.8
100	5.9	5.8	5.7

Tableau 8 : Débits de crue de la Tortille estimés à partir d'autres BV

Les débits estimés à partir de l'Ancre s'avèrent supérieurs à ceux obtenus avec l'Hallue. On retiendra donc ceux-ci, ce qui va dans le sens de la sécurité.

2.1.6.2 Conception et simulation des scénarii d'aménagement

L'objectif de la modélisation de la Tortille était double :

- Estimation des apports intermédiaires pour chaque bassin versant en reconstituant l'hydrogramme de la Tortille, afin de comparer les débits s'écoulant dans la Tortille avec la capacité actuelle du lit et des ouvrages hydrauliques
- Etude de deux scénarii, avec ou sans la déconnexion des bassins versants amont dont les ruissellements peuvent être récupérés gravitairement par le CSNE et dimensionnement des mesures d'accompagnement afin de réduire les impacts

Etude préalable : estimation des apports intermédiaires

Le découpage en sous bassins versants est repris de l'étude de restauration de la Tortille :

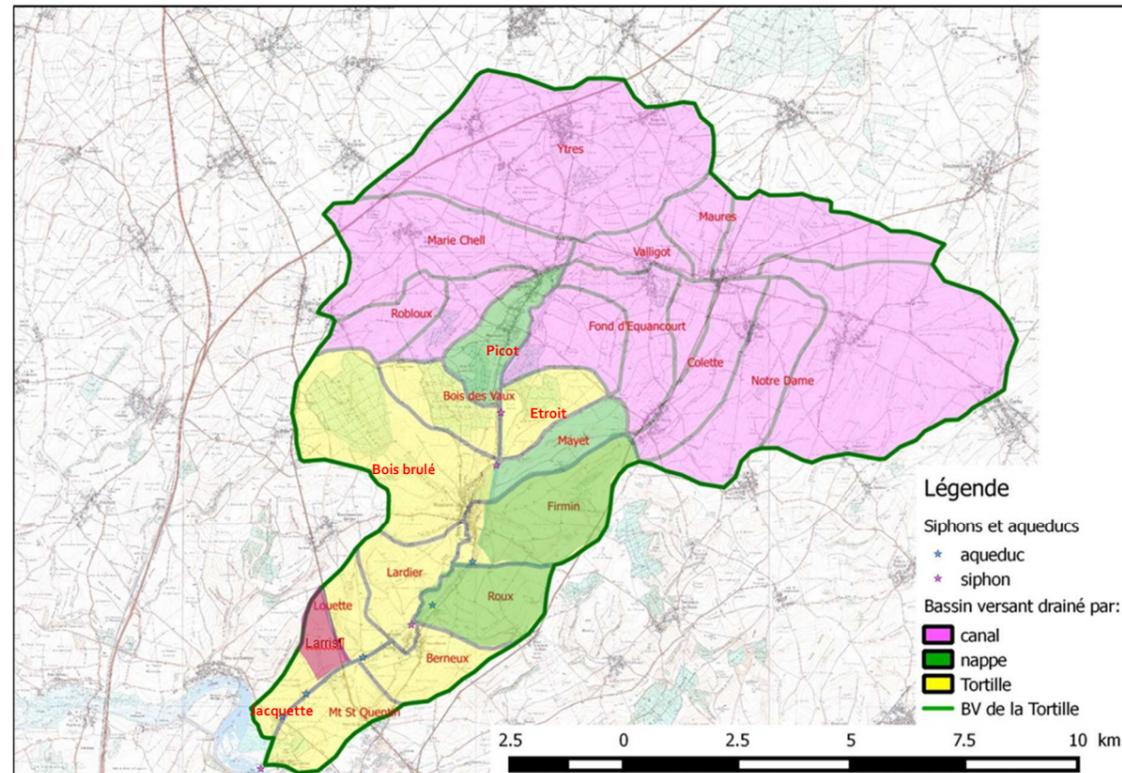


Figure 18 : Découpage en sous-bassins versants de la Tortille

Les superficies de chaque sous bassin versant sont données ci-après :

Bassin versant	Surface en ha	Exutoire actuel
Deroyard et Plouy	148	CDN
Valligot	205	CDN
Garenne	232	CDN
Maures	232	CDN
Robloux	269	CDN
Tarteron	398	CDN
Colette	433	CDN
Dfond d'Equancourt	447	CDN
Fond des Bosquets	569	CDN
Notre Dame	627	CDN
Marie Chell	834	CDN
Tortille amont	1731	CDN
Ytres	1824	CDN
Picot	297	nappe
Bois des Vaux	322	tortille
Etroit	284	tortille
Mayet	253	nappe
Mayet aval	28	tortille
Firmin	583	nappe
Firmin aval	51	tortille
Bois brûlé	983	tortille
Lardier	356	tortille
Roux	411	nappe
Berneux	276	tortille
Louette	207	tortille
Larris	135	nappe
Mt St Quentin	346	tortille
Jacquette	203	tortille
28	12 700	

Etude d'impact

La Tortille a fait l'objet d'une modélisation filaire sous hydrariv.

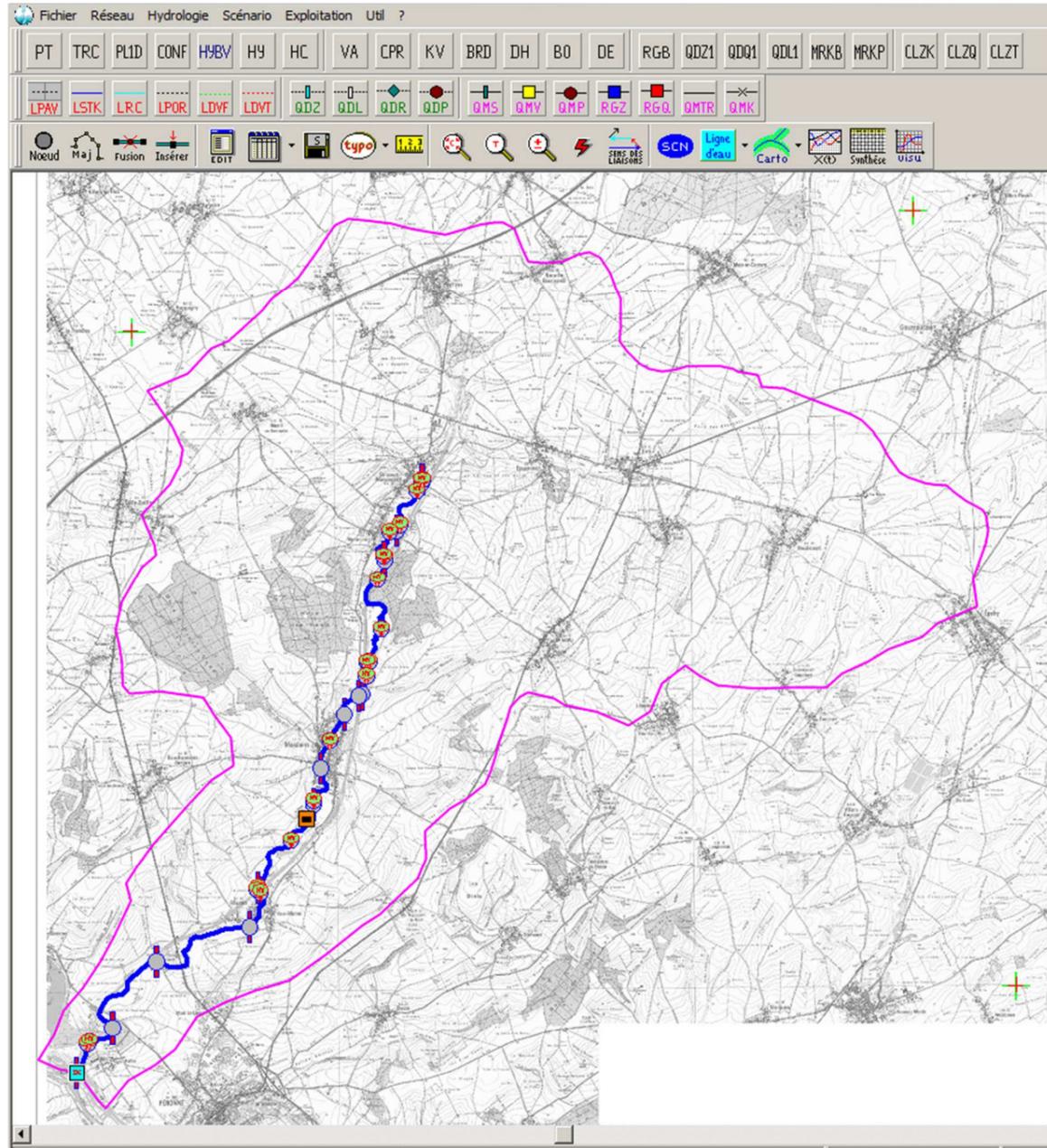


Figure 19 : Modélisation hydraulique de la Tortille

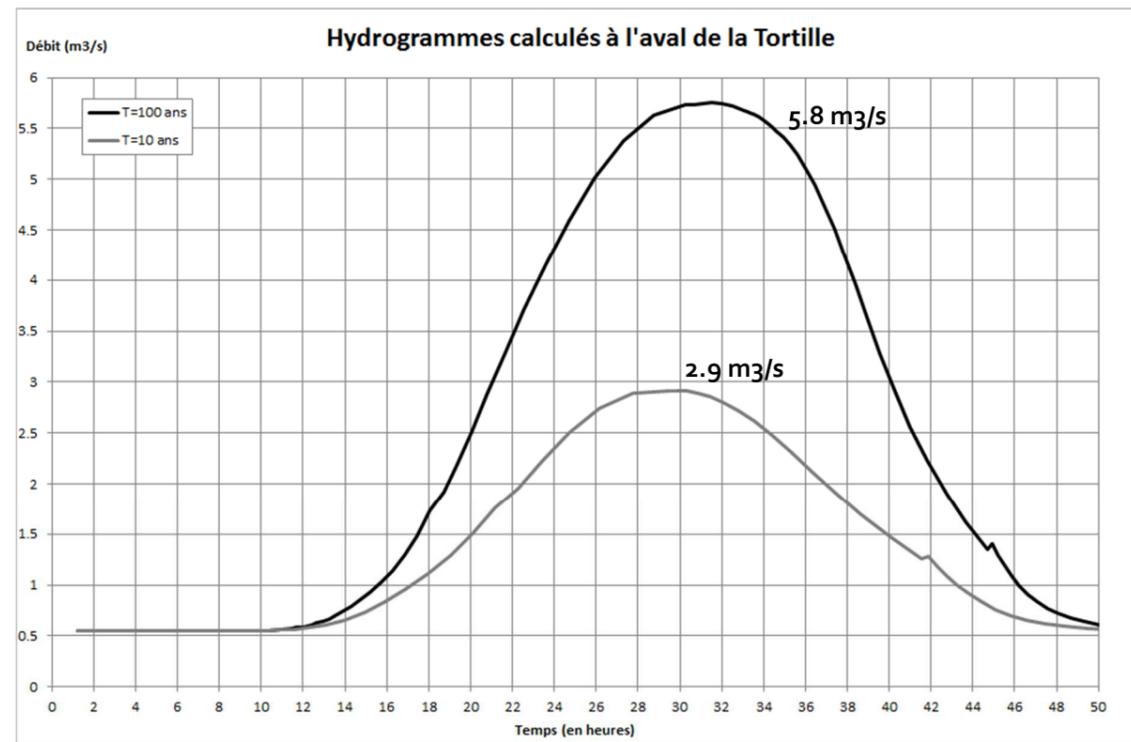
Pour chaque sous bassin versant, un hydrogramme alimente la Tortille.

Bassin versant	Surface en ha	% surf. totale	PK
Tortille amont	7 949	63%	0
Picot	297	2%	2.4
Bois des Vaux	322	3%	4.06
Etroit	284	2%	4.06
Mayet	281	2%	5.2
Firmin	634	5%	6.32
Bois brûlé	983	8%	6.87
Lardier	356	3%	8.64
Roux	411	3%	9.65
Berneux	276	2%	10.6
Louette	207	2%	11.79
Larris	135	1%	13.13
Mt St Quentin	346	3%	15.09
Jacquette	203	2%	15.5

Nota : Les bassins versants de l'amont, dont l'exutoire actuel est le canal du nord, ont été regroupés en un seul BV : « Tortille amont », représentant 63 % des apports de la Tortille.

L'étude hydrologique a permis d'estimer les débits décennal et centennal de la Tortille : respectivement 2.9 et 5.8 m³/s. Les apports intermédiaires de chaque sous bassin versant ont été estimés en fonction de leur superficie respective et afin de retrouver à l'aval du modèle le débit de pointe de la Tortille. La formule utilisée est la suivante : $Q_{10} \text{ sousBV} = (\text{Superficie ssBV} / \text{superficie Tortille})^{0.97} * Q_{10} - (\text{Superficie ssBV} / \text{superficie Tortille}) * Q_{nappe}$

Un coefficient de pointe a été appliqué à chaque triangle destiné à compenser l'écrêtement en ligne observé dans le modèle. Les coefficients utilisés sont 1.3 pour la crue décennale et 1.4 pour la crue centennale.



Le tableau suivant indique les apports considérés :

	Q10	Q100
Coefficient de pointe	1.3	1.4
Tortille amont	2.048	4.810
Picot	0.086	0.200
Bois des Vaux	0.093	0.216
Etroit	0.082	0.191
Mayet	0.081	0.189
Firmin	0.178	0.416
Bois brûlé	0.272	0.636
Lardier	0.102	0.238
Roux	0.117	0.273
Berneux	0.080	0.186
Louette	0.061	0.141
Larris	0.040	0.093
Mt St Quentin	0.099	0.231
Jacquette	0.059	0.138
	Q10	Q100
Apport nappe amont	0.466	0.466
Apport nappe aval	0.084	0.084

Etude du scénario 1

Dans ce scénario, tous les ruissellements des sous bassins-versants sont restitués à la Tortille par des ouvrages de transparence hydrauliques (aqueducs, siphons, etc...).

Etude du scénario 2

Dans ce scénario, l'aménagement consiste à prévoir les liaisons hydrauliques entre les thalwegs amont et le CSNE pour récupérer les ruissellements des bassins versants amont, actuellement drainés par le canal du Nord, de manière à les déconnecter de la Tortille et à les gérer dans le CSNE.

Estimation de la capacité du lit mineur et des ouvrages de la Tortille

Cette prestation a été réalisée par le cabinet Champalbert dans le cadre de l'étude de restauration de la Tortille. 40 ouvrages hydrauliques ont été recensés sur la Tortille. L'analyse des caractéristiques des ouvrages a permis d'identifier 12 ouvrages à enjeux d'un point de vue hydraulique. La capacité des ouvrages à enjeux et du lit mineur a été estimée à partir de formule de Manning Strickler ou mouvement uniforme : $Q = K \cdot (i)^{0,5} \cdot S \cdot (Rh)^{2/3}$.

Evaluation de la rugosité $i=1/Si$ (références utilisées) : Lit mineur	Stricker (Si)
Fond vaseux-limoneux*	45
Fond granulaire – ϕ centimétriques	40
Fond granulaire 10cm	35
Berge	
Béton lisse	60
Maçonné	50
Arbustif et forte obstruction	5- 10
Herbacé haut et dense	15-20
Gazon entretenu	25-30
Terreux	35
Correction sinuosité du lit**	
Rectiligne à faible	X 1
Moyenne sinuosité	X 0,9
Forte sinuosité	X0,8

* S'entend hors colmatage, couche de surface qui sera chassée lors des crues

** Les Strickler sont corrigés en tenant compte de la sinuosité comme suit :

Exemple berges arbustives (5) et fond granulaire 10 cm(35) faible sinuosité (X 0,9) on retiendra :

$$\text{Berge} = 5 \times 0,9 = 4,5$$

$$\text{Fond} = 35 \times 0,9 = 31,5$$

Les données suivantes ont été utilisées :

- la section de certains ouvrages mesurée au mètre lors des investigations terrain,
- la forme de l'ouvrage : buse ou trapèze ou dalot avec si nécessaire adaptation pour les voutes,
- l'évaluation de la rugosité de l'ouvrage à partir des observations sur site,
- la pente moyenne du secteur considéré à partir des données AMEVA,
- 10 profils en travers du lit de la Tortille réalisées par l'AMEVA

Choix du scénario

La comparaison des débits et des capacités hydrauliques a permis d'orienter le choix du scénario.

Dans le scénario 1, les débits dépassent largement la capacité du lit et des ouvrages. Dans le scénario 2, la déconnexion des bassins versants amont, qui représentent 63% des apports totaux, permet de réduire :

- le débit décennal aval de 2.9 m³/s à 1.5 m³/s
- le débit centennal aval de 5.8 m³/s à 2.9 m³/s

Ce scénario 2 s'avère satisfaisant d'un point de vue hydraulique. Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire, hormis le redimensionnement de 4 petits ouvrages de type buses.

2.2 ETUDES SUR LE MILIEU NATUREL

2.2.1 Zones humides

La délimitation des zones humides à proximité immédiate du projet a été réalisée par AIRELE en 2015. La méthodologie employée est la suivante.

2.2.1.1 Aire d'étude

La carte, en page suivante, localise les sites ayant fait l'objet d'une délimitation des zones humides par AIRELE.

2.2.1.2 Localisation des points de sondages pédologiques

Sélection des habitats

- Habitats naturels prospectés par Ecothème

Dans un premier temps, la localisation des sondages a été réalisée suite à l'analyse de la cartographie des habitats établie par le bureau d'étude Ecothème (voir méthodologie au chapitre 2.2.2.2).

Les habitats renseignés comme « humide » (cotés H) selon l'arrêté du 24 juin 2008 ont été écartés de la sélection des habitats qui feront l'objet des sondages pédologiques. Leur caractère humide étant directement défini par le critère « habitats » du même arrêté, ils ne nécessitent pas de compléments pédologiques.

Les habitats renseignés comme « non humide » (non mentionnés dans l'arrêté du 24 juin 2008) et les habitats renseignés comme « humide pour partie » (cotés p dans l'arrêté du 24 juin 2008) ont fait systématiquement l'objet de sondages pédologiques afin de vérifier leur caractère humide.

Toutefois, certains habitats artificialisés telles les habitations avec jardins ou les voies de communication et leurs bermes ont été écartés de la sélection pour des raisons de faisabilité des sondages. Pour des raisons de faisabilité également, les habitats en eau (étangs) ont aussi été écartés.

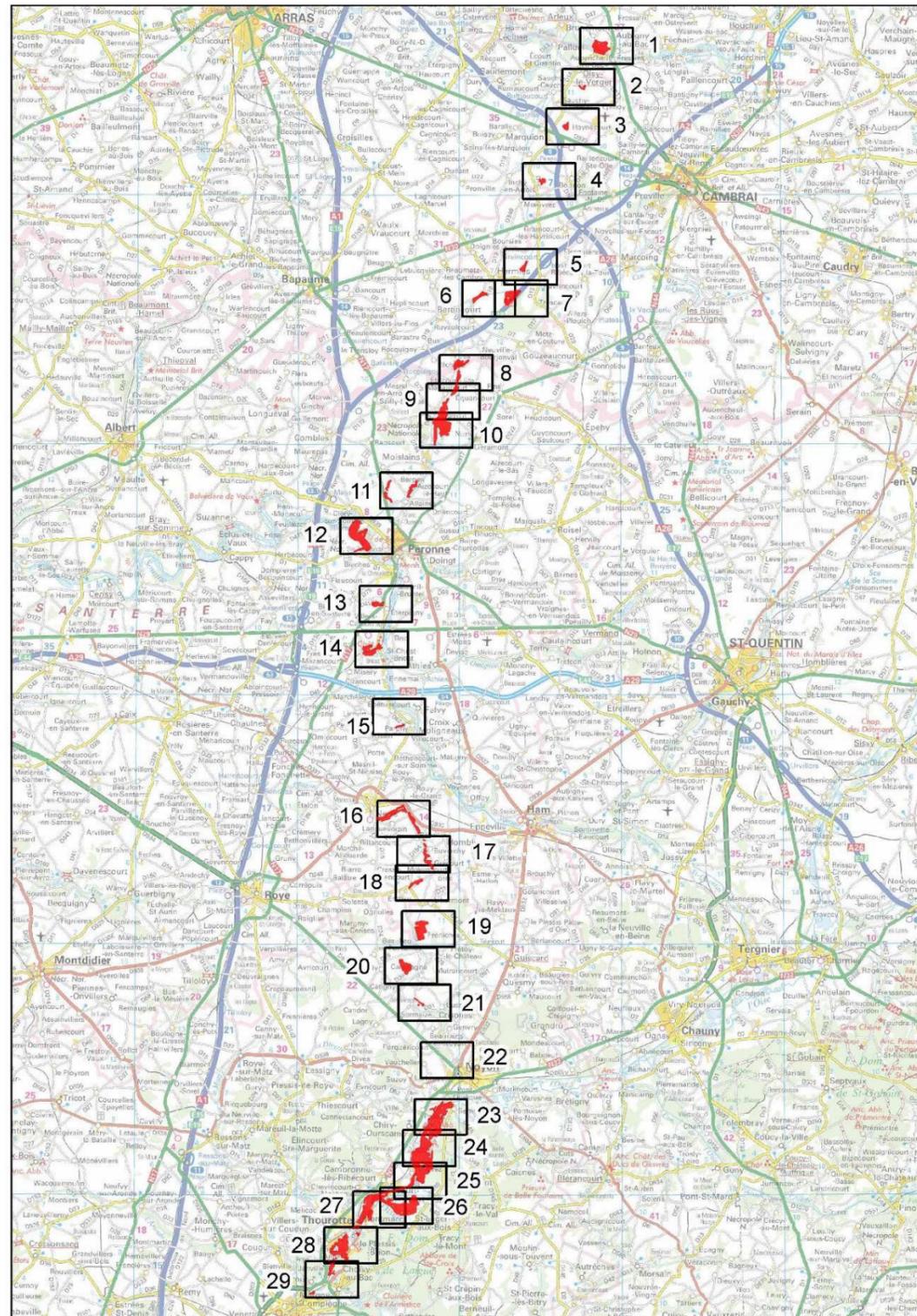


Figure 20 : Sites d'étude des zones humides (Airele 2015)

Selon cette méthodologie, la liste des habitats identifiés pour la réalisation de sondages pédologiques est la suivante :

Habitats
Autres peuplements ligneux
Boisements alluviaux non marécageux
Boisements alluviaux non marécageux en mosaïque avec peupleraies
Boisements mésophiles calcicoles
Boisements mésophiles neutrophiles à acidicoles
Boisements neutrophile mésophiles à méso hygrophiles des sols frais
Boisements rivulaires linéaires
Boisements rudéraux
Cultures
Fourrés arbustifs à arborés
Fourrés arbustifs en mosaïque avec autres formations herbacées ou ligneuses
Friches
Friches en mosaïque avec autres peuplements ligneux
Friches prairiales
Haies
Mégaphorbiaies
Mégaphorbiaies en mosaïque avec autres formations herbacées ou ligneuses
Ourllets calcicoles
Ourllets nitrophiles
Pelouses sableuses
Peupleraies
Prairies artificielles
Prairies de fauche mésophiles à méso hygrophiles
Prairies pâturées nitrophiles mésophiles à méso hygrophiles
Saulaie blanche

Tableau 9: liste des habitats retenus

- Zones à Dominantes Humides

Une analyse complémentaire a été réalisée à partir des Zones à Dominantes Humides (ZDH) définies par les Agences de l'Eau Seine Normandie et Artois Picardie. Cette analyse a permis d'identifier quelques ZDH non prospectées par Ecothème. Des points de sondage ont alors été systématiquement rajoutés dans ces secteurs. Dans ce cas, les sondages ont été répartis sur le terrain selon les habitats en place. Ainsi, la totalité des ZDH ont fait l'objet de prospection.



Etude d'impact

📍 Répartition des sondages au sein des habitats retenus

Le choix des emplacements des sondages pédologiques a été réalisé à l'échelle de chaque polygone au niveau de la cartographie des habitats.

Pour définir le nombre de sondages réalisés dans chaque polygone (correspondant à un habitat), nous avons tenu compte de sa superficie et de la déclivité observée au sein de la parcelle et renseignée par les courbes de niveau. Ainsi, plus la parcelle est grande et plus la déclivité est importante, plus le nombre de sondages est important.

Compte-tenu du parcellaire, le nombre de sondage est compris entre 1 et 3 ou plus pour les parcelles de très grande superficie.

En cas de déclivité importante la disposition des points de sondage au sein d'une parcelle a suivi un transect perpendiculaire au sens de la pente. La déclivité étant souvent très faible voire nulle (ou en tous cas non appréciable sur les cartes de l'IGN avec les courbes de niveau proposées), les transects sont rares.

Toutefois lorsqu'une zone en eau (eau stagnante ou courante) était visible sur les cartes et photos aériennes, les points de sondage ont été disposés en transect en s'éloignant progressivement de la zone en eau selon un gradient supposé d'humidité du sol. Ces transects ne sont pas pour autant des lignes car nous avons gardé à l'esprit qu'une parcelle doit être sondée de manière homogène sur l'ensemble de sa superficie.

Lors du choix des points de sondage, nous avons également veillé à ne pas les situer en bordure d'habitat afin de nous assurer que le sol effectivement sondé corresponde à l'habitat retenu et non à une zone de transition entre habitats. Cet écueil ne peut être évité pour les habitats de très petite superficie ou les habitats linéaires de faible largeur. Dans ce cas, et pour limiter les biais, le point de sondage a été positionné au centre de l'habitat.

Cette présélection des points de sondage à partir de la cartographie des habitats sur orthophotoplans reste théorique. Lors des sessions de terrain, certains points de sondage ont dû être décalés au sein de l'habitat en fonction des conditions rencontrées (dépression, zone en eau, changement d'occupation du sol...). Dans ce cas, AIRELE a veillé à répondre aux critères énoncés ci-dessus pour choisir les nouveaux points de sondage.

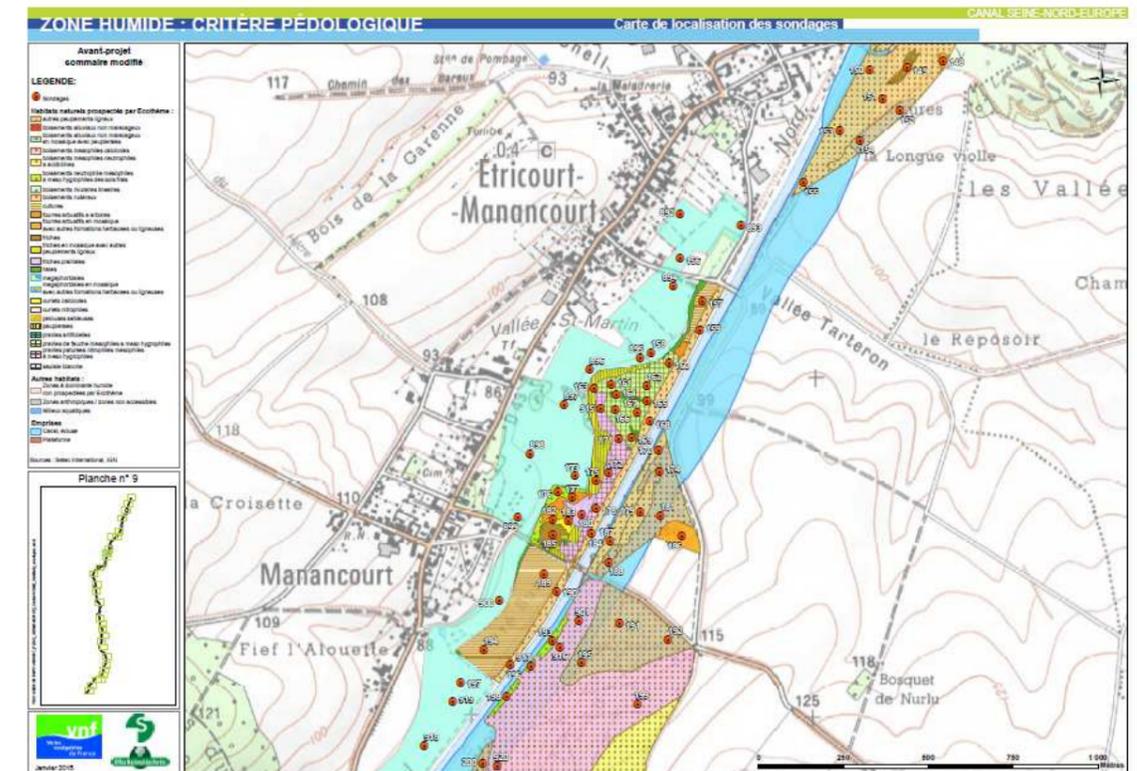


Figure 21 : Exemple de localisation des points de sondages

2.2.2 Méthodologie générale de caractérisation pédologique des zones humides

Classiquement le critère pédologique destiné à définir une zone humide doit être évalué par la réalisation de sondages pédologiques à la tarière à main ou autre moyen approprié, répartis sur l'ensemble du secteur d'étude. Ces sondages permettent d'extraire des carottes de sol qui sont ensuite examinées.

La présente expertise fait référence à la liste des types de sols, donnée en annexe 1.1.1. de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009 qui suit la nomenclature des sols reconnue actuellement en France, c'est-à-dire celle du Référentiel pédologique de l'Association Française pour l'Etude des Sols (D. BAIZE et M.C. GIRARD, 1995 et 2008).

L'examen du sondage pédologique vise à vérifier la présence :

- d'horizons histiques (ou tourbeux) débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol et d'une épaisseur d'au moins 50 centimètres ;
- ou de traits réductiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol ;
- ou de traits rédoxiques débutant à moins de 25 centimètres de la surface du sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ;
- ou de traits rédoxiques débutant à moins de 50 centimètres de la surface du sol, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et de traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 centimètres de profondeur.

Si l'une de ces caractéristiques est présente, le sol peut être considéré comme sol de zone humide. En leur absence, il convient de vérifier les indications fournies par l'examen de la végétation.



Photo 2 : Illustration de sondages pédologiques (Airele)

L'observation des traits d'hydromorphie peut être réalisée toute l'année mais la fin de l'hiver et le début du printemps sont les périodes idéales pour constater sur le terrain la réalité des excès d'eau.

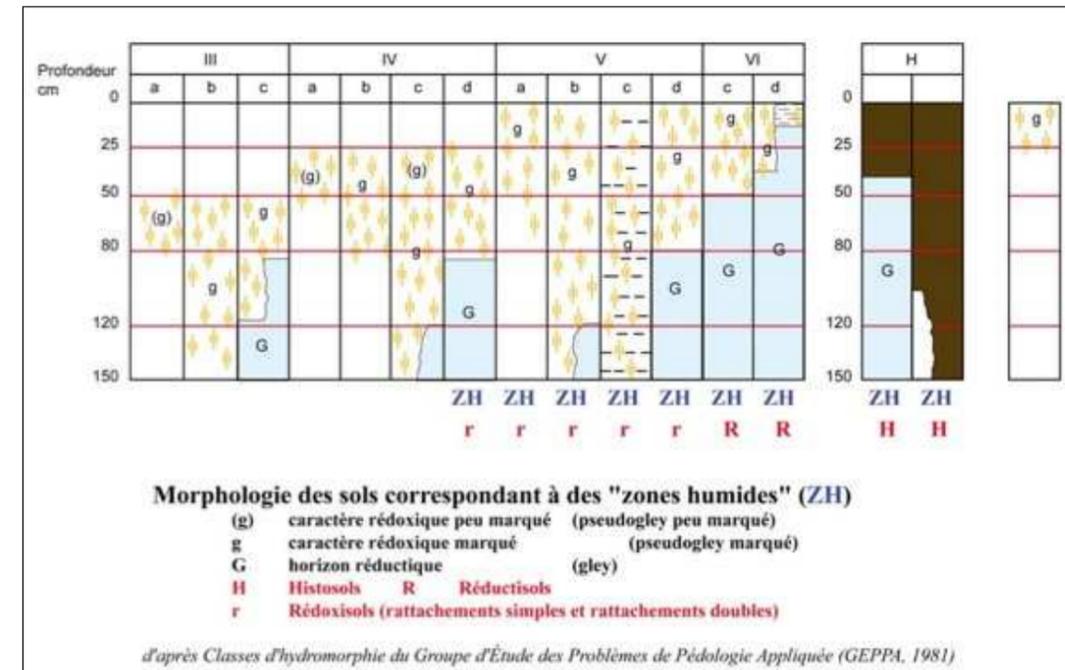


Figure 22 : Illustration des classes d'hydromorphie des sols des zones humides (GEPPA, 1981)

2.2.3 Délimitation finale des zones humides

Dans le cas où certains sondages au sein d'une même parcelle se sont révélés caractéristiques de zones humides et d'autres non, des sondages pédologiques complémentaires ont été réalisés pour affiner les connaissances et délimiter précisément les zones humides. Une carte finale de zones humides, incluant les zones humides identifiées à partir de la végétation (Ecothèmes) et à partir de la pédologie (Airelle) a été produite.



2.2.4 Etude Faune/flore/habitats

2.2.4.1 Méthodologie des inventaires antérieurs à 2008

✚ Objectifs

Afin d'établir le dossier d'enquête en vue de la Déclaration d'Utilité Publique de 2006 et les demandes de dérogation pour destruction d'espèces protégées pour certains groupes (2008), des inventaires naturalistes avaient été réalisés, principalement au printemps/été 2005.

Les inventaires avaient porté sur les milieux et les groupes d'espèces intéressants ou potentiellement intéressants sur l'ensemble du projet CSNE :

- les habitats et la flore (35 sites),
- les insectes (15 sites),
- les amphibiens (15 sites),
- les oiseaux (19 sites).

✚ Inventaires 2005 des habitats et de la flore

Sur chaque site identifié comme intéressant ou potentiellement intéressant par photo-interprétation, les habitats avaient été cartographiés. Les espèces protégées ou remarquables avaient été localisées sur le terrain à l'aide d'un GPS. Les références utilisées pour la définition des statuts d'indigénat et de rareté régionale étaient les recueils publiés par le Conservatoire Botanique National de Bailleul : « Inventaire de la flore vasculaire du Nord – Pas-de-Calais (Ptéridophytes et Spermatophytes) : raretés, protections, menaces et statuts » – Bulletin de la Société Botanique du Nord de la France, vol.52 (1999) et « Raretés, protections, menaces et statuts de la flore régionale (Ptéridophytes et Spermatophytes) de Picardie ».

✚ Avifaune (Inventaires 2005)

Quinze sites d'une surface comprise entre 20 et 50 hectares et 8 sites de superficie plus importante mais inférieure à 200 hectares avaient été inventoriés.

Compte tenu de la diversité des milieux, plusieurs méthodes de dénombrement des oiseaux avaient été mises en œuvre, en particulier les Indices Ponctuels d'Abondance (IPA, (Blondel, Ferry et Frochet) sur les milieux prairiaux, bosquets et forêts.

Cette méthode, ciblée sur les populations d'oiseaux nicheurs, présente l'avantage de pouvoir inventorier la plupart des passereaux, mais aussi des espèces d'autres groupes, tout en étant assez simple à mettre en œuvre et en respectant les caractéristiques des milieux.

✚ Chiroptères

Aucun inventaire spécifique n'avait été conduit sur les chiroptères. Une synthèse bibliographique avait été réalisée afin de visualiser les espèces présentes et les enjeux vis-à-vis du projet. Les atlas de répartition des chiroptères pour les régions concernées indiquent la présence potentielle de 14 espèces de chauve-souris au sein ou à proximité du tracé de référence.

✚ Amphibiens (Inventaires 2005)

Afin d'obtenir la plus grande exhaustivité possible lors des inventaires sur le terrain, plusieurs périodes de prospection avaient été définies, en fonction de la biologie des différentes espèces susceptibles de fréquenter les sites. Les inventaires sur le terrain ont ainsi eu lieu du 13 avril au 05 juillet 2005. La migration prénuptiale n'avait pas pu être observée c'est pourquoi des prospections complémentaires en mars 2006 ont été réalisées.

Pour les espèces précoces (notamment la Grenouille rousse et le Crapaud commun), l'inventaire avait surtout consisté à rechercher et recenser les pontes, estimer les effectifs de reproducteurs et localiser les têtards.

Pour les espèces plus tardives, avaient été recherchées les espèces comme la Rainette verte, le Crapaud calamite, l'Alyte accoucheur par écoute nocturne, et les tritons ou la Salamandre par échantillonnage à l'épuisette (complété par l'observation nocturne à la lampe).

Les écoutes crépusculaires et nocturnes (entre 22h et 1h globalement) avaient été effectuées en espaçant les points d'écoute de 300 à 500 m. Elles permettent d'identifier par leur cri les différentes espèces.

✚ Reptiles

Aucun inventaire spécifique n'a été conduit sur les reptiles. Une synthèse bibliographique a été réalisée afin de visualiser les espèces présentes et les enjeux vis-à-vis du projet du canal (Atlas préliminaire des amphibiens et reptiles de Picardie 1990-1998 et SERENAS, 1998).

✚ Inventaires entomologiques de 2005

L'ensemble des sites avait été prospecté par la méthode des transects en insistant sur les zones à fortes potentialités (zones humides, boisements, friches, prairies...). Les sites avaient été étudiés à raison de 4 passages, répartis entre mai et août.

Un piège à interception avait été disposé dans le bois des Sapins.

Des pièges au sol avec attractif avaient été disposés sur la totalité des sites avec en moyenne deux pièges par secteur. Des pièges attractifs aériens avaient été disposés dans les sites boisés, mais n'ont donné que peu d'informations.

2.2.4.2 Méthodologie des inventaires 2012 et 2014 (Ecothème)

Les inventaires avaient pour objectifs :

- l'analyse critique des compléments d'investigations à apporter aux inventaires de 2010 proposés par la maîtrise d'ouvrage et la proposition d'inventaires adéquats ;
- la réalisation, sur les secteurs retenus, d'inventaires de terrain ciblés sur les groupes faunistiques et/ou floristiques ainsi que sur les habitats naturels pour lesquels des manques ont été identifiés ;
- la définition de la méthodologie d'analyse et de synthèse des données, de hiérarchisation des enjeux des milieux naturels.

L'analyse des données recueillies, la synthèse et la hiérarchisation des enjeux du milieu naturel a permis de dresser « l'état de référence » des sites étudiés.

Les données ont été numérisées au 1/10 000. Pour chaque point de relevé, le recours au GPS a été nécessaire pour une localisation précise lors des campagnes d'inventaires de terrain.

Aire d'étude et sites inventoriés

En 2012, les inventaires d'ECOTHEME ont été réalisés sur l'ensemble des 107 km du projet Canal Seine-Nord Europe au sein d'une bande de 500m de large centrée sur l'axe du tracé de référence (tracé retenu à l'issue des études d'avant-projet sommaire). D'autres sites, pouvant être soumis à des impacts indirects du projet (rabattement de nappe, altération de la capacité de déplacement des animaux...), ont été prospectés en dehors de la bande des 500 m.

Entre 2012 et 2014, des inventaires complémentaires ont été réalisés sur des sites précédemment choisis et sur des nouveaux sites. Au final, les sites complémentaires ont été rattachés aux sites initiaux proches et 30 secteurs à prospecter ont été définis sur les 107 km de projet.

L'ensemble des sites inventoriés sur l'aire d'étude dans le cadre du canal Seine-Nord Europe est représenté en jaune sur la carte ci-après et listé dans le tableau ci-après.

Site concerné	Nom du site	Date de l'inventaire
Site n°1	Boucles du Muid	2012
Site n°2	Méandre de Sainte Croix	2012
Site n°3	Champ d'Ourscamp	Avant 2012
Site n°3A	Complément site 3	2014
Site n°4	Zone humide du Grand Marais - Passel	2012
Site n°5	Source de la Mève	Avant 2012
Site n°6	Bois du Quesnoy	Avant 2012
Site n°7	Bois du Chapitre	2012
Site n°8	Rivière Bleue	2012
Site n°8A	Lannoy-lès-Gorquets	2014
Site n°8B	Vallée du Petit Ingon	2014
Site n°9	Vallée de l'Ingon	2012
Site n°10	Bois Renantel	2012
Site n°11	Ruisseau de la Fontaine des Billes	2012
Site n°12	Vallée de la Motte	2012
Site n°12A	Vallée Médard	2014
Site n°13	Vallée de la Somme	2012
Site n°14	Vallée Louette	2012
Site n°15	Vallée de la Tortille	2012
Site n°16	Bois des Sapins	2012
Site n°16A	Grand Marais / Pré du Vieux Moulin	2014
Site n°16B	Pâturage de la longue Violle	2014
Site n°17	Bois d'Ytres	2012
Site n°18	Bois d'Havrincourt	2012
Site n°18A	Hermies	2014
Site n°18B	Les Pauplèmes	2014
Site n°19	Bois du Dièvre	2012
Site n°19A	Bois Cocret	2014
Site n°20	Bois du Puits	2012
Site n°21	Marais d'Aubigny	2012

Tableau 10 : Légende des sites inventoriés et localisés sur la carte



Etude d'impact

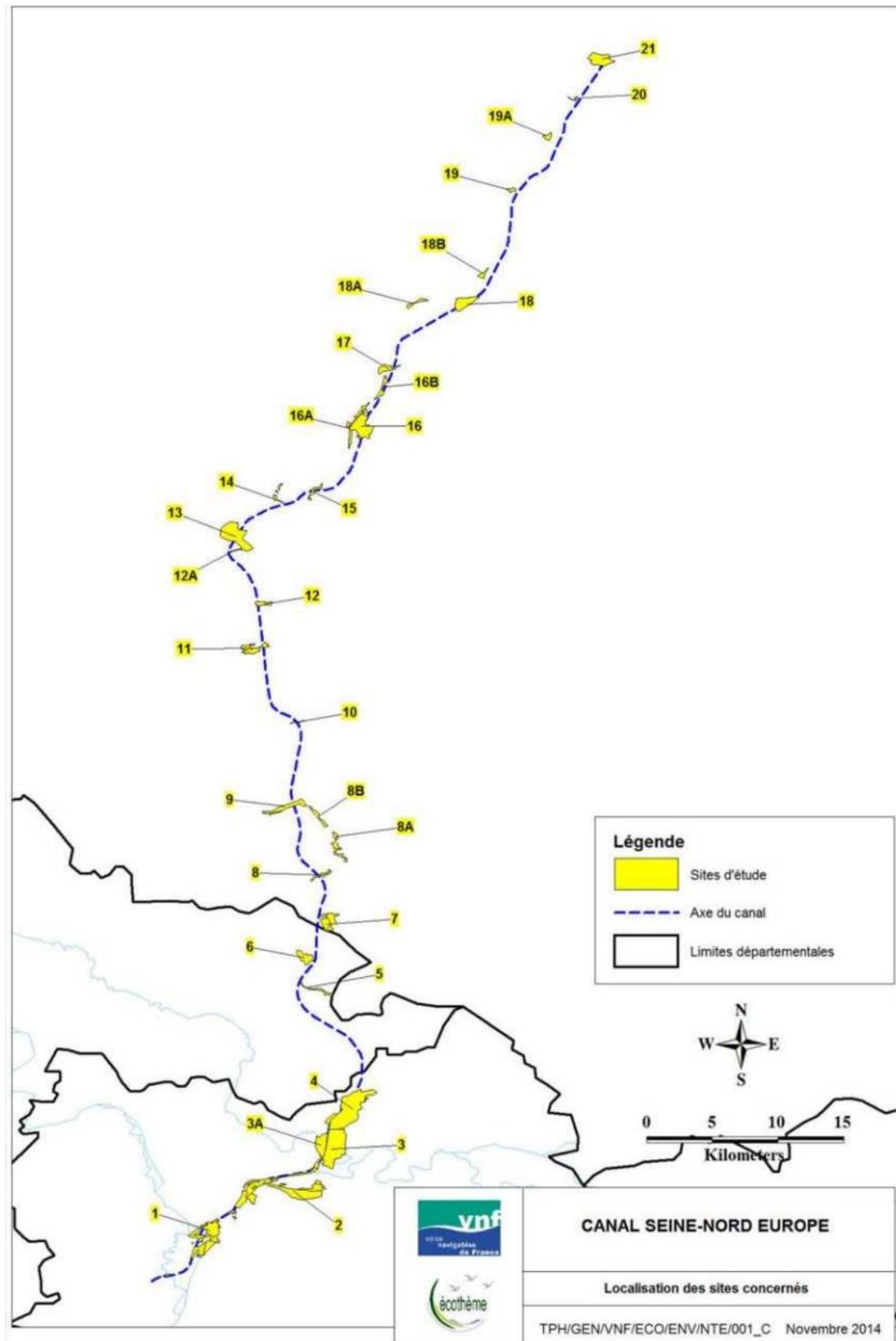


Figure 23 : Carte de localisation de l'ensemble des sites étudiés (Source : Ecothème)

Dans l'état initial de l'étude d'impact les sites sont regroupés par entités cohérentes :

- Vallée de l'Oise
- Vallée de l'Ingon
- Vallée de la Somme
- Vallée Louette : Site 14
- Vallée de la Tortille
- Autres petits cours d'eau
- Marais d'Aubigny
- Les boisements
- Les boisements localisés sur d'anciens dépôts du canal du Nord

✚ Périodes d'inventaire et pression d'observation

La période des inventaires s'est étendue d'avril à octobre 2012 avec un nombre de jours d'inventaires respectivement de 108 pour la flore et les habitats naturels et 125 jours pour la faune.

En 2014, les inventaires ont également été réalisés d'avril à octobre : 16 jours ont été consacrés à la flore et aux habitats naturels, 44,5 jours à la faune. Ces inventaires ont été effectués sur les nouveaux sites, ainsi que sur des secteurs à enjeux déjà étudiés en 2012 mais pour lesquels les conditions météorologiques étaient défavorables à l'époque (sites 1 à 4 et 13 pour les insectes - sites 2 et 4 pour les batraciens – site 21 pour l'avifaune et la flore).

Les inventaires ont couvert les périodes favorables à l'observation des différents groupes faunistiques, selon la méthodologie préconisée par le bureau d'études Ecothème. Les inventaires ont concerné tous les sites naturels susceptibles de présenter un enjeu sur l'ensemble du tracé (inventaires plus complets qu'en 2005). Cette sélection a notamment résulté d'une analyse des enjeux sur une aire d'étude élargie par Biotope entre 2005 et 2008. Seules les zones périurbaines et agricoles n'ont pas été inventoriées. Il est néanmoins possible que des sites très restreints n'aient pas été prospectés (haies, ourlets calcicoles de taille restreinte...). Pour relever ces éventuels enjeux très locaux, le passage d'un ingénieur écologue sur l'ensemble du tracé est envisagé en 2015.

Auteurs des inventaires

Les auteurs des inventaires écologiques réalisés par Ecothème en 2012 et 2014 sont :

Gabriel CAUCAL :	inventaires faune
Nicolas CONDUCHÉ :	coordination et inventaires flore/habitats, rédaction des fiches de la flore et des habitats d'intérêt patrimonial, assemblage, cartographie
Thibaud DAUMAL :	rédaction des fiches hétérocères, inventaires hétérocères et chiroptères
Yves DUBOIS :	coordination et inventaires faune, rédaction des fiches de la faune d'intérêt patrimonial, assemblage, cartographie
Christophe GALET :	coordination générale et inventaires flore/habitats
Laure GRANDPIERRE :	inventaires flore/habitats
Damien IBAÑEZ :	inventaires faune, rédaction des fiches de la faune d'intérêt patrimonial, cartographie
Bénédicte KILLIAN :	coordination et inventaires flore/habitats, rédaction des fiches des habitats naturels d'intérêt patrimonial
Cédric LOUVET :	inventaires faune, rédaction des fiches de la faune d'intérêt patrimonial
Caroline LUCAS :	inventaires flore/habitats
Alexandre MACQUET :	inventaires faune, rédaction des fiches de la faune et de la flore d'intérêt patrimonial, cartographie
Sylvain TOURTE :	inventaires flore/habitats, cartographie

Inventaires des habitats naturels

La période des inventaires des habitats naturels s'est étendue de mars à septembre 2012 et 2014 avec respectivement 108 jours d'inventaires en 2012 et 16 jours en 2014 afin de correspondre aux périodes optimales de développement (périodes de floraison et de fructification).

Après analyse des photographies aériennes, il s'avère que les sites concernés comportent essentiellement des boisements, des prairies, des cultures, des plans d'eau, des marais et des cours d'eau.

Ainsi, les prospections ont été programmées :

- de mars à juin pour les milieux forestiers et associés ;
- de mai à juillet pour les milieux prairiaux, les cultures et en partie pour quelques milieux humides ;
- et de juillet à septembre pour les milieux humides et aquatiques.

Les prospections se font par transect afin de discerner l'ensemble des limites des unités de végétation au GPS et/ou sur ortho-photographies aériennes. Certains sites nécessitent pour leur identification deux passages à différentes périodes.

Les milieux naturels sont décrits selon :

- une approche phyto-écologique pour les plus communs en décrivant le cortège floristique, présent ainsi que les conditions écologiques qui y règnent en termes de type de substrat, de trophie, d'humidité du sol...;
- une approche phyto-sociologique pour ceux présentant un intérêt patrimonial. Un relevé phyto-sociologique correspond à un seul milieu (homogénéité floristique, structurale et écologique). La surface du relevé est donc variable en fonction des formations végétales (1 m², voire moins, pour les formations constituées de plantes annuelles, une dizaine de m² pour les prairies à plusieurs centaines de m² pour les forêts). L'ensemble des relevés phyto-sociologiques sont ensuite localisés au GPS puis saisis et regroupés par types de végétation afin d'interpréter les habitats naturels en présence. Pour chaque détermination, la bibliographie de référence utilisée est citée (cahiers d'habitats, manuel d'interprétation des habitats de l'union européenne EUR 15/2 d'octobre 1999, Prodrome de la végétation de France, CORINE Biotopes, travaux du Conservatoire Botanique National de Bailleul, colloques phyto-sociologiques, thèses régionales, études antérieures diverses...).

Une carte des unités de végétation et une carte des habitats naturels d'intérêt patrimonial ont été produites à l'issue de ces inventaires 2012 et 2014.



Inventaires floristiques

Les inventaires floristiques ont été réalisés de façon concomitante avec ceux des habitats naturels, soit de mars à octobre 2012 et 2014 avec 108 jours d'inventaires en 2012 et 16 jours en 2014.

L'étude qualitative de la flore consiste à dresser une liste générale des espèces végétales aussi représentative que possible par type d'habitats naturels présents au niveau des sites concernés, en période de floraison ou de fructification. Les espèces végétales ont été identifiées à l'aide de clés de détermination jusqu'à la sous-espèce (subsp.), quand elle existe. Les espèces végétales d'intérêt patrimonial et/ou légalement protégées ont été localisées au GPS.

Une attention particulière a été apportée pour trois espèces végétales protégées connues sur certains sites : l'Orme lisse (prospection de mars à avril), la Véronique à écussons (prospections de juin à septembre) et le Peucedan des marais (prospections de juillet à août).

Une carte des espèces végétales protégées et/ou inscrites à la liste rouge régionale a été produite à l'issue de ces inventaires 2012 et 2014.

Inventaires faunistiques

La période des inventaires faunistiques s'est étendue d'avril à octobre 2012 et 2014 avec respectivement 125 jours d'inventaires en 2012 et 44,5 jours en 2014. Ces inventaires ont été effectués sur les nouveaux sites, ainsi que sur le site à enjeux n°13 déjà étudié en 2012 mais pour lesquels les conditions météorologiques étaient défavorables pour les inventaires entomologiques.

Une carte a été réalisée par groupe d'espèces avec les points d'observations 2012 et 2014, puis une carte de synthèse des enjeux écologiques par site.

- Inventaires avifaunistiques

Les prospections d'oiseaux sont menées par la méthode de l'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) (Blondel, Ferry et Frochot, 1970). Deux comptages (même heure, même point GPS) sont réalisés au cours de deux sessions distinctes (mi-avril et mi-mai/début juin) en notant l'ensemble des oiseaux observés et/ou entendus durant 20 minutes aux heures favorables.

Des prospections spécifiques sont réalisées pour les rapaces et les espèces de lisières, consistant en des points d'écoute de 15 à 20 min régulièrement espacés sur un itinéraire.

Une prospection spécifique a lieu pour le Râle des genêts par deux passages entre le 20 avril et le 15 juin avec la méthode de la repasse en fin de nuit. Chaque point d'écoute est espacé de 350 à 500 m au maximum.

- Inventaires chiroptérologiques

Les prospections de chiroptères ont été réalisées au cours de plusieurs passages dans des conditions favorables (température supérieure à 10°C, absence de pluie et vent faible, sans pleine lune) selon deux méthodes complémentaires :

- la recherche pendant des points d'écoute (10 à 20 min) à l'aide d'un détecteur à ultrasons (D1000x et D980), en complément des stations fixes d'enregistrement automatique (Anabat SD1, SM2 Bat). Les espèces enregistrées sont déterminées à l'aide de logiciels et un indice d'activité peut être calculé,
- les transects réalisés à l'aide d'un détecteur à ultrasons de façon à déterminer les fonctionnalités des secteurs traversés (terrain de chasse, corridors).

- Inventaires des mammifères terrestres

La recherche de présence de mammifères terrestres peut s'effectuer tout au long de l'année par :

- des observations directes d'individus,
- l'utilisation de « pièges à poils » (en fonction des enjeux),
- l'identification de traces et d'indices (empreintes, terriers, restes de repas, marquages de territoire, déjections ou voies de passages),
- la pose de pièges photographiques de type « Reconyx »,
- l'analyse de pelotes de réjection de rapaces nocturnes découvertes sur le site ou ses abords immédiats, notamment pour les micro-mammifères.

L'effort de prospection a été modifié pour certains micro-mammifères :

- la détection du Campagnol amphibie : des tronçons de cours d'eau ou de berges d'au moins 100 mètres sont visités ;
- la détection du Muscardin : l'effort de prospection se concentre sur quatre fois des carrés de 10m x 10m à la recherche d'indices de présence pendant 20 min par site ;
- l'analyse à la loupe binoculaire de crottes pour la détection de Musaraigne aquatique.

- Inventaires piscicoles et mollusques

Les mollusques aquatiques et les poissons ont été inventoriés dans le cadre des inventaires hydrobiologiques. Protocoles et résultats sont décrits dans le chapitre milieu physique.

- Inventaires herpétologiques

Les inventaires batrachologiques ont été réalisés lors des périodes les plus optimales à la détection des indices de présence qui varient suivant les espèces :

- de jour (repérage des milieux aquatiques, des sites de pontes, recherche d'individus en hibernation sur l'ensemble des secteurs d'études...),
- de nuit (recherches des axes de déplacements, prospection des sites repérés de jour, pratique d'écoutes, sondages des mares à la lampe torche puissante pour le Triton crêté...).

De plus, des abris artificiels (de type plaques de contreplaqué) ont été réalisés afin de réaliser les inventaires lors de la période estivale (quartiers d'été) et avoir donc un aperçu qualitatif des populations d'amphibiens présentes au sein de la zone étudiée.

Les habitats préférentiels des reptiles ont été prospectés de façon systématique dans des conditions météorologiques optimales, ainsi que les abris potentiels (lisières, murets, haies, andains...)

Les inventaires ont été complétés par la recherche d'individus après pose de plaques leur servant d'abris.

- Inventaires entomologiques

Les Rhopalocères (papillons de jour) ont été prospectés lors de parcours échantillons (cartographiés et représentatifs des différentes unités écologiques présentes au sein des sites), à raison de plusieurs passages par site (optimum 3), répartis entre mai et fin août.

Les Hétérocères papillons de nuit ont été prospectés par piégeage lumineux (SK24) à deux reprises pendant la saison sur chacun des sites.

Un effort de prospection supplémentaire a été réalisé pour certaines espèces de papillons, dont les pontes seront recherchées sur les plantes hôtes (Cuivré des marais, Phalène sagitée, Pigamon jaune).

Les Odonates ont été identifiés par observation directe et/ou capture ou par leurs exuvies lors de trois passages sur les sites.

Les orthoptères ont été identifiés par observation directe et/ou capture ou à l'ouïe.

- Hiérarchisation des enjeux

L'analyse du niveau de sensibilité écologique se fera site par site. Elle sera élaborée sur la base d'un tableau de synthèse des enjeux écologiques par unités de végétation indiquant la valeur floristique, phyto-écologique et faunistique associée.

Plusieurs cartes seront produites : des cartes de localisation des espèces végétales protégées et/ou d'intérêt patrimonial, des cartes concernant les espèces animales protégées et/ou d'intérêt patrimonial, des cartes concernant les habitats naturels, des cartes des résultats des indices (IBGN/A, IPR), des cartes concernant les espèces piscicoles protégées et/ou d'intérêt patrimonial...

Les méthodologies suivantes, réalisées par ECOTHÈME et HYDROSPHÈRE, ont déjà été utilisées dans le cadre de différents projets et s'appuyant sur les paramètres de bioévaluation validés par le Conseil Scientifique Régional de la Protection de la Nature de Picardie ainsi que les éléments de bioévaluation utilisables en région Nord/Pas-de-Calais.

- Méthodologie de la bioévaluation floristique et phyto-écologique

Cette bioévaluation utilise les critères suivants :

- les textes législatifs,
- les degrés de menace des espèces végétales au niveau régional,
- les indices de rareté des espèces végétales au niveau régional,
- la liste rouge régionale.

A chaque niveau de rareté ou de menace est attribuée une note. Pour chaque espèce, il s'agit de prendre la note la plus élevée. Ainsi, en fonction des espèces, ce sera le niveau de rareté ou de menace qui sera alors prépondérant.

Du fait des contraintes réglementaires qu'impose la présence d'une plante légalement protégée, il apparaît opportun d'en surévaluer son importance. C'est pourquoi, la note est multipliée par deux dans le calcul mathématique.



Etude d'impact

Les notes appliquées à chaque taxon sont les suivantes :

Menace régionale	Rareté régionale	Note	Taxon légalement protégé
Gravement menacé d'extinction (CR)	Exceptionnel (E)	16	32
Menacé d'extinction (EN)	Très rare (RR)	8	16
Vulnérable (VU)	Rare (R)	4	8
Dépendant de mesures de conservation (CD) Quasi menacé (NT)	Assez rare (AR)	2	4
-	Peu commun (PC)	1	2
Préoccupation mineure (LC) Insuffisamment documenté (DD) Non évalué (NE, ?)	Assez commun (AC) Commun (C) Très commun (CC)	0	0
Espèces non indigènes		0	-

L'addition des notes obtenues pour chaque taxon par unité de végétation permet d'obtenir une valeur de l'intérêt des unités de végétation. Le découpage des classes d'intérêt est le suivant :

Total des points	Valeur des unités de végétation
> 128	exceptionnelle
64 à 127	très élevée
32 à 63	élevée
16 à 31	assez élevée
8 à 15	moyenne
0 à 7	faible

Tableau 11 : Notes appliquées pour chaque taxon des unités de végétation

Facteurs de pondération : L'évaluation de la valeur des unités de végétation est également complétée par d'autres critères qualitatifs complémentaires tels que :

- l'éligibilité des unités de végétation au titre de l'annexe I de la directive « Habitats » 92/43/CEE ;
- la rareté et la menace des habitats. Cette notion est différente de la valeur floristique dans la mesure où cette dernière repose essentiellement sur la rareté des espèces végétales qui sont inféodées aux groupements végétaux, ce qui est différent de la rareté intrinsèque des habitats qui peuvent constituer des milieux très rares et menacés au niveau d'une région, même s'ils n'abritent pas systématiquement des espèces végétales d'intérêt patrimonial ;
- l'état de conservation de l'habitat, son degré d'artificialisation, ses services écosystémiques...

Sur cette base, les niveaux d'intérêt des unités de végétation obtenus par le calcul mathématique peuvent être réévalués à des niveaux supérieurs.

✚ Méthodologie de la bioévaluation faunistique

Cette bioévaluation utilise les critères suivants :

- les textes législatifs et réglementaires
- les indices de rareté et les degrés de menaces

DM : degrés de menace établis selon les critères UICN et validés par le CSRPN

CR	« en danger critique d'extinction »	espèces menacées d'extinction
EN	« en danger »	espèces menacées d'extinction
VU	« vulnérable »	espèces menacées d'extinction
NT	« quasi menacé »	espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises
LC	« préoccupation mineure »	espèce pour laquelle le risque d'extinction est faible
DD	« données insuffisantes »	espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes
NA	« non applicable »	espèce non soumise à évaluation
NE	« non évalué »	espèce n'ayant pas encore été confrontée aux critères de l'UICN

IR : indices de rareté en Picardie déterminés par l'association Picardie Nature et validés par le CSRPN :

- E : « exceptionnel » ;
- TR : « très rare » ;
- R : « rare » ;
- AR : « assez rare » ;
- PC : « peu commun » ;
- AC : « assez commun » ;
- C : « commun » ;
- TC : « très commun » ;
- INT : « introduit »

Tableau 12 : Notes appliquées pour chaque taxon des unités de végétation

Les statuts de rareté et de menace peuvent être adaptés, le cas échéant, à dire d'expert, afin d'assurer une meilleure cohérence avec les connaissances actuelles.

Sont considérées comme d'intérêt patrimonial les espèces « Assez rares » (AR) à « Exceptionnelles » (E) dans la région considérée et/ou ayant un degré de menace de « Quasi menacé » (NT) à « En danger critique d'extinction » (CR) dans la région considérée et/ou étant inscrites à l'annexe I de la directive « Oiseaux » ou à l'annexe II de la directive « Habitats ».

Remarque : Les listes rouges de la région Nord/Pas-de-Calais étaient en cours d'élaboration lorsque les inventaires ont été menés. En l'absence de listes de statut de rareté (en dehors des rhopalocères), la bio-évaluation a été faite sur la base d'une réactualisation « à dire d'expert » des listes rouges antérieures.

Facteurs de pondération : L'évaluation de la valeur faunistique des unités de végétation est également complétée par d'autres critères qualitatifs complémentaires tels que :

- la rareté et la menace des habitats. Certaines espèces sténocènes sont en effet liées à des habitats très spécifiques et parfois peu représentés régionalement. Ces habitats revêtent donc alors une valeur écologique intrinsèque supérieure à la seule valeur faunistique déterminée à partir d'espèce patrimoniale. Pour les habitats définis comme tels, nous proposons, en fonction des cas, de les surclasser d'une catégorie ;
- l'état de conservation de l'habitat, son degré d'artificialisation, ses services écosystémiques... ainsi nous proposons pour les habitats très artificialisés (cultures, carrières en exploitation...) et possédant un degré de naturalité faible de les déclasser, en fonction des cas, d'une catégorie.

En tout état de cause, les facteurs de pondération de la valeur faunistiques seront argumentés et développés au regard des différents cas particuliers rencontrés.

La délimitation des habitats des espèces animales s'appuiera sur la carte des unités de végétation. A noter, qu'un habitat peut regrouper plusieurs unités de végétation en fonction de la plasticité écologique des différentes espèces animales ou de la nécessité pour différentes espèces de disposer d'une « mosaïque » de milieux afin de satisfaire à la réalisation de leur cycle biologique.

La valeur faunistique est ainsi déterminée par unité de végétation. La valeur faunistique globale par type d'unité de végétation est atteinte par le groupe faunistique atteignant a priori la valeur la plus élevée. La valeur de chaque groupe n'est jamais cumulée.

Catégories de valeur faunistique La bio-évaluation faunistique reposera sur les classes de valeur définies ci-dessous. Dans le souci d'une cohérence complète des différents enjeux écologiques, ces classes sont en correspondance avec les classes de valeur phyto-écologique : Exceptionnelle, Très élevée, Elevée, Assez élevée, Moyenne, Faible.



Etude d'impact

Valeur des principaux groupes faunistiques

La valeur avifaunistique : Le tableau ci-après permet de définir le niveau de valeur avifaunistique.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	-	Reproduction d'au moins 4 espèces TR ou 8 espèces R	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	Importance internationale pour la migration et/ou l'hivernage de 2 espèces ou plus
Très élevé	-	Reproduction d'au moins 2 espèces TR ou 4 espèces R	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	Importance internationale pour la migration et/ou l'hivernage d'une espèce
Elevé	-	Reproduction d'une espèce TR ou de 2 espèces R ou de 4 espèces AR	Reproduction d'au moins 2 espèces considérées VU sur la liste rouge régionale	Importance nationale pour la migration et/ou l'hivernage
Assez élevé	-	Reproduction d'une espèce R ou de 2 espèces AR	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée VU ou 2 espèces considérées NT sur la liste rouge régionale	Importance régionale pour la migration et/ou l'hivernage Zone de gagnage préférentielle pour des espèces remarquables Présence d'au moins 5% de la population régionale d'une espèce
Moyen	Reproduction d'au moins 1 espèce citée à l'Annexe I de la Directive "Oiseaux" 79/409/CEE	-	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	milieux accueillant un grand nombre d'espèces nicheuses (forte diversité spécifique = un quart de la diversité spécifique régionale)
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			

La valeur mammalogique : Le tableau ci-dessous permet de définir le niveau de valeur mammalogique.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	-	Zone de reproduction ou d'hibernation* d'au moins 1 espèce TR ou E ou de 2 espèces R	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	-
Très élevé	-	Zone de reproduction ou d'hibernation* d'au moins 1 espèce R ou 3 espèces AR	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	Zone de reproduction ou d'hibernation* d'au moins 1 espèce inscrite à l'annexe II de la directive « Habitats » Zone de gagnage/ territoire de chasse** préférentiel d'espèces inscrites à l'annexe II de la directive « Habitats »
Elevé	-	Zone de reproduction ou d'hibernation* d'au moins 2 espèces AR ou de 3 espèces PC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée VU sur la liste rouge régionale	Zone de gagnage/ territoire de chasse** préférentiel d'espèces inscrites à l'annexe IV de la directive « Habitats » et au moins considérées comme rares
Assez élevé	-	Zone de reproduction ou d'hibernation* d'au moins 1 espèce AR, de 2 espèces PC ou de 3 espèces AC	Reproduction d'au moins 2 espèces considérées NT sur la liste rouge régionale	Axe de déplacement d'intérêt régional ou supra-régional (déplacement saisonnier) de la grande faune au sein de corridor écologique (cerf uniquement) Axe de déplacement privilégié par les chiroptères (toutes espèces confondues) Zone de gagnage/ territoire de chasse** préférentiel d'espèces d'intérêt régional (au moins assez rares dans la région considérée)
Moyen	-	Zone de reproduction ou d'hibernation* d'au moins 1 espèce PC ou de 2 espèces AC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	-
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			

* l'intérêt des cavités d'hibernation sera cependant adapté « à dire d'expert » en fonction des effectifs accueillis

** : la valeur écologique des zones de gagnage/terrain de chasse sera cependant adaptée « à dire d'expert » en fonction de la densité des contacts relevés



Etude d'impact

La valeur batrachologique : Le tableau ci-après permet de définir le niveau de valeur batrachologique.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	-	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce TR ou E ou de 2 espèces rares	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	-
Très élevé	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce inscrite à l'annexe II de la directive « Habitats »	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce R ou 3 espèces AR	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	-
Elevé	-	Habitat de reproduction/repos d'au moins 2 espèces AR ou de 3 espèces PC	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce considérée VU sur la liste rouge régionale	Axe de déplacement à forte fréquentation d'amphibiens (plusieurs milliers d'individus concernés)
Assez élevé	-	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce AR, de 2 espèces PC ou de 3 espèces AC	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	Diversité spécifique de la zone d'étude correspondant à au moins un quart de la richesse spécifique régionale Axe de déplacement à forte fréquentation d'amphibiens (plusieurs centaines d'individus concernés)
Moyen	-	Habitat de reproduction/repos d'au moins 1 espèce PC ou de 2 espèces AC	-	-
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			

La valeur herpétologique : Le tableau ci-après permet de définir le niveau de valeur herpétologique.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	-	Reproduction d'au moins 1 espèce TR ou E ou de 2 espèces rares	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	-
Très élevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce R ou 2 espèces AR	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	-
Elevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce AR ou de 2 espèces PC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée VU sur la liste rouge régionale	-
Assez élevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce PC ou de 2 espèces AC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	Diversité spécifique de la zone d'étude correspondant à un quart de la richesse spécifique régionale
Moyen	-	Reproduction d'au moins 1 espèce AC	-	-
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			



Etude d'impact

La valeur odonatologique : Le tableau ci-après permet de définir le niveau de valeur odonatologique.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	Reproduction d'au moins 2 espèces inscrites à l'annexe II de la directive « Habitats » 92/43/CEE et/ou légalement protégée au niveau national	Reproduction d'au moins 2 espèces TR ou 1 E ou de 2 espèces R	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	-
Très élevé	Reproduction d'au moins 1 espèce inscrite à l'annexe II de la directive habitats 92/43/CEE et/ou légalement protégée au niveau national	Reproduction d'au moins 1 espèce TR, 2 espèces R ou 4 espèces AR	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	-
Elevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce R, 2 espèces AR ou de 3 espèces PC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée VU sur la liste rouge régionale	-
Assez élevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce AR, de 2 espèces PC ou de 6 espèces AC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	Diversité spécifique de la zone d'étude correspondant à au moins un quart de la richesse spécifique régionale
Moyen	-	Reproduction d'au moins 1 espèce PC ou de 3 espèces AC	-	-
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			

Remarque : l'intérêt des zones de maturation éventuellement découverte sera évalué « à dire d'expert » en fonction de la patrimonialité et des effectifs des espèces accueillies

La valeur orthoptérologique : Le tableau ci-après permet de définir le niveau de valeur orthoptérologique.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	-	Reproduction d'au moins 1 espèce TR ou E ou de 2 espèces R	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	-
Très élevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce R ou 3 espèces AR	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	-
Elevé	-	Reproduction d'au moins 2 espèces AR ou de 3 espèces PC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée VU sur la liste rouge régionale	-
Assez élevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce AR, de 2 espèces PC ou de 3 espèces AC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	-
Moyen	-	Reproduction d'au moins 1 espèce PC ou de 2 espèces AC	-	-
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			



Etude d'impact

La valeur liée aux Lépidoptères rhopalocères : Le tableau ci-après permet de définir le niveau de valeur lié aux Lépidoptères rhopalocères.

Critères de définition du niveau faunistique	Textes réglementaires (européens ou nationaux)	Statuts de rareté régionale	Degrés de menace régionale	Critères de fonctionnalité
Exceptionnel	Reproduction d'au moins 1 espèce inscrite à l'annexe II de la directive « Habitats » 92/43/CEE et légalement protégée au niveau national	Reproduction d'au moins 1 espèce TR ou E ou de 2 espèces R	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée CR sur la liste rouge régionale	-
Très élevé	Reproduction d'au moins 1 espèce inscrite à l'annexe II de la directive habitats 92/43/CEE ou légalement protégée au niveau national	Reproduction d'au moins 2 espèces R ou 4 espèces AR	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée EN sur la liste rouge régionale	-
Elevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce R, 2 espèces AR ou de 3 espèces PC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée VU sur la liste rouge régionale	-
Assez élevé	-	Reproduction d'au moins 1 espèce AR, de 2 espèces PC ou de 4 espèces AC	Reproduction d'au moins 1 espèce considérée NT sur la liste rouge régionale	Diversité spécifique de la zone d'étude correspondant à au moins un quart de la richesse spécifique régionale
Moyen	-	Reproduction d'au moins 1 espèce PC ou de 2 espèces AC	-	-
Faible	Il s'agit de tous les autres cas			

2.2.5 Modélisations des continuités écologiques (Terroiko 2015)

L'étude des continuités écologiques et la bioévaluation de l'état de conservation des espèces ont été réalisées par TerrOïko à l'aide d'outils de modélisation spatiale innovants tel que Zonation (Moilanen and Kujala 2008) et MetaConnect (Moulherat et al. submitted), développés dans le cadre du projet européen SCALES (www.scales-project.net).

2.2.5.1 Aire d'étude

L'étude des continuités écologiques et la bio-évaluation de l'état de conservation des espèces a été réalisée sur les 107 km de CSNE au niveau d'une zone tampon d'une étendue de 5 km de part et d'autre de la bande DUP (bande DUP incluse).

Cette aire d'étude est assez vaste pour évaluer à fine échelle l'impact du projet sur les déplacements des espèces les plus sensibles à la fragmentation, par leurs faibles capacités de dispersion (<5 km, amphibiens, reptiles, insectes) et les modifications de comportement de dispersion des espèces à larges capacités de dispersion (grand mammifères, oiseaux, chiroptères).

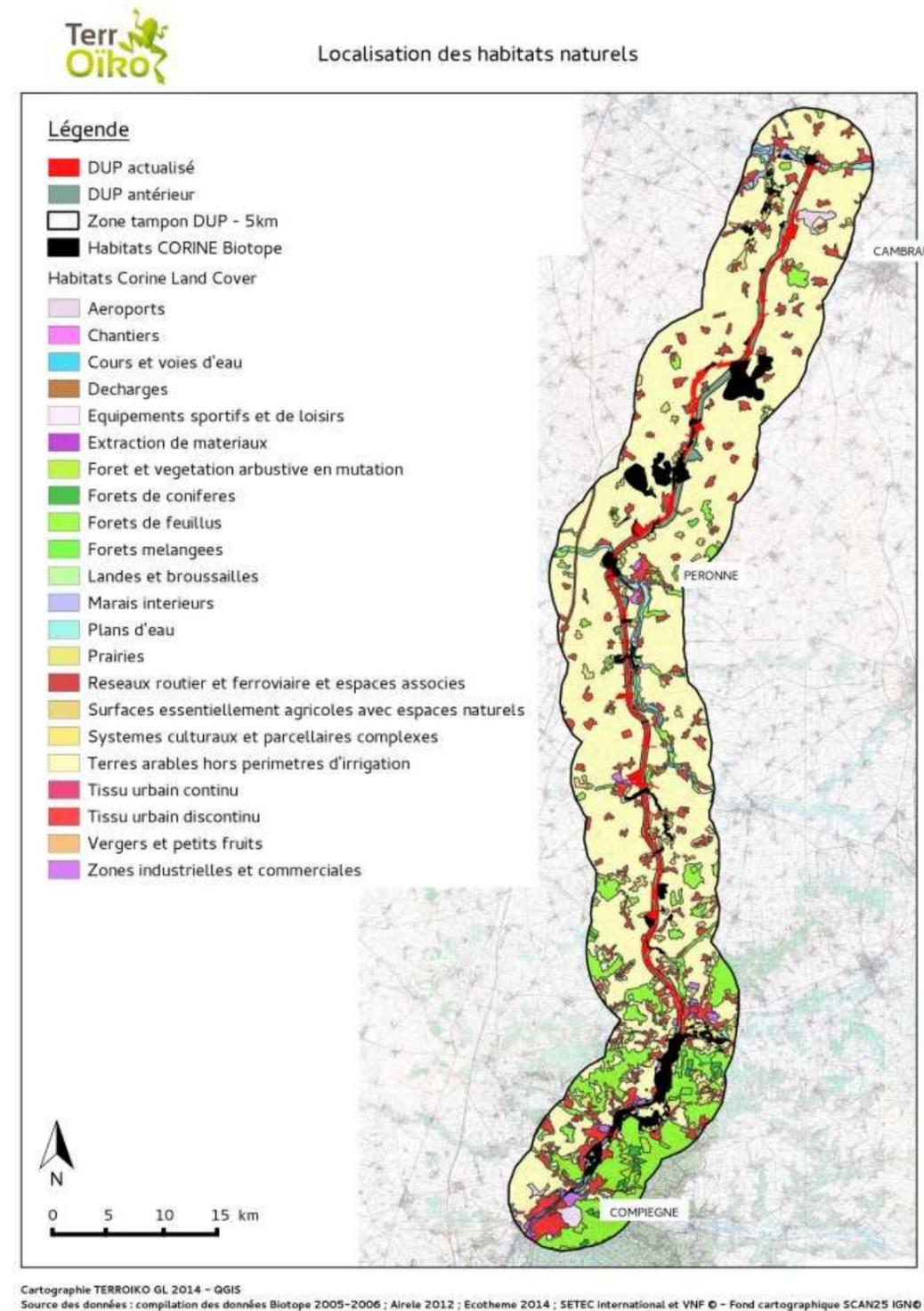


Figure 24 : Aire d'étude des connectivités (Source : Terroiko).

2.2.5.2 Compilation des données disponibles

L'occupation du sol et la carte des habitats naturels étant le support de la modélisation, les données suivantes ont été compilées en amont de l'étude :

- Cartographie des habitats naturels issue des inventaires d'Ecothème de 2012 et 2014, voire des études de 2006 pour la bande DUP et ses environs, complétée par la base de données CORINE Land Cover pour les zones non inventoriées. Les habitats ont été convertis en EUNIS pour uniformiser la dénomination des milieux sur l'aide d'étude.
- Données d'inventaires, localisation des observations et description de la qualité des milieux : Biotope 2005 – 2006, Airele 2010, Ecothème 2012 et 2014.
- Données démographiques (survie, fécondité,) issues de la littérature scientifique.

2.2.5.3 Choix des espèces cibles à modéliser

Des espèces cibles ont été choisies pour alimenter la modélisation sur le fonctionnement des populations animales et végétales (dynamiques des populations et flux d'individus) de façon à identifier les continuités écologiques et extrapoler les effets du projet CSNE sur ces espèces au fil du temps.

Elles ont été choisies selon trois critères :

- leur appartenance à une des deux sous-trames susceptibles d'être impactées significativement par CSNE : la sous-trame humide et la sous-trame forestière, identifiée à enjeu dans les SRCE de Picardie et Nord-Pas de Calais.
- les traits d'histoire de vie de l'espèce. Les espèces choisies doivent :
 - o Etre des espèces-parapluie ;
 - o Avoir une capacité de dispersion inférieure à 100 km (soit l'échelle du projet) et des temps de génération variés ;
 - o Avoir été inventoriées au cours des inventaires passés ;
 - o Avoir un cycle de vie, un mode et une capacité de dispersion bien décrits dans la littérature scientifique ;
 - o Etre une espèce reconnue sensible aux travaux prévus ;
 - o Etre une espèce à enjeu important, inscrite sur la liste rouge régionale ou nationale.

Leur capacité à constituer un modèle biologique intéressant pour les suivis post-travaux (facilité d'observation, de capture et de manipulation) afin d'évaluer les mesures d'intégration.

En conclusion, les espèces suivantes ont été modélisées :

- trame forestière :
 - o La salamandre tachetée
 - o L'écureuil roux
- trame des milieux humides :
 - o Le triton crêté
 - o Le martin pêcheur d'Europe
 - o La crossope aquatique

2.2.5.4 Réservoirs de biodiversité

✚ Déclinaison des travaux préparatoires aux SRCE de Picardie et Nord-Pas de Calais à l'échelle du projet de canal Seine-Nord-Europe

Dans la construction des SRCE de Picardie et Nord-Pas de Calais (échelle 1 :100 000), les noyaux de biodiversité sont uniquement constitués par les zones protégées. A plus petite échelle, il est aussi nécessaire de préciser la fonctionnalité de ces réservoirs au regard de leur intérêt écologique à travers leur richesse (diversité) en espèce.

Ainsi, dans cette étude les réservoirs de biodiversité sont identifiés au regard de leur richesse en espèces obtenue par extrapolation des inventaires réalisés lors des études précédentes. L'utilisation d'outils de priorisation de mise en réserve sert à déterminer la localisation de réservoirs de biodiversité adaptés à l'échelle de travail de l'étude (1 :25 000) et complémentaires à ceux identifiés par les SRCE de Picardie et Nord-Pas de Calais sur des critères réglementaires (sites bénéficiant de statuts de protection : Natura 2000, ZNIEFF I ...).

✚ Méthodologie d'identification des noyaux de biodiversité

La méthodologie d'identification des noyaux de biodiversité utilisée par TerrOïko est basée sur l'approche développée par Kukkala et Moilanen (2012) au sein de projets de recherche européens par le laboratoire « Biodiversity conservation informatics group » (université d'Helsinki) pour répondre aux besoins de priorisation de protection des milieux naturels des politiques territoriales. Cette approche propose un schéma robuste et efficace de réalisation en quatre phases :

- Identification/définition des objectifs de conservation
- Compilation de l'information disponible
- Evaluation de la fonctionnalité des réseaux de protection existants
- Extension/amélioration des réseaux existants

Les étapes 3 et 4 de cette méthodologie nécessitent le déploiement d'outils de priorisation de mise en réserve basés sur des analyses multicritères développés par cette même équipe de recherche (Moilanen and Kujala 2008).

Les outils déployés par TerrOïko dans cette étude permettent d'identifier les secteurs d'intérêts majeurs en termes de conservation de la diversité des espèces et de contrôler l'adéquation entre les réservoirs de biodiversité identifiés par les SRCE (1 :100 000) et leurs déclinaisons à l'échelle du projet de Canal Seine-Nord-Europe.

Les résultats produits par les outils de priorisation de mise en réserve déterminent pour chaque maille de 5 m X 5 m de la zone d'étude un score en fonction de leur intérêt en termes de richesse en espèces qui bénéficie de la protection de la maille. Dans un second temps, les scores des mailles sont classés par ordre de priorité (i.e. 5% des mailles permettant de conserver un maximum de biodiversité).

✚ Méthodologie d'évaluation des modifications de fonctionnalité des noyaux de biodiversité

Les effets sur la fonctionnalité des réservoirs de biodiversité de la construction du Canal Seine-Nord-Europe sont évalués en estimant les variations de score de priorisation (score anté-projet – score post-projet) de toutes les mailles de la zone d'étude. Les améliorations de fonctionnalité sont dès lors représentées par des valeurs positives (accroissement du score de priorisation par rapport à la situation actuelle) et les pertes de fonctionnalité par des valeurs négatives.

✚ Identification de l'intérêt actuel des secteurs en fonction de leur potentiel en diversité des espèces

L'identification de l'intérêt conservatoire du périmètre d'étude étendu a été réalisée à l'aide de deux approches complémentaires.

- Fonctionnalité des réservoirs de biodiversité des SRCE Nord-Pas de Calais et Picardie

La première approche permet de contrôler la fonctionnalité des réservoirs de biodiversité identifiés par les SRCE au regard de leur capacité à protéger un nombre important d'espèces. Pour ce faire, la priorisation de mise en réserve est réalisée sans a priori (les secteurs protégés et les réservoirs de biodiversité des SRCE ne sont pas considérés comme optimaux pour conserver la biodiversité). La fonctionnalité des réservoirs de biodiversité est dès lors identifiée par leur score de priorisation. C'est-à-dire que plus un réservoir est fonctionnel (permet de conserver un nombre important d'espèces), plus le score moyen des mailles qui le composent est proche de 1 (niveau de priorisation maximum).

Globalement, les secteurs de plus fort intérêt conservatoire se concentrent le long des cours d'eau et des massifs forestiers. Les réservoirs de biodiversité identifiés par les SRCE de Picardie et Nord-Pas de Calais semblent actuellement fonctionnels. Les bois d'Havrincourt (planche 17) et de Bourlon (planche 18) semblent ne présenter qu'un intérêt limité en tant que réservoir de biodiversité au regard des données d'inventaires disponibles.

- Réservoirs biologiques complémentaires

La seconde approche vise à identifier les secteurs permettant de maximiser la protection de la diversité des espèces en considérant que les espaces protégés (identifiés comme réservoirs de biodiversité dans les SRCE ou bénéficiant d'un statut particulier) font parties, a priori, des zones de protections optimales et sont donc exclus de l'analyse. Cette approche permet d'identifier et de hiérarchiser les secteurs d'intérêts conservatoires qui n'auraient pas été détectés dans les SRCE.

Il apparaît ainsi que les secteurs de Beaulieu-les-Fontaines, Cléry-sur-Somme, le nord-est de Hermies et Marquions présentent le plus d'intérêt à des fins de conservation de la diversité des espèces.

2.2.5.5 Modélisation spatiale de l'état initial des continuités écologiques par sous trame

La modélisation des continuités a pour objectifs de :

- Définir la présence et la localisation d'axes de déplacement des espèces cible
- Hiérarchiser l'importance de ces axes de déplacement au regard du comportement de dispersion des espèces cibles,

✚ Méthodologie détaillée d'évaluation de l'« effet » du paysage sur les capacités de déplacement des espèces parapluies : fonctionnalité des corridors écologiques constitutifs des sous-trames

La méthodologie mobilisée par TerrOïko pour évaluer la fonctionnalité des réservoirs biologiques est adaptée des travaux conceptuels de Baguette et al. (2012; 2013) et consiste à définir la fonctionnalité d'un réseau écologique en compilant les résultats de simulation des déplacements d'espèces parapluies sélectionnées pour leurs caractères représentatifs d'un large panel d'espèces inféodées aux sous-trames étudiées.



Etude d'impact

TerrOïko a réalisé des simulations de dynamique de meta-populations à l'aide de l'outil de simulation numérique de dynamique de meta-populations MetaConnect développé par la station d'écologie expérimentale du CNRS à Moulis et TerrOïko (Moulherat et al. submitted). MetaConnect nécessite un paramétrage spécifique pour chacune des espèces de l'étude, qui reprend leurs caractéristiques biologiques (habitat, fécondité, longévité, comportement en dispersion...) d'une part, et la cartographie de l'occupation du sol d'autre part afin de simuler les dynamiques de population et de déplacement des espèces choisies.

A partir de ces informations, et pour chaque espèce, les simulations sont réalisées en supposant :

- que tous les patches d'habitats favorables sont occupés par le maximum d'individus qu'ils peuvent accueillir. Cette hypothèse permet d'identifier les patches d'habitat favorables susceptibles de maintenir par leur seule taille et/ou qualité des populations viables (populations sources), les patches d'habitats trop petits, de trop mauvaise qualité ou trop isolés pour accueillir des individus (non-populations) et les patches d'habitats dépendants de leur mise en réseau pour maintenir des individus en leur sein (populations puits).
- qu'au départ des simulations, la population globale est d'un point de vue génétique à l'équilibre de Hardy-Weinberg (c'est-à-dire dans un état génétique homogène, idéal, dans lequel, aucune consanguinité n'est observée).

Ces deux hypothèses permettent d'identifier dans une situation initialement théoriquement parfaite pour l'espèce étudiée, comment la structure du paysage va modifier :

- les dynamiques populationnelles,
- les dynamiques de déplacement des individus,
- les dynamiques génétiques des populations.

Cela permet de déterminer l'« effet » de la structure paysagère sur le fonctionnement des meta-populations d'espèces simulées et d'évaluation de l'occupation de l'espace par les espèces inféodées aux sous-trames étudiées.

La fonctionnalité des corridors des sous-trames est alors déterminée en combinant les résultats obtenus pour les différentes espèces parapluies. Ainsi, en prenant l'exemple ci-dessous, lorsque deux espèces parapluies sont choisies pour caractériser une sous-trame, la fonctionnalité de la sous-trame considérée est déterminée en combinant les résultats sur l'information de l'occupation de l'espace par ces deux espèces. Dans ce cas, une portion de cette sous-trame est considérée pleinement fonctionnelle (100%) lorsqu'elle est fréquemment empruntée par les deux espèces parapluies (en moyenne au moins deux fois par an). A l'opposée, un secteur est considéré comme non fonctionnel (0%) lorsque celui-ci n'a été qu'exceptionnellement visité et donc rarement atteint (\leq une seule fois sur la période de simulation).

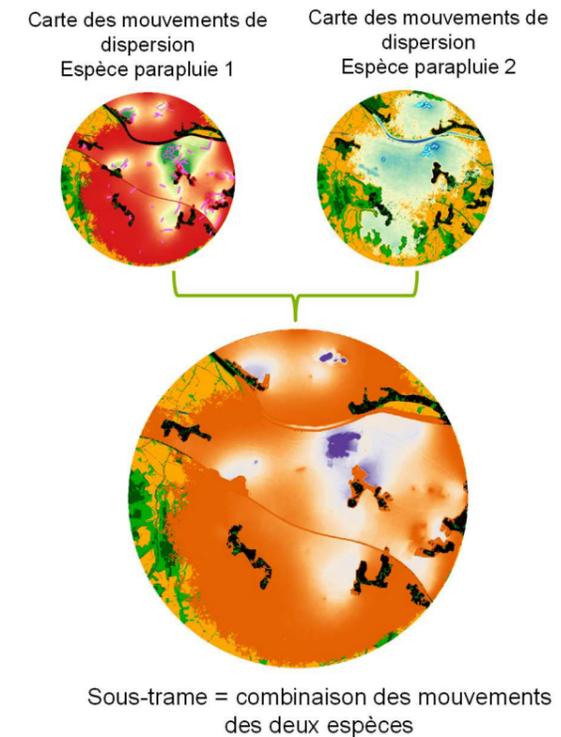


Figure 25 : Exemple de carte de synthèse intégrant les résultats de simulation obtenus pour deux espèces (Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) et Orthetrum bleuissant (*Orthetrum coerulescens*)) d'une sous-trame humide.

🚦 Simulations numériques

- Horizon de simulation et cadence d'enregistrement des résultats

L'étude des continuités écologiques est réalisée à l'aide de simulations numériques (MetaConnect) dont l'horizon (nombre de pas de temps simulés) est déterminé de sorte que les dynamiques de population soient stabilisées pendant les 10 derniers pas de temps qui seront analysés. Ainsi, l'horizon de simulation est de 40 ans pour l'écureuil roux, la crossope aquatique et le triton crêté et de 70 ans pour la pipistrelle commune, la salamandre tachetée et le martin-pêcheur d'Europe.

Au cours des simulations, les résultats sont enregistrés à chaque pas de temps.

- Méthode de Monte-Carlo

MetaConnect est un simulateur stochastique (qui prend en considération les phénomènes aléatoires). Chaque simulation est indépendante et malgré des conditions initiales similaires, les résultats finaux sont différents du fait de la modélisation des événements aléatoires intégrés dans le modèle pour ajouter du réalisme (variabilité des conditions météorologiques, etc). C'est pourquoi il est nécessaire de réaliser plusieurs simulations sous les mêmes conditions initiales (5 dans le cadre de cette étude). Les résultats finaux produits par TerrOiko correspondent à l'analyse des groupes de 5 simulations qui permettront de dégager les tendances moyennes à l'issue des 40-70 ans de simulation et d'estimer l'incertitude de ces tendances.

✚ Contrôle de la qualité des simulations permettant l'évaluation de la fonctionnalité des corridors biologiques

Les simulations numériques de dynamique des meta-populations d'espèces cibles et de leurs déplacements sont réalisées à partir des caractéristiques biologiques de ces espèces et de l'occupation du sol du secteur d'étude. La carte d'occupation du sol permet d'identifier les patches d'habitats favorables à ces espèces et la structure de la matrice paysagère dans laquelle elles se déplacent. A l'exception des chauves-souris, **ces simulations ne se basent pas sur les informations de présence/absence** établies lors des inventaires faunes/flores. **Les informations de présence/absence des espèces cibles sont utilisées comme contrôle de la qualité des résultats** des simulations et permettent de les mettre en perspective.

Ainsi, une bonne congruence entre résultats de simulation et localisation des points d'observation des espèces lors des inventaires permet d'évaluer le niveau d'incertitude d'une simulation et d'en moduler les interprétations.

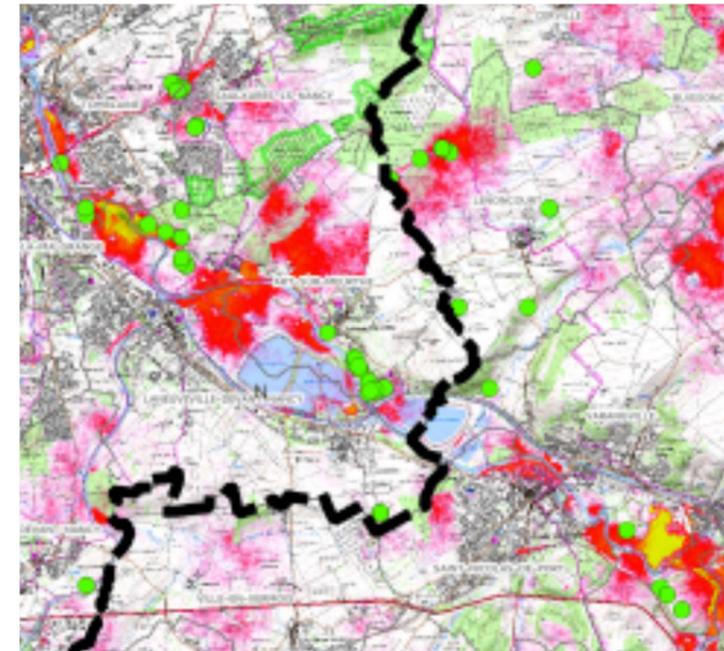


Figure 26 : Observations et simulations numériques de dynamique des méta-populations

Sur cet exemple, les points d'observation de l'espèce simulée (ronds verts) se superposent aux secteurs dans lesquelles les simulations estiment que l'espèce va se déplacer préférentiellement et l'agrégation des observations autour de secteurs prédits à forte fréquentation (en jaune et vert) montre que la simulation est d'excellente qualité (faible incertitude sur les prédictions).

2.2.5.6 Méthodologie de la bio-évaluation

✚ Approche adoptée pour réaliser la bio-évaluation

La bio-évaluation réalisée avec MetaConnect rend compte des dynamiques de population et de flux d'individus potentiels. C'est-à-dire que les simulations sont réalisées dans des conditions « idéales » pour l'espèce considérée. Ainsi au début de la simulation, tous les patches d'habitats favorables présentent des populations d'espèces étudiées au maximum de leurs capacités d'accueil et la diversité génétique est bonne (à l'équilibre de Hardy-Weinberg pour 10 loci polymorphiques à 10 allèles). Cela consiste à partir d'un état initial sans a priori sur le fonctionnement des meta-populations dans chacun des patches.



Etude d'impact

Au cours des années de simulation, le fonctionnement démographique va faire évoluer les caractéristiques des méta-populations dans les différents patchs d'habitat permettant de comprendre le rôle de la structure paysagère actuelle sur l'état de conservation des espèces étudiées. Cette méthodologie permet de mettre en évidence principalement :

- l'impact de la fragmentation des habitats sur les populations étudiées. Cet impact peut être mis en évidence par une réduction rapide des tailles de population dans les premiers pas de temps des simulations en raison de l'extinction des populations des patchs de taille trop petites et insuffisamment connectés.
- la fonctionnalité des éléments paysagers à supporter des populations et à favoriser les déplacements d'individus. Dans les premiers pas de temps des simulations, tous les patchs d'habitat comprenant le maximum d'individus possibles, les éléments paysagers permettant une dispersion fonctionnelle sont identifiés et les patchs d'habitat trop petits ou trop mal connectés voient leurs populations s'éteindre définitivement.
- l'effet structurant du paysage sur la génétique des populations des espèces cibles. Les patchs d'habitats isolés voient leur diversité génétique décroître.

Attention : Les résultats de ces simulations sont à prendre avec précaution. En effet, le but de cette étude n'est pas de réaliser une étude de viabilité des différentes espèces mais de détecter les modifications probables que pourrait engendrer le Canal Seine-Nord-Europe sur l'état de conservation des espèces. C'est donc les variations des différentes métriques (étude relative entre les projections des impacts du Canal et l'état de référence) qui seront le support de l'analyse et des recommandations plutôt que les résultats absolus.

📍 Métriques de la bio-évaluation conduite avec MetaConnect et leur représentation cartographique

La bio-évaluation est conduite en réalisant des simulations numériques de dynamique de populations d'espèces potentiellement fortement impactées par le projet de Canal Seine-Nord-Europe à l'aide de MetaConnect (détail du fonctionnement de MetaConnect en Annexe D). Les simulations ainsi réalisées permettent d'évaluer l'état de conservation des espèces au regard de :

- leur probabilité d'extinction à l'échelle du site d'étude,
- la taille estimée de leurs populations,
- les déplacements des individus,
- leur diversité génétique simulée (H_o , l'hétérozygotie observée est une métrique donnant une indication du niveau de consanguinité d'une population) et l'isolement génétique des populations simulées (nombre de sous-populations génétiquement significativement différenciables)

Chacune de ces métriques (probabilité d'extinction, taille de population par patch et diversité génétique) est représentée cartographiquement sous la forme d'un gradient de couleur associé aux patchs d'habitats favorables à l'espèce. Sur chacune de ces cartes est aussi représentée la fréquence de fréquentation de chaque maille de 5 m X 5 m lors des événements de dispersion écologique.

La dispersion écologique rend compte de la fonctionnalité d'un corridor entre 2 patchs d'habitats favorables puisqu'elle correspond au passage réussi d'un individu d'un patch d'habitat à un autre dans le but de se reproduire. Les tentatives de dispersion manquées (mort en dispersion, sortie de la zone d'étude,...) ou les déplacements réalisés à d'autres fins que la dispersion (nourrissage, recherche de partenaire,...) ne sont pas représentés. Pour la fréquentation des mailles, la classe « passage unique » correspond à des fréquentations exceptionnelles (un unique passage sur l'ensemble des répétitions de simulations et des périodes de temps simulés pour une espèce donnée). Deux raisons peuvent expliquer la classe de passage unique : soit une très faible taille de la population d'individus dispersant (moins le nombre d'individus dispersant est grand plus la probabilité que le chemin utilisé par un individu soit unique) soit une incompatibilité entre le couvert végétal de la maille et l'utilisation par l'espèce (événement exceptionnel d'une espèce passant dans un secteur pour lequel elle n'a aucune affinité).

📍 Aires d'étude de la bio-évaluation

Les aires d'étude ont été déterminées à partir des noyaux d'observation des espèces sélectionnées et étendues à un secteur circulaire dont le rayon est de 5 km et compris dans les 5 km de part et d'autre de la bande DUP pour les mêmes raisons d'optimisation des surfaces à étudier et de normalisation de notre protocole d'étude que pour l'analyse des continuités. Pour les espèces largement représentées le long du tracé du canal ainsi que les espèces à fort pouvoir dispersant, les aires d'études dites « globales » couvrent l'ensemble de la bande DUP et des 5 km de part et d'autre de celle-ci. Les aires d'étude utilisées pour chaque espèce sont décrites dans le tableau ci-dessous. Il est à noter cependant que concernant le peucedan des marais, bien que la simulation ait été réalisée sur la globalité de l'aire d'étude, seul la partie pour laquelle le Modèle Numérique de Terrain (MNT) est disponible est pertinente.

Espèce	Secteur d'étude
Bouscarle de cetti (<i>Cettia cetti</i>)	Globale
Martin pêcheur d'Europe (<i>Alcedo atthis</i>)	Globale
Oreillard roux (<i>Plecotus auritus</i>)	Globale
Murin de Daubenton (<i>Myotis daubentonii</i>)	Globale
Crossope aquatique (<i>Neomys fodiens</i>)	Peronne
Chat forestier (<i>Felis sylvestris</i>)	Globale : Pas de données d'inventaires (inventaire national)
Ecureuil roux (<i>Sciurus vulgaris</i>)	Globale : Pas de données d'inventaires (inventaire national)
Triton palmé (<i>Lissotriton helveticus</i>)	Globale
Triton crêté (<i>Triturus cristatus</i>)	Ribécourt-Dreslincourt Marais d'Aubigny
Peucedan des marais (<i>Peucedanum palustre</i>)*	Global :

🚧 Simulations numériques

- Horizon de simulation et cadence d'enregistrement des résultats

L'étude de bio-évaluation est réalisée à l'aide de simulations numériques (MetaConnect) dont l'horizon (nombre de pas de temps simulés) est déterminé de sorte que les dynamiques de population soient stabilisées pendant les 10 derniers pas de temps qui seront analysés. Ainsi, l'horizon de simulation est de 40 ans pour toutes les espèces étudiées à l'exception du martin-pêcheur d'Europe et de l'oreillard roux pour lesquels 70 ans ont été simulés et le peucedan des marais qui a été simulé sur une période de 100 ans en raison des très fortes densités potentielles.

Au cours des simulations, les résultats sont enregistrés à chaque pas de temps.

- Méthode de Monte-Carlo

MetaConnect est un simulateur stochastique (qui prend en considération les phénomènes aléatoires). Chaque simulation est indépendante et malgré des conditions initiales similaires, les résultats finaux différents du fait de la modélisation des événements aléatoires intégrés dans le modèle pour ajouter du réalisme (variabilité des conditions météorologiques, etc). C'est pourquoi il est nécessaire de réaliser plusieurs simulations sous les mêmes conditions initiales (5 dans le cadre de cette étude).

Les résultats finaux produits par TerrOïko correspondent à l'analyse des groupes de 5 simulations qui permettront de dégager les tendances moyennes à l'issue des 40 à 100 ans de simulation et d'estimer l'incertitude de ces tendances.

2.2.5.1 Modélisation spatiale de l'impact résiduel par sous trame

L'analyse des effets du projet a également été effectuée par modélisation selon la même méthodologie que la modélisation de l'état initial des continuités écologiques.

Plus précisément il s'agit des impacts résiduels dans la mesure où elle tient compte des mesures de réduction telles que fixées sur la carte « Aménagements écologiques » de l'atlas cartographique (pièce 11).



2.3 ETUDES SUR LE MILIEU HUMAIN

2.3.1 Modélisation acoustique

2.3.1.1 Topographie et occupation du sol

Les données topographiques et la géométrie ont été récupérées de la modélisation de 2006 pour la partie du projet inchangée. Pour le bief de partage, la BD Topo de l'IGN (2014) a été utilisée pour compléter la topographie aux abords du projet, ainsi que les bâtiments. La géométrie du projet a été complétée à l'aide des fichiers informatiques fournis par VNF et issus de l'APSM de 2014.

La couche « bâti » de la BD Topo de 2014 a également servi à mettre à jour les bâtiments construits entre 2006 et 2014 et situés dans l'aire d'étude rapprochée, le long de l'ensemble du projet.

2.3.1.2 Emissions sonores

✚ En phase exploitation

En l'absence de méthode spécifique applicable aux canaux à grand gabarit, celle de 2006 a été à nouveau appliquée.

Ainsi, les émissions sonores suivantes ont été considérées :

- les spectres moyens au passage des bateaux ont été repris des études précédentes de 2006 et de 2013 (étude MAGEO), car aucune évolution n'est à noter entre les émissions sonores des bateaux depuis 2006. Les spectres moyens sont distingués par type de bateau : bateaux de plaisance, péniches (Freycinet et Campinois) et « pousseurs ». En cohérence avec les hypothèses retenues en 2006 et les études acoustiques de MAGEO, il a été considéré que le trafic fluvial se répartissait pour deux tiers entre 6h et 22h et pour un tiers entre 22h et 6h. Les plateformes ne fonctionnant qu'entre 6h et 22h, un calcul supplémentaire a été fait en période de jour, aux abords des plateformes, afin de vérifier le respect des objectifs acoustiques dans ces secteurs. Comme dans les études précédentes, les passages de bateaux de plaisance ont été estimés à 10 par jour (entre 6h et 22h). La projection du trafic et la structure de la flotte en 2030 et 2060 ont été fournis par VNF.
- le bruit représentatif des activités de chargement et de déchargement au niveau des plateformes logistiques a été caractérisé grâce à des mesures in situ faites en 2007 (étude AcoustB).

Les émissions sonores de l'ensemble des écluses de CSNE ont été assimilées, comme en 2006, au spectre acoustique de l'écluse la plus bruyante, de jour comme de nuit. Par ailleurs, le doublement des écluses étant envisagé à terme, il est considéré dans les calculs que toutes les écluses seront doublées dès 2030.

- Pour les voies routières et ferroviaires : la modélisation tient compte des voies existantes et des voies nouvelles et compare, à l'horizon 2030 et 2060, les niveaux de bruit aux abords des dessertes routières et ferroviaires des plateformes, avec ou sans réalisation du projet.
- Les trafics PL et ferroviaires proviennent de l'étude AcoustB de 2007 et sont affectés à 100% à la période diurne. Les taux d'évolution et la répartition journalière des trafics sont issus des documents du SETRA de 2007 (« Production des cartes de bruit stratégiques des grands axes routiers et ferroviaires » et note « Calcul prévisionnel de bruit routier »).
- Les convois ferroviaires du modèle comprennent : une locomotive de type BB22000, de 20 wagons de fret divers et de 25 wagons Wtremie. Leurs émissions sonores sont fournies par SNCF Réseau dans le document « Méthode et données d'émissions sonores pour la réalisation des études prévisionnelles du bruit des infrastructures de transport ferroviaire dans l'environnement » (2012).

✚ En phase travaux

Pour la modélisation du bruit de chantier, deux types de travaux parmi les plus bruyants ont été retenus : le battage de palplanches et les opérations de terrassements, sur les deux secteurs les plus proches d'habitations (hors du périmètre soumis à l'enquête). Une extrapolation est ensuite réalisée sur l'ensemble du tracé.

Les niveaux de bruit à attendre sont calculés à hauteur des bâtiments proches, sur la base :

- de données de mesures issues de retours d'expérience ;
- de données bibliographiques, notamment issues du guide du SETRA « Maîtrise du bruit des chantiers de construction des infrastructures de transports terrestres » ;
- des données issues de l'étude de 2007.

2.3.1.3 Paramètres de calculs du modèle

Une fois la maquette 3D du site réalisée dans le logiciel de modélisation acoustique, la géométrie du projet est intégrée, ainsi que les sources de bruit selon les hypothèses retenues. La dernière étape consiste à paramétrer les calculs de façon à tenir compte des particularités de l'environnement qui influent sur les niveaux sonores, à savoir :

- le coefficient d'absorption du sol : il est paramétré à 0 pour l'eau du canal et à 0,7 pour le sol (1 étant un sol totalement absorbant) ;
- les conditions météorologiques : elles sont considérées comme toujours favorables à la propagation du bruit.

2.3.1.4 Limites de l'étude

Les données d'entrée utilisées sur les émissions acoustiques des canaux (bateaux et écluses) sont issues de campagnes de mesures de bruit, qui ont été jugées représentatives de la situation du projet CSNE ; toutefois, peu de données bibliographiques sont disponibles sur le sujet et la littérature ne propose pas de valeurs de référence à utiliser. Par ailleurs, les méthodes de calcul utilisées dans les logiciels de modélisation acoustique sont adaptées aux sources de bruit routières, ferroviaires ou industrielles, mais n'ont pas été spécifiquement développées pour tenir compte du bruit des canaux à grand gabarit.

2.3.2 Modélisation de la qualité de l'air

L'impact du projet du canal Seine-Nord Europe sur la qualité de l'air a été modélisé en 2005 par ACRI-ST. Cette étude a fait l'objet d'une mise à jour en 2015 par ACRI-HE pour prendre en compte l'évolution de l'environnement et les évolutions du projet.

2.3.2.1 Aire d'étude

L'aire d'étude est similaire à celle retenue par ACRI-ST en 2005, soit d'Arras à Compiègne pour l'étendue Nord-Sud et de Saint-Quentin à Amiens pour l'étendue Est-Ouest. L'aire d'étude couvre toute la longueur du projet CSNE (>100 km), ainsi que les autoroutes dont le trafic sera impacté par le futur canal.

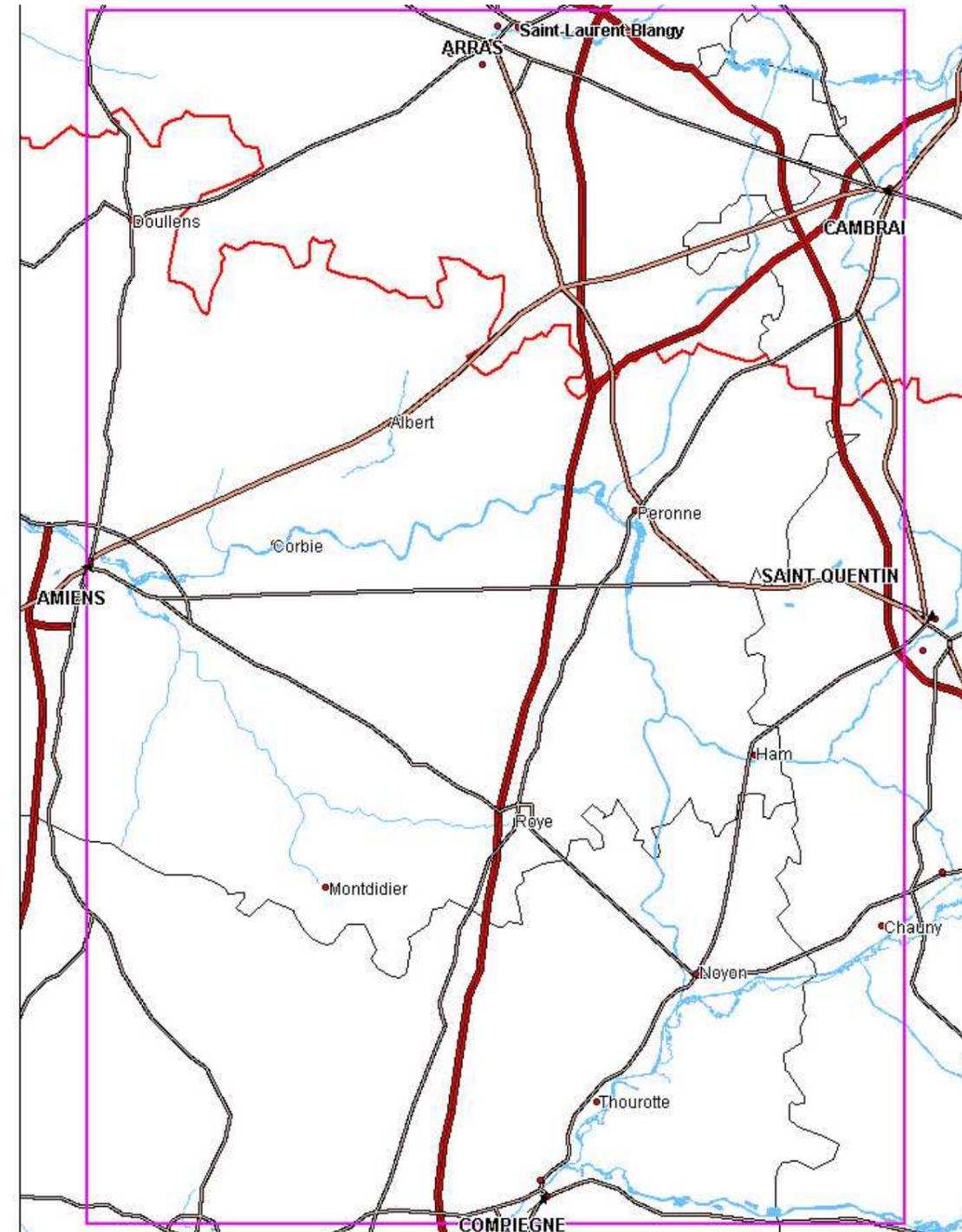


Figure 27 : aire d'étude de la pollution de l'air

2.3.2.2 Méthodologie

Comme aucun guide méthodologique français spécifique aux études relatives aux projets d'aménagements fluviaux n'existe à ce jour, la modélisation des émissions fluviales s'est basée sur la méthodologie développée dans l'étude ACRI-ST en 2005, inspirée du guide européen MEET (Methodology for calculating transport emissions and energy consumption).

Les données d'entrée, les scripts et les simulations de 2005 ont d'abord été recueillis, analysés et préparés pour les modèles ; Deux horizons ont été étudiés (données de modélisations transmises par setec) :

- 2014 pour la phase de calage et l'état initial basé sur une campagne de mesures de 2014 sur le site de Noyon ;
- 2030 pour la phase de comparaison avec et sans le Canal Seine-Nord Europe (état futur de référence), en particulier concernant l'évolution de trafic de poids lourds.

Les concentrations moyennes annuelles de polluants ont été calculées par ACRI-HE pour l'état initial, l'état futur sans CSNE (état de référence) et l'état avec CSNE.

La dispersion des émissions a été étudiée sur des classes météorologiques distinctes caractéristiques de la zone d'étude, plus large que CSNE. Ces résultats ont ensuite été recombinaés au prorata des probabilités d'occurrence de ces classes météorologiques, afin de représenter des moyennes annuelles de concentrations.

La modélisation météorologique est ensuite adaptée au contexte local (modèle de terrain construit sur la base de l'occupation des sols de Corine Land Cover, précise à 100m et la topographie extraite des données Shuttle Radar Topography Mission, précises à 90m). L'étendue de l'aire d'étude a imposé de modéliser uniquement les voies de circulation importantes de la zone d'étude, et en particulier les voies autoroutières (sur la base de la BD TOPO géoréférencée sous MapInfo). Le modèle le plus adapté a ensuite été retenu. Il s'agit ici du système CALMET/CALPUFF (société EarthTech) dans une aire d'étude qui coïncide avec l'aire d'étude de la dispersion des polluants.

La phase de calage et de validation du modèle a été réalisée sur une séquence météorologique correspondant à une campagne de mesures horaires effectuée sur trois stations de l'aire d'étude : Beauvais, Arras et Saint-Quentin. Parmi cette campagne de mesures effectuées, l'épisode de calage choisi pour la modélisation des émissions de l'état initial se situe entre le 5 et 10 février 2014. Le calage du modèle a été effectué sur les oxydes d'azote (NOx) grâce à une campagne de mesures réalisée par Atmo-Picardie. Les émissions de 5 polluants (oxydes d'azote, poussières, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre, dioxyde de carbone) émis par les trafics fluvial et routier ont ensuite été calculées à l'aide du modèle AIREMIS (société ACRI-ST), pour l'horizon 2014 et l'horizon 2030.

Le calcul des émissions routières a été réalisé selon la méthodologie COPERT IV à l'échelle locale et horaire, sur la base de données de trafic et d'informations sur l'évolution horaire du trafic (données de comptages routiers). Le modèle permet de calculer les émissions dues au moteur chaud et secondairement, compte tenu de l'échelle, au démarrage à froid. Les facteurs d'émissions des différents polluants dépendent de la vitesse, calculée sur chaque brin pour chaque heure des journées types, sur la base de la capacité des brins (nombre de véhicules maximum avant d'atteindre la saturation) et du débit horaire des véhicules à l'heure correspondante. Les variations hebdomadaires et mensuelles sont également intégrées, de même que la composition du parc, le taux de poids lourds par type de brin, les caractéristiques des carburants...La modélisation à l'horizon 2030 tient compte des évolutions des motorisations et du parc automobile en matière d'émissions polluantes, sur la base des tendances prospectives de l'étude 2014 de l'ADEME.

La modélisation des émissions liées au trafic fluvial a été réalisée, pour les canaux actuels et futurs, selon la méthodologie MEET (methodology for calculating transport emissions and energy consumption) qui prend en compte les mouvements des bateaux. Les émissions éventuelles liées aux moteurs des engins de chargement et déchargement n'ont pas été considérées dans le cadre de l'étude. L'émission de polluants dépend du trafic, des manœuvres aux écluses (données de VNF sur MAGEO, le Canal du Nord, le Canal de la Sensée et le Canal de Saint-Quentin) du type de bateau (ici, données 2014 de VNF assimilées à la catégorie cargo, les bateaux de plaisance n'ayant pas été retenus car non significatifs), du type de motorisation, du tonnage transporté, du type de combustible, de la consommation de carburant (selon les données ADEME-VNF, 2006 et l'étude MAGEO) et du mode opérationnel. Les facteurs d'émissions correspondant à l'horizon futur de 2030 ont été calculés à partir d'hypothèse de renouvellement de la motorisation de la flotte de 70% (pour les unités de type Freycinet) à 85% (pour les unités les plus importantes) d'ici 2030, prenant en compte les nouvelles normes qui seront imposées aux moteurs non routiers à partir de 2015. Il n'a pas été pris en compte, comme c'est le cas pour le routier, de projection supplémentaire sur d'éventuelles normes futures plus contraignantes. La teneur en soufre du combustible a été considérée comme égale à 0.1% dans le cas de l'horizon initial (2014) et de 0 % pour l'horizon futur (2030).

L'impact sur la santé a enfin été caractérisé en termes d'indice d'exposition des populations (IPP), variable selon la concentration moyenne des Oxydes d'Azote Nox et le nombre de personnes exposées. L'IPP est calculé selon la méthodologie du guide du CERTU, mais adaptée à l'utilisation de modèles de dispersion. Les données démographiques ont été obtenues par communes (INSEE, sur la période 2009-2014) et ont fait l'objet d'une projection sur 2030, par un taux d'accroissement annuel moyen. Le différentiel d'indice d'exposition entre 2014 et 2030 est ensuite calculé et cartographié à l'échelle du projet et sur des zones d'intérêts : Compiègne, Péronne et Noyon.



CANAL SEINE-NORD EUROPE

SOCIÉTÉ
DU CANAL
SEINE-NORD
EUROPE

Plus d'informations sur le projet :
www.canal-seine-nord-europe.fr

Partenaires financiers :



Cofinancé par l'Union européenne

Le mécanisme pour l'interconnexion en Europe

