

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE des SCIENCES AGRONOMIQUES de BORDEAUX AQUITAINE
1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

M E M O I R E de fin d'études

pour l'obtention du titre

d'Ingénieur de Bordeaux Sciences Agro

**ELABORATION D'UNE METHODE TRANSPOSABLE DE MISE EN
PLACE D'UN SCHEMA TRAME VERTE ET BLEUE A L'ECHELLE
LOCALE
- EXPERIMENTATION SUR ONZE COMMUNES
DU PARC NATUREL REGIONAL DE L'AVESNOIS -**

Baugé, Sophie

Option : Gestion des espaces agricoles

Etude réalisée au : Syndicat mixte du Parc naturel régional de l'Avesnois

- 2 0 1 3 -

M E M O I R E de fin d'études

pour l'obtention du titre

d'Ingénieur de Bordeaux Sciences Agro

**ELABORATION D'UNE METHODE TRANSPOSABLE DE MISE EN
PLACE D'UN SCHEMA TRAME VERTE ET BLEUE A L'ECHELLE
LOCALE**

**- EXPERIMENTATION SUR ONZE COMMUNES
DU PARC NATUREL REGIONAL DE L'AVESNOIS -**

**ELABORATION OF AN APPLICABLE METHOD TO SET A "TRAME
VERTE ET BLEUE" SCHEMA ON A LOCAL SCALE**

**- EXPERIMENT ON ELEVEN VILLAGES IN THE
PARC NATUREL REGIONAL DE L'AVESNOIS -**

Baugé, Sophie

Option : Gestion des espaces agricoles

Etude réalisée au : Syndicat mixte du Parc naturel régional de l'Avesnois

Maitre de stage : Enora Postec, chargée de mission Gestion de l'espace

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur Paul Raoult, Président du Syndicat Mixte du Parc naturel régional de l'Avesnois et Monsieur Yvon Brunelle son Directeur pour m'avoir accueillie au sein de leur structure.

Je remercie chaleureusement ma maître de stage Enora Postec, chargée de mission gestion de l'espace au sein du Pôle milieu naturel et eau du Syndicat Mixte. Je la remercie particulièrement pour sa pédagogie, pour le temps précieux qu'elle a su m'accorder et pour les nombreux conseils donnés faisant de ces six mois, une expérience professionnelle de qualité.

Je souhaite aussi remercier Guillaume Dhuiège, responsable du Pôle, Aurélien Thurette, chargé de mission trame verte, Guillaume Caffier, chargé de mission trame bleue et Marie Laboureur, assistante d'étude urbanisme sans qui cette étude n'aurait pu aboutir.

Je remercie également toute l'équipe du Syndicat Mixte ainsi que les stagiaires pour leur accueil chaleureux et leur aide qui ont fait de ces six mois une expérience enrichissante d'un point de vue professionnel et humain. Je remercie aussi les élus et les agriculteurs pour leur gentillesse et tous ceux qui de près ou de loin ont participé à cette étude.

Je voudrais aussi exprimer toute ma gratitude à Alexandre Lee, mon tuteur de stage, qui m'a encadré durant ces six derniers mois et qui a su répondre à toutes mes interrogations. Enfin, je remercie toute l'équipe pédagogique de l'option Gestion des Espaces Agricoles de Bordeaux Sciences Agro pour la qualité de leur enseignement et pour les nombreux conseils fournis.

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
--------------------------	----------

PARTIE 1 - LE CONTEXTE ET LA PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE TRAME VERTE ET BLEUE MENEESUR LE PARC NATUREL REGIONAL DE L'AVESNOIS.....

I. La TVB, un outil de préservation de la biodiversité et d'aménagement du territoire	3
1. Enrayer la perte de biodiversité, un enjeu universel	3
1.a. Le contexte international.....	3
1.b. Le contexte législatif européen	4
1.c. Le contexte législatif national	4
2. Les objectifs de la Trame Verte et Bleue.....	5
3. La TVB, un réseau formé de continuités écologiques : les principes et le fonctionnement.....	6
II. Le Parc Naturel Régional de l'Avesnois, une structure porteuse de la TVB	7
1. Un contexte régional favorable.....	7
1.a. Une région pionnière en matière de TVB	7
1.b. Des outils régionaux en matière de préservation de la biodiversité	7
2. Le classement du Parc naturel régional de l'Avesnois : des patrimoines à préserver	9
3. La demande du stage : une déclinaison locale de la TVB	10

PARTIE 2 - LA METHODE D'UNE DECLINAISON OPERATIONNELLE DU SCHEMA TRAME VERTE ET BLEUE A L'ECHELLE PLURICOMMUNALE.....

I. La constitution d'un groupe de travail et ses premières décisions.....	12
II. L'identification des réservoirs de biodiversité.....	12
1. L'analyse multicritère de Biotope-GREET	12
2. Les critères pris en compte par sous-trame.....	14
2.a. Le choix des sous-trames	14
2.b. La sous-trame bocagère	14
2.c. La sous-trame boisée.....	15
2.d. La sous-trame milieux humides	15
2.e. La sous-trame cours d'eau.....	15
3. Affiner les réservoirs de biodiversité identifiés	15
3.a. Les zonages d'inventaire et réglementaire.....	15
3.b. Mise en cohérence avec les documents de référence	16
III. L'identification des corridors écologiques	16
1. La détermination des espèces cibles par sous-trame.....	16
1.a. La méthode de détermination des espèces cibles	16
1.b. Les espèces cibles choisies par sous-trame.....	17
2. La méthode dite "Econat" (ou de perméabilité des milieux)	18
3. La méthode de dilatation-érosion	20
IV. L'analyse de la fragmentation	21
1. La prise en compte des éléments fragmentants.....	21
2. L'élaboration des zones à enjeux	21
V. La rencontre des acteurs locaux	23
VI. L'évaluation des continuités écologiques	23

PARTIE 3: LES RESULTATS ET L'EVALUATION DU SCHEMA TRAME VERTE ET BLEUE A L'ECHELLE LOCALE DE ONZE COMMUNES

I. Les résultats préliminaires	25
--------------------------------------	----

1.	La présentation de la zone d'étude choisie	25
2.	La non prise en compte des zonages d'inventaire et réglementaire	27
II.	L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame bocagère	29
1.	Les réservoirs de biodiversité et les espaces relais identifiés	29
2.	Les corridors écologiques identifiés	29
3.	L'analyse de la fragmentation	30
4.	Les zones à enjeux	32
III.	L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame boisée.....	32
1.	Les réservoirs de biodiversité et les espaces relais identifiés	32
2.	Les corridors écologiques identifiés	34
3.	L'analyse de la fragmentation	34
4.	Les zones à enjeux.....	36
IV.	L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame milieux humides	36
1.	Les réservoirs de biodiversité identifiés	36
2.	Les corridors écologiques identifiés	37
3.	L'analyse de la fragmentation	38
4.	Les zones à enjeux.....	39
V.	L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame cours d'eau.....	39
1.	Les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques identifiés	39
2.	L'analyse de la fragmentation	40
3.	Les zones à enjeux.....	40
VI.	La synthèse et l'évaluation des continuités écologiques.....	41
1.	Les zones globales à enjeux.....	41
2.	La présentation de futurs projets pouvant impacter les continuités écologiques	42
2.a.	Le dédoublement de la route nationale 2 (RN2)	42
2.b.	La boucle ferroviaire de Bachant	43
2.c.	La liaison Avesnois-Pecquencourt : une canalisation d'eau potable	44
3.	L'évaluation des réservoirs de biodiversité.....	44
4.	Les résultats des entretiens avec les acteurs locaux	44
4.a.	Des acteurs <i>a priori</i> favorables à la TVB.....	44
4.b.	Les zones paysagères remarquables selon les élus.....	45
3.a.	Des actions d'ores et déjà mises en place en faveur de la TVB.....	46
PARTIE 4 - LES LIMITES ET LES PERSPECTIVES DE L'ETUDE.....		47
I.	La discussion de la méthode	47
1.	L'identification des réservoirs de biodiversité	47
2.	L'identification des corridors écologiques	47
3.	La fragmentation.....	49
4.	Autres éléments discutables.....	49
II.	Les perspectives de l'étude.....	50
1.	Les perspectives à court terme.....	50
2.	Les perspectives à moyen et long termes.....	52
2.a.	Le partenariat avec les communautés de communes	52
2.b.	Des dispositifs réglementaires : l'intégration dans les documents d'urbanisme	52
2.a.	Des dispositifs financiers	53
2.b.	Propositions d'action à mener pour la sous-trame bocagère	54
CONCLUSION.....		55
BIBLIOGRAPHIE		56

Liste des illustrations

- Les figures :

Figure 1 : Trois niveaux du dispositif de Trame Verte et Bleue (Aten, 2013)	5
Figure 2 : Les différents types de corridors écologiques (Comité opérationnel Trame verte et bleue, 2010).....	6
Figure 3 : Localisation des Parcs naturels régionaux de la région Nord-Pas-de-Calais.....	9
Figure 4 : Le bocage avesnois (autour de la commune de Dourlers)	9
Figure 5 : Place de la commune de Dourlers. Au premier plan : un kiosque. Au second plan, des maisons de brique et de pierre bleue.	10
Figure 6 : L'environnement, l'enjeu et la présentation de l'étude TVB	11
Figure 7 : Potentialités écologiques des espaces naturels de la Région-Nord-Pas-de-Calais (Biotope-GREET, 2008).....	12
Figure 8 : Schématisation de la notion de coeur d'habitat et de compacité	13
Figure 9 : Les espèces cibles choisies	17
Figure 10 : Les éléments d'un réseau écologique (DREAL Basse-Normandie).....	18
Figure 11 : Valeurs de résistance attribuées à chaque type d'occupation du sol pour chaque continuum dans le cadre de la cartographie du réseau écologique de l'Isère (Econat, 2001)	18
Figure 12 : Matrice de résistance du continuum bocager	20
Figure 13 : Matrice de résistance du continuum boisé	20
Figure 14 : Matrice de résistance du continuum milieux humides.....	20
Figure 15 : Mise en évidence de corridors potentiels à l'issue d'une opération de dilatation-érosion (Cemagref, 2010).....	20
Figure 16 : Résumé de la méthode de la déclinaison opérationnelle du schéma trame verte et bleue a l'échelle pluricommunale.....	21
Figure 17 : Méthode d'élaboration du schéma TVB à l'échelle pluricommunale.....	24
Figure 18 : Localisation des Parcs naturels régionaux et de la zone d'étude	25
Figure 19 : Situation de la zone d'étude au regard du SRCE-TVB	25
Figure 20 : Situation de la zone d'étude au regard du Plan de Parc.....	25
Figure 21 : Localisation des communautés de communes du PNR de l'Avesnois et de la zone d'étude.....	26
Figure 22 : Un territoire structuré par le bocage, les boisements et les cultures	26
Figure 23 : Occupation du sol en 2009 sur les onze communes.....	26
Figure 24 : Localisation des zonages d'inventaire (ZNIEFF de types 1 et 2).....	27
Figure 25 : Localisation des zonages Natura 2000.....	28
Figure 26 : Les réservoirs de biodiversité et les espaces relais de la sous-trame bocagère.....	29
Figure 27 : Les corridors écologiques de la sous-trame bocagère identifiés par la méthode de dilatation-érosion.....	30
Figure 28 : Les continuités écologiques de la sous-trame bocagère identifiées par la méthode Econat.....	30
Figure 29 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame bocagère identifiés par la méthode de dilatation-érosion	31
Figure 30 : Fragmentation et continuités écologiques de la sous-trame bocagère identifiées par la méthode Econat	31
Figure 31 : Les zones à enjeux de la sous-trame bocagère.....	32
Figure 32 : Les réservoirs de biodiversité de la sous-trame boisée	33

Figure 33 : Les continuités écologiques de la sous-trame boisée identifiées par la méthode de dilatation-érosion.....	34
Figure 34 : Les corridors écologiques de la sous-trame boisée identifiés par la méthode Econat	34
Figure 35 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame boisée identifiés par la méthode de dilatation-érosion.....	35
Figure 36 : Fragmentation et continuités écologiques de la sous-trame boisée identifiées par la méthode Econat.....	35
Figure 37 : Les zones à enjeux de la sous-trame boisée.....	36
Figure 38 : Les réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides.....	37
Figure 39 : Les corridors écologiques de la sous-trame milieux humides identifiés par la méthode de dilatation-érosion.....	37
Figure 40 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame milieux humides identifiés par la méthode de dilatation-érosion	38
Figure 41 : Fragmentation et continuités écologiques de la sous-trame milieux humides identifiées par la méthode Econat	38
Figure 42 : Les continuités écologiques de la sous-trame milieux humides identifiées par la méthode Econat.....	38
Figure 43 : Les enjeux de la sous-trame milieux humides	39
Figure 44 : Les continuités écologiques de la sous-trame cours d'eau	39
Figure 45 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame cours d'eau.....	40
Figure 46 : La synthèse des principales continuités écologiques	41
Figure 47 : Lien entre réservoirs de biodiversité de la zone d'étude et ceux du Plan de Parc	41
Figure 48 : Les projets futurs pouvant impacter les réservoirs de biodiversité.....	42
Figure 49 : Les réservoirs de biodiversité et les espèces floristiques.....	44
Figure 50 : Les zones paysagères remarquables selon les élus	45
Figure 51 : Les aménagements possibles d'un cours d'eau.....	52
Figure 52 : Localisation des Espaces Boisés Classés.....	53
Figure 53 : Propositions d'actions à mener pour la sous-trame bocagère.....	54

- Les tableaux :

Tableau 1 : Construction de l'indicateur final de la sous-trame bocagère par croisement entre l'indicateur compacité-surface relatif aux prairies et la densité de haies.....	14
Tableau 2 : Hiérarchisation des éléments fragmentants (Borloo, 2008 ; Iuell, 2003 ; Direction Interdépartementale des routes du Nord ; Réseau Ferré de France).....	21
Tableau 3 : Présentation des communes de la zone d'étude	26
Tableau 4 : Présentation des sous-trames et de leur composition	27
Tableau 5 : Répartition des réservoirs de biodiversité et des espaces relais de la sous-trame bocagère.....	29
Tableau 6 : Répartition des réservoirs de biodiversité et des espaces relais de la sous-trame boisée ...	33
Tableau 7 : Répartition des réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides.....	37
Tableau 8 : Des aménagements possibles par sous-trame	51

Introduction

Au niveau mondial, il est constaté que la biodiversité s'érode. En 2012, 36% des espèces étudiées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature sont considérées comme menacées d'extinction. Les écosystèmes de la planète sont aussi en péril : 60% d'entre eux ont été altérés au cours des cinquante dernières années. A ce rythme, la moitié des espèces que nous connaissons pourrait disparaître d'ici à un siècle. En France, la situation est la même : la métropole et l'outre-mer se situent au 8^{ème} rang mondial et au 4^{ème} rang européen des pays abritant le plus grand nombre d'espèces menacées. Ces menaces sont fortement liées aux activités humaines : l'urbanisation fragmentant les milieux naturels, la pollution de l'eau, des sols et de l'air, le développement d'espèces envahissantes et la surexploitation des espèces et des milieux.

En France, agir en faveur de l'environnement, du développement durable et enrayer la perte de biodiversité sont devenus des priorités nationales. C'est pourquoi en 2009, le Grenelle de l'environnement dit "loi Grenelle I" fixe l'objectif de constituer une Trame Verte et Bleue (TVB) nationale à l'horizon 2012, c'est-à-dire d'élaborer un outil de préservation de la biodiversité et d'aménagement du territoire afin de créer des continuités écologiques. Concrètement, ce concept a pour ambition de constituer et de renforcer le réseau d'échanges écologiques en faveur des espèces animales et végétales. Celles-ci doivent pouvoir circuler librement pour accomplir la totalité de leur cycle de vie avec le moins de perturbations possibles. Les échanges génétiques qui garantissent à long terme la survie des populations sont favorisés par les connexions entre milieux. La TVB contribue donc à maintenir des milieux de qualité favorable aux espèces qui y vivent et à les interconnecter (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012). En complément des outils fondés sur la protection d'espèces et d'espaces remarquables comme le réseau Natura 2000, les réserves naturelles nationales ou encore les parcs naturels nationaux, la TVB franchit un nouveau pas en intégrant le fonctionnement écologique des espaces et des espèces dans les projets d'aménagement des territoires en tenant compte de la biodiversité ordinaire et des activités humaines.

Selon les lois Grenelle I et Grenelle II, la Trame Verte et Bleue doit se décliner à l'échelle régionale. En Nord-Pas-de-Calais, selon Michel Pascal, Directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement, "le quart de la biodiversité régionale est actuellement menacé de disparition, à court ou moyen terme." Parmi les espèces présentes dans la région, cinq sont considérées "en danger critique d'extinction" sur les listes rouges mondiale et nationale et trente-cinq sont classées "en danger" sur les listes rouges nationale et régionale. Pour répondre à l'objectif de la loi Grenelle I, la loi portant Engagement national pour l'environnement de 2010 dite "loi Grenelle II" impose quant à elle l'élaboration de Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE) consistant à cartographier le réseau écologique existant pour pouvoir intégrer au mieux ces notions dans les politiques locales et les projets d'aménagement (Conservatoire botanique national de Bailleul, 2011 ; Région Nord-Pas-de-Calais, 2012).

Au sud-est de la région Nord-Pas-de-Calais, le Parc naturel régional de l'Avesnois dont l'une des missions est la préservation des patrimoines naturel, culturel et paysager s'inscrit naturellement dans la préservation de la biodiversité. Dans le cadre de

l'élaboration de sa Charte 2010-2022, le Parc a déjà décliné la TVB régionale à travers le Plan de Parc. L'adaptation à l'échelle pluricommunale du schéma TVB s'inscrit aussi dans la Charte du Parc naturel régional de l'Avesnois avec pour enjeu la réhabilitation et la gestion pérenne des continuums écologiques du Parc. Pour approfondir les connaissances du territoire et favoriser l'appropriation des acteurs du concept, le Parc souhaite mettre en place la déclinaison locale de la TVB dans le cadre d'une étude répartie en deux périodes, la première étant exposée dans ce rapport.

La présente étude doit élaborer une méthode permettant d'identifier des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques afin d'orienter et de mettre en cohérence les actions mises en place. Dans un second temps, un programme d'actions sera élaboré visant à maintenir et renforcer les continuités écologiques locales. L'étude doit également enrichir les connaissances du Parc sur la zone étudiée tout en favorisant une dynamique de territoire. Elaborer des déclinaisons locales de la TVB sur les communautés de communes permettrait de mieux appréhender la biodiversité du territoire.

Afin de répondre à ces objectifs, le contexte de la Trame Verte et Bleue est expliqué dans un premier temps aux différentes échelles d'action possibles. Dans cette première partie, le Parc naturel régional de l'Avesnois est également présenté. Dans un deuxième temps, la méthode d'identification des réservoirs et des corridors écologiques du schéma TVB est expliquée. Dans une troisième partie, sont exposés les résultats de l'application de la méthode sur un territoire d'étude. Enfin, dans une quatrième et dernière partie, les limites et les perspectives de l'étude sont exposées.

PARTIE 1 - LE CONTEXTE ET LA PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE TRAME VERTE ET BLEUE MENEES SUR LE PARC NATUREL REGIONAL DE L'AVESNOIS

La Trame Verte et Bleue est une mesure issue du Grenelle de l'Environnement qui se décline à différentes échelles d'actions. Pour bien comprendre ce concept complexe, cette première partie a pour objectif de présenter les différentes échelles de déclinaison de la Trame Verte et Bleue. Cette première partie se termine par la présentation de l'échelle locale choisie pour cette étude et par l'annonce de la problématique du stage.

I. La TVB, un outil de préservation de la biodiversité et d'aménagement du territoire

1. Enrayer la perte de biodiversité, un enjeu universel

1.a. Le contexte international

La Trame Verte et Bleue est un outil de préservation de la biodiversité. Enrayer sa perte est un enjeu international dont la prise de conscience s'est traduite en 1992 par la Conférence des Nations Unies pour l'environnement et le développement durable à Rio de Janeiro. La conférence a conduit à l'adoption d'une convention constituant un cadre international pour assurer "la conservation de la diversité biologique, la gestion durable de ses composantes" (Département du développement durable et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1996). Il s'agit du premier accord adoptant une vision globale des aspects de la biodiversité : les ressources génétiques, les espèces et les écosystèmes. La convention fut signée en 1992 et ratifiée en 1994 par la France (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012).

Au Sommet mondial du développement durable en 2002 à Johannesburg («Rio+10»), les parties signataires à la Convention pour la diversité biologique prennent l'engagement de diminuer significativement la perte de biodiversité d'ici à 2010 (Laugier, 2013).

En 2004, la Convention sur la Diversité Biologique insiste sur le besoin de protéger toute la biodiversité, y compris ordinaire, avec le besoin d'outils "combinant la gestion des réseaux d'aires protégées, des réseaux écologiques et des zones qui ne font pas partie de ces réseaux" (Laugier, 2013).

La 8^{ème} Conférence des parties de 2006 est encore plus précise en rappelant l'urgente nécessité de conserver la biodiversité aux échelles génétiques, en recommandant notamment aux parties de rendre obligatoire l'évaluation d'impact sur l'environnement pour "les activités dans les corridors écologiques identifiés comme importants pour les processus écologiques ou évolutifs" afin notamment de mieux résister aux conséquences des modifications climatiques (Laugier, 2013).

En 2010, les pays signataires de la Convention pour la diversité biologique se réunissent à Nagoya pour faire le point sur "l'Objectif 2010" (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012). Un nouveau plan stratégique de dix ans (2011-2020), "Cibles d'Aichi", est aussi fixé concernant les causes sous-jacentes à la perte de la biodiversité, pour réduire les pressions sur la biodiversité et la sauvegarder à tous les niveaux

(Université Laval, 2010). La Trame Verte et Bleue s'inscrit dans ce nouveau plan d'action stratégique, notamment à travers l'objectif 11, qui vise la conservation d'espaces importants pour la diversité biologique et les services rendus par les écosystèmes "au moyen de réseaux écologiquement représentatifs et bien reliés" (Aten, 2013). Par ailleurs, l'Organisation des Nations Unies a décrété que 2010 serait l'année internationale de la biodiversité, avec pour objectif premier la sensibilisation et l'éducation du grand public (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012).

1.b. Le contexte législatif européen

En 1995, la Stratégie Paneuropéenne pour la protection de la diversité biologique et paysagère est l'un des premiers textes internationaux explicitant clairement le concept de réseau écologique. L'un de ses objectifs est de mettre en place un Réseau Écologique Paneuropéen dans un délai de vingt ans. Ce projet couvre la totalité du continent européen mais aussi l'Asie septentrionale et centrale. La création de la Trame Verte et Bleue en France répond au réseau écologique paneuropéen (Aten, 2013).

D'ici 2020, la Commission Européenne se mobilise en vue d'établir sa stratégie en faveur de la biodiversité. Un des six axes prioritaires de cette stratégie repose sur le développement du concept d'Infrastructure verte (Comité opérationnel Trame verte et bleue, 2010) au sein de l'Union Européenne. Cette infrastructure verte est considérée comme une étape nécessaire pour la fonctionnalité et la cohérence du réseau Natura 2000 ainsi que pour l'adaptation au changement climatique.

1.c. Le contexte législatif national

En 1999, dans la Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire est mentionné le concept de "réseau écologique" notamment dans l'article 23 indiquant que le schéma de services collectifs des espaces naturels et ruraux "identifie (...) les réseaux écologiques, les continuités et les extensions des espaces protégés qu'il convient d'organiser." (Legifrance, 1999).

La Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB) prend en 2004 le relais de la Convention de la diversité biologique de Rio pour renforcer la trame écologique française. Elle est révisée en 2011.

En 2007, le Grenelle de l'Environnement est initié pour prendre des décisions à long terme en matière d'environnement, de développement durable et en particulier pour préserver et restaurer la biodiversité. Le Grenelle promeut notamment la Trame Verte et Bleue comme l'outil de préservation de la biodiversité.

En 2009, le Grenelle de l'Environnement dit "loi Grenelle I" pose l'objectif de constituer une Trame Verte et Bleue nationale à l'horizon 2012. Il modifie l'article L.110 du code de l'urbanisme pour y intégrer la préservation de la biodiversité notamment en passant par la conservation, la restauration et la création de continuités écologiques (Aten, 2013). Rétablir la continuité écologique des cours d'eau est aussi un moyen pour réaliser l'objectif "d'atteindre ou de conserver, d'ici à 2015, le bon état écologique ou le bon potentiel pour les masses d'eau superficielles" fixé par la Directive Cadre sur l'Eau de 2000. Un plan d'action national pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau d'ici 2015 a d'ailleurs été lancé en septembre 2009 (ONEMA, 2012). Cet objectif, concernant spécifiquement la

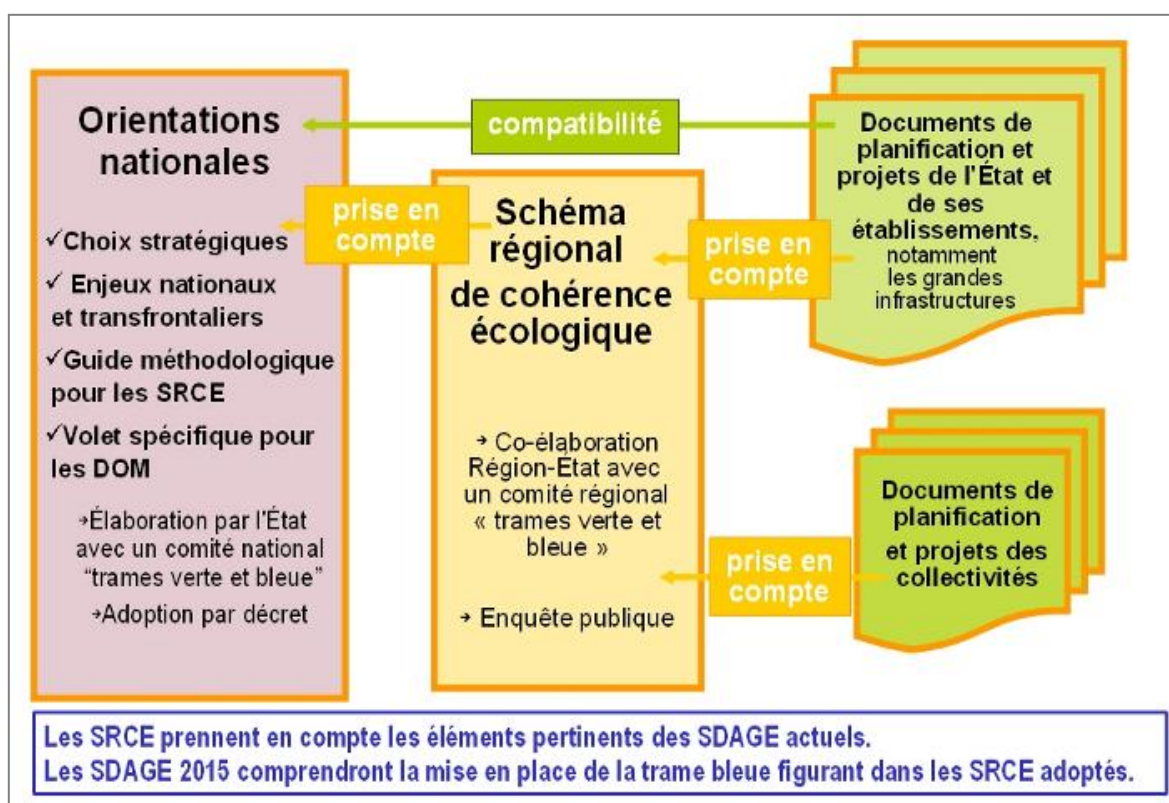


Figure 1 : Trois niveaux du dispositif de Trame Verte et Bleue (Aten, 2013)

trame bleue, a donc été repris par l'article 29 de la loi Grenelle I (Comité opérationnel Trame verte et bleue, 2010). Par ailleurs, la SNB révisée en 2010 intègre les engagements de la loi Grenelle I.

Cette loi est complétée en 2010 par la Loi portant Engagement National pour l'Environnement dite "loi Grenelle II". Elle introduit la Trame verte et bleue dans le code de l'environnement avec sa définition, ses objectifs, le dispositif de la TVB et le lien avec les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Elle introduit aussi les continuités écologiques dans le code de l'urbanisme avec des objectifs de préservation et de remise en bon état de celles-ci.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, un Comité opérationnel "Trame verte et bleue" (COMOP) a été chargé en décembre 2007 de définir les voies, moyens et conditions de mise en œuvre de la Trame Verte et Bleue. Sa conception repose sur trois niveaux (figure 1) (Région Nord-Pas-de-Calais, 2012) :

- Des Orientations Nationales (ON) pour la préservation et la restauration des continuités écologiques identifient notamment les enjeux nationaux et transfrontaliers en précisant les grandes caractéristiques et les priorités. Elles se composent d'une "présentation des choix stratégiques de nature à contribuer à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques" et "d'un guide méthodologique identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques"(Article L371-2).
- Des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique (SRCE), élaborés actuellement conjointement par l'Etat et la Région, identifient et cartographient le réseau écologique à l'échelle régionale en tenant compte des ON. D'ailleurs, le code de l'environnement a été modifié pour indiquer que dans chaque région, l'État et le Conseil régional doivent élaborer d'ici à fin 2012 un SRCE en associant un comité régional trame verte et bleue constitué pour l'occasion.
- Des documents de planifications, de projets des collectivités territoriales et de leurs groupements prennent en compte les schémas régionaux dans l'élaboration des projets en matière d'aménagement de l'espace et de l'urbanisme (SCoT, PLU).

Avec le décret n°2012-1492 du 27/12/2012, le principe de la Trame Verte et Bleue devient effectif et l'arsenal juridique est presque complet. Seul manque un dernier décret approuvant les orientations nationales. Le décret n°2012-1492 définit la TVB, précise ses missions et décrit le contenu des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique (diagnostic du territoire régional, volet présentant les continuités écologiques, plan d'action stratégique, atlas cartographique, dispositif de suivi et d'évaluation, résumé non technique).

2. Les objectifs de la Trame Verte et Bleue

Dans le code de l'environnement, sont définis les objectifs de la Trame Verte et Bleue (article L371-1, LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 12). Tout d'abord, pour préserver la biodiversité, la Trame Verte et Bleue consiste à identifier, préserver et remettre en bon état des réseaux de milieux permettant aux espèces de circuler et d'interagir entre elles. La biologie des populations est à prendre en compte dans l'élaboration des continuités écologiques. En outre, la fragmentation des espaces doit être diminuée pour que les échanges génétiques nécessaires à la survie des espèces faunistiques et floristiques soient facilités. Enfin, la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques impliquent un

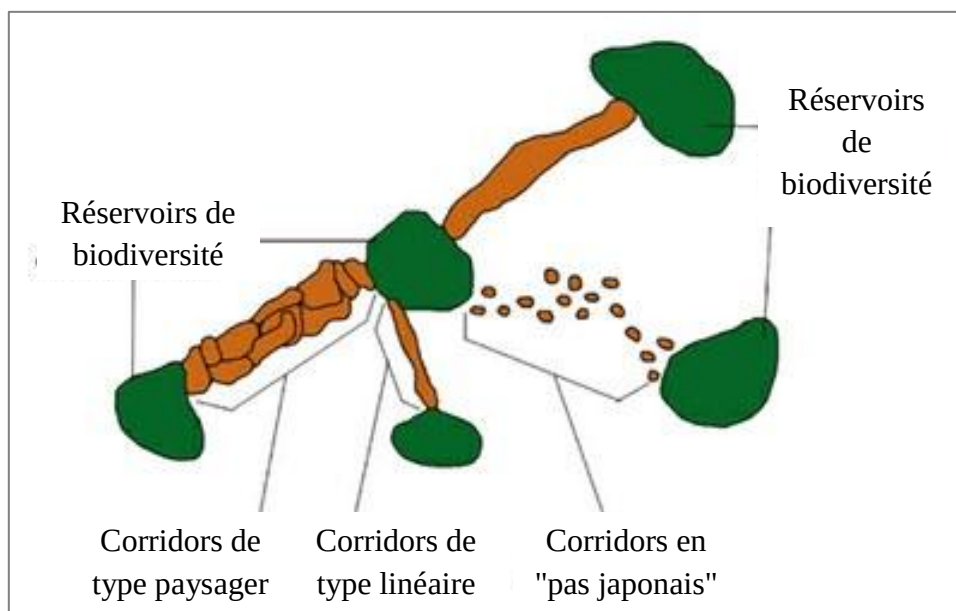


Figure 2 : Les différents types de corridors écologiques (Comité opérationnel Trame verte et bleue, 2010)

maintien ou une amélioration de la qualité des cours d'eau, des zones humides mais aussi des divers paysages.

3. La TVB, un réseau formé de continuités écologiques : les principes et le fonctionnement

La Trame Verte et Bleue est un assemblage de sous-trames écologiques. A chaque type de milieux correspond une sous-trame (sous-trame boisée, sous-trame milieux humides...). La Trame Verte fait référence aux milieux terrestres et la Trame Bleue, aux milieux aquatiques / humides.

D'après le décret n° 2012-1492 relatif à la Trame Verte et Bleue, "les continuités écologiques constituant la trame verte et bleue comprennent des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques" (Art. R. 371-19.-I - Legifrance, 2013). Précisons que le code de l'urbanisme utilise le terme de "continuités écologiques" alors que le code de l'environnement utilise celui de "trames verte et bleue". La nuance réside dans le fait que le vocabulaire utilisé par le code de l'environnement désigne un outil d'aménagement du territoire. Cela signifie que la Trame Verte et Bleue n'est pas exhaustive de l'ensemble des continuités écologiques (ENR^x, 2012).

Les réservoirs de biodiversité contiennent et concentrent une grande diversité d'espèces et d'habitats constituant l'essentiel du patrimoine naturel. La biodiversité y est la plus riche et la mieux représentée. Les conditions indispensables à leur maintien et au "bon" fonctionnement de la biodiversité sont réunies, c'est-à-dire qu'une espèce peut y exercer l'ensemble de son cycle de vie (alimentation, reproduction, migration, repos...).

Les corridors écologiques assurent des connexions entre les réservoirs de biodiversité, utilisés par la flore mais surtout empruntés par la faune en raison de ses capacités de déplacement au sein du paysage. Un corridor peut être naturel comme un cours d'eau ou créé par l'Homme comme un fossé. Il peut aussi être terrestre, aquatique ou aérien. Généralement, les liaisons entre réservoirs de biodiversité sont classées en trois types (figure 2) :

- les corridors linéaires entre deux sites comme des haies, des ripisylves,
- les corridors en discontinus en "pas japonais" (corridor étape) comme des mares, des bosquets,
- les corridors de type paysager ou matrice paysagère qui représentent un type de milieu paysager, artificialisé, agricole...

Les corridors écologiques représentent l'élément constitutif de la TVB le plus délicat à appréhender. En effet, les corridors n'ont pas une physionomie déterminée car cela dépend de la biologie de l'espèce considérée (taille, capacité de déplacement...). De plus, une même espèce peut nécessiter des corridors différents selon les fonctions à assurer et selon les périodes de l'année. Par exemple, les tritons ont une phase terrestre et une phase aquatique dans la même année. Par ailleurs, un corridor peut être favorable au déplacement d'une espèce mais défavorable au déplacement d'une autre. Un cours d'eau constitue effectivement un corridor pour les poissons mais est infranchissable pour un escargot. Un corridor écologique n'est donc fonctionnel que lorsqu'une espèce ou un groupe d'espèces utilise cette liaison.

Les aménagements créés par l'Homme liés en particulier à l'urbanisation grandissante et au développement des infrastructures de transport fragmentent et mettent en péril les milieux naturels. Or, une population a besoin de se déplacer sur des zones qui lui sont

favorables par exemple pour se nourrir. De plus, des échanges au sein même de la population sont nécessaires notamment pour assurer la survie de l'espèce. La fragmentation ou la disparition des connexions fragilisent les populations d'où la nécessité de mettre en place des continuités écologiques.

Après avoir détaillé le principe de la Trame Verte et Bleue et son contexte réglementaire aux échelles internationale, européenne et nationale, le contexte plus local de la région Nord-Pas-de-Calais et celui du Parc naturel régional de l'Avesnois sont présentés. Puis, sont explicités les objectifs du stage.

II. Le Parc Naturel Régional de l'Avesnois, une structure porteuse de la TVB

1. Un contexte régional favorable

1.a. Une région pionnière en matière de TVB

En France, les régions ont une compétence en aménagement du territoire et en environnement notamment au travers des Parcs naturels régionaux (PNR) et des réserves naturelles régionales. La région Nord-Pas-de-Calais est une région pionnière en matière de TVB et de protection de la biodiversité. Par exemple, la région Nord-Pas-de-Calais a été la première en France à se doter de Parcs Naturels Régionaux avec la création en 1968 du PNR Scarpe-Escaut et la première à expérimenter dès 1995, les "contrats de corridors biologiques", ancêtres de la TVB régionale (Région Nord-Pas-de-Calais, 2012).

La Trame Verte et Bleue régionale est un programme ambitieux visant trois enjeux prioritaires. Le premier est l'enjeu écologique lié à la reconquête de la biodiversité et des ressources naturelles. Le deuxième est l'enjeu social en lien avec l'amélioration du cadre de vie. Enfin, le troisième enjeu est économique visant le maintien de l'activité agricole et à l'émergence de nouvelles filières locales créatrices d'emploi et de tourisme durable.

1.b. Des outils régionaux en matière de préservation de la biodiversité

La région possède de nombreux outils en matière de préservation de la biodiversité. A la suite de son Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire (SRADT) de 2006, la région a adopté en 2007 un Schéma Régional d'orientation de la Trame Verte et Bleue (SRTVB) au travers d'une Directive Régionale d'Aménagement (DRA) avant d'élaborer actuellement le SRCE-TVb.

En démarrant son Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire dès 2004, la région Nord-Pas-de-Calais a largement devancé les ambitions du Grenelle de l'Environnement initié en 2007. Adopté par le Conseil régional en novembre 2006, le SRADT est un document de référence et de cohérence sans portée réglementaire qui définit les orientations du développement régional à moyen terme avec un volet Transports et Mobilités, un volet Climat, un volet Biodiversité-Trame Verte et Bleue, un volet Economie-Emploi-Formation et un volet Enseignement Supérieur et Recherche. Avec les trajectoires dégagées à un horizon de 20 ans (2030) et ses enjeux à 10 ans (2020) inscrit dans la Charte régionale d'aménagement et de développement, il oriente et guide l'action régionale. Cette Charte comprend notamment des directives régionales dont l'une concerne la mise en oeuvre de la Trame Verte et Bleue qui représente un enjeu fort pour la région. En effet, le Nord-Pas-

de Calais possède une diversité de paysages et de milieux naturels avec une faune et une flore riches. Mais cette richesse est fragilisée par l'importance de l'artificialisation des sols et par le caractère morcelé des espaces naturels. Plus de la moitié des espèces sont considérées comme menacées à long terme. Une actualisation du SRADT a été décidée en novembre 2012 qui porte notamment sur le volet Biodiversité-TVB (Conseil régional, 2013). Ce SRADT actualisé actuellement sera renommé Schéma Régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDT).

La région Nord-Pas-de-Calais a voté en 2007 une annexe au SRADT intitulée "schéma régional d'orientation Trame verte et bleue", préparée dès 2004 en liaison avec des experts naturalistes de la région. Le SRTVB incarne une ambition régionale, antérieure à la loi Grenelle II, sans portée réglementaire contrairement au SRCE et introduisant des notions spécifiques (cœur de nature, cœur de nature à confirmer, espaces naturels relais...).

Le Conseil régional a utilisé la possibilité offerte par l'article 5 de la loi d'Orientation sur l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire de 1999 pour initier deux Directives Régionales d'Aménagement (DRA), "Maîtrise de la périurbanisation" et "Trame Verte et Bleue" adoptées les 13 et 14 mai 2009. Tout comme le SRADT, elles n'ont pas de portée réglementaire mais constituent un cadre de référence commun et partenarial pour les collectivités locales du territoire. La DRA TVB est élaborée pour mettre en place spécifiquement la TVB au sein des divers territoires de la région afin de préserver les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques. Elle assure une coordination des acteurs aux échelons régional et local. Les partenaires mettent en application les orientations des DRA à travers par exemple le suivi des SCoT, la politique Pays, la contractualisation, le soutien ciblé aux expérimentations (Trame Verte et Bleue, PLU communautaires, inter-SCoT, renouvellement urbain en milieu rural ...). Afin de mutualiser et de coordonner les initiatives des acteurs régionaux et départementaux tout en organisant la relation entre les niveaux régional, départemental et local, une gouvernance unique (un comité de pilotage) des deux DRA a été mis en place en 2011.

En Nord-Pas-de-Calais, le SRCE, actuellement en phase de validation, a pris le nom de Schéma Régional de Cohérence Ecologique – Trame Verte et Bleue (SRCE-TVB) pour marquer la continuité avec un SRTVB pré-existant. L'un des défis majeurs pour l'élaboration du SRCE-TVB consiste à actualiser et faire évoluer le Schéma Régional d'orientation de la Trame Verte et Bleue existant pour le rendre compatible avec les objectifs du Grenelle de l'Environnement. Par exemple, dans le SRTVB, des objectifs poursuivis par les porteurs de projet se sont révélés plus larges que la seule construction d'une infrastructure écologique en suscitant des demandes de financement pour des projets dont le bénéfice écologique n'a pas été évident à mesurer. Le SRCE, centré sur la notion de continuité écologique, contribuera à clarifier et hiérarchiser la visée. Afin de réaffirmer le rôle structurant de la Trame Verte et Bleue dans l'aménagement et le développement du territoire, le SRCE-TVB s'articule avec d'autres plans et programmes en matière d'aménagement du territoire (SCoT Sambre-Avesnois dont l'approbation est prévue en décembre 2013, PLU des communes, charte des PNR...). Par ailleurs, l'actualisation en cours du SRADT servira à collecter des données scientifiques mises à jour utilisées aussi pour l'élaboration du SRCE-TVB. Le SRADT est effectivement complémentaire du SRCE-TVB : les objectifs et les orientations de ce dernier seront intégrés dans le SRADT actualisé (Région Nord-Pas-de-Calais, 2012).

La TVB régionale est un outil d'aménagement du territoire et non seulement une protection des continuités écologiques. Les lois Grenelles I et II font de la région un échelon

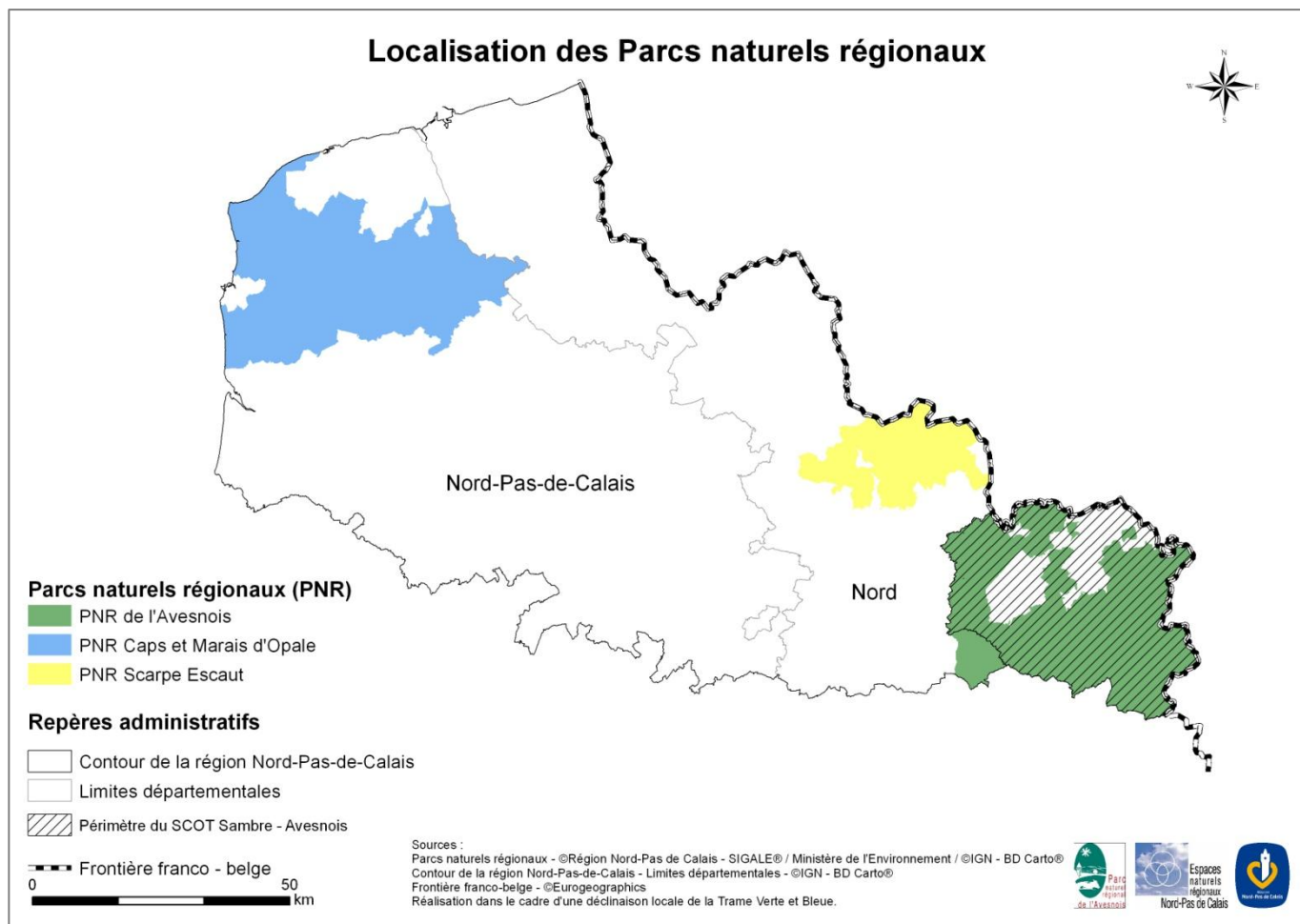


Figure 3 : Localisation des Parcs naturels régionaux de la région Nord-Pas-de-Calais



Figure 4 : Le bocage avesnois (autour de la commune de Dourlers)

majeur d'intervention dans le domaine de la protection des ressources naturelles. D'ailleurs, la création d'un Parc naturel régional revient au Conseil régional dans le cadre de sa compétence en aménagement du territoire.

La région Nord-Pas-de-Calais compte trois Parcs naturels régionaux (figure 3) : celui de Scarpe-Escaut (1968), celui des Caps et Marais d'Opale (1986) et le dernier en date, celui de l'Avesnois créé en mars 1998. Ces trois Parcs couvrent 24% du territoire régional et contribue à l'armature écologique du Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire et de la TVB régionale.

2. Le classement du Parc naturel régional de l'Avesnois : des patrimoines à préserver

Selon la Fédération des Parcs naturels régionaux de France, "peut être classé "Parc naturel régional" un territoire à dominante rurale dont les paysages, les milieux naturels et le patrimoine culturel sont de grande qualité, mais dont l'équilibre est fragile." (annexe 1).

Un Parc naturel régional constitue un endroit privilégié pour mener des actions en faveur de la préservation des patrimoines naturels et culturels. Il possède différentes missions. Selon l'article L.333-1 du code de l'environnement, "les Parcs naturels régionaux concourent à la politique de protection de l'environnement, d'aménagement du territoire, de développement économique et social et d'éducation et de formation du public. (...)."

Le territoire de l'Avesnois comprend des milieux naturels à haute valeur patrimoniale. Le bocage constitue la première richesse écologique du Parc couvrant près de la moitié du territoire avec près de 11 500km de haies et 59 000ha de prairies en 2003. Les prairies et les haies qui le composent sont nées de l'aménagement traditionnel du milieu naturel pour une exploitation principalement orientée vers l'élevage et la production laitière. Le bocage avesnois est une véritable mosaïque de prairies, de haies abritant des mares, des cours d'eau, des arbres têtards et un grand nombre d'arbres et d'arbustes isolés, qui sont le plus souvent des essences locales. Par ailleurs, le bocage a diverses fonctions. Il contribue à créer un microclimat favorable aux activités agricoles. En outre, la haie, en plus d'avoir des rôles de brise-vent ou de clôture, limite notamment le ruissellement, l'érosion des sols en favorisant l'infiltration et la filtration des eaux. La haie constitue aussi un milieu de nidification, de reproduction et de refuge pour un grand nombre d'espèces animales (figure 4).

Les forêts privées ou publiques sont également une composante essentielle du paysage de l'Avesnois. En 2003, elles représentent 22% de son territoire soit les 2/3 des forêts du département et 1/3 des forêts de la région. L'Avesnois étant proche des Ardennes, beaucoup d'espèces à affinités montagnardes sont retrouvées dans les forêts, servant de refuge à certains animaux (Chat forestier) ou fleurs (Pâtruin de chaix) présents uniquement sur ces territoires.

Une Charte forestière de territoire (2011-2013) initiée par le Parc en partenariat avec l'ensemble des acteurs concernés permet de valoriser la forêt comme un lieu de production de bois ou encore comme un endroit d'accueil de touristes respectueux de l'environnement.

Un autre élément du patrimoine naturel à préserver est le réseau hydrographique, le plus dense de la région. Les 2 150km de cours d'eau de l'Avesnois façonnent ce paysage vallonné. Quant aux milieux humides, ils sont d'une grande richesse faunistique et floristique abritant des espèces protégées comme le Triton crêté et la Grenouille rousse. En outre, les



Figure 5 : Place de la commune de Dourlers. Au premier plan : un kiosque. Au second plan, des maisons de brique et de pierre bleue.

zones humides possèdent diverses fonctions comme l'épuration des eaux, la rétention des crues et la reproduction et alimentation de diverses espèces.

Les pelouses calcaires sont des milieux rares : l'Avesnois abrite sur 18ha les uniques pelouses calcaires du département du Nord qu'il est donc indispensable de protéger. Elles se situent à l'extrême Sud-Est du Parc naturel régional de l'Avesnois dans la Calesienne, une région géologique de Belgique débordant légèrement à l'Ouest sur le territoire de l'Avesnois. Sa nature calcaire a par ailleurs donné naissance à la pierre bleue, le matériau de construction identitaire de l'Avesnois. Les pelouses calcaires sont des pelouses sèches se développant sur du calcaire, une roche filtrante qui crée des conditions exceptionnelles de chaleur et de sécheresse. Ceci permet le développement d'une flore et d'une faune spécifiques.

Outre les milieux naturels, le patrimoine bâti de l'Avesnois est également remarquable. Les nombreux kiosques, oratoires et chapelles sont disséminés sur tout le territoire. Par ailleurs, les églises, les abbayes, les habitations utilisent deux matériaux de maçonnerie particulier : la pierre bleue (calcaire marbrier) et la brique (figure 5).

Pour protéger ces patrimoines naturels, culturels et paysagers, le Parc naturel régional de l'Avesnois (PNRA) a été créé en mars 1998 pour une durée de douze ans. En 2006, la région Nord-Pas-de-Calais a lancé la révision de la Charte du PNRA. Cette révision, pilotée par le Syndicat Mixte du Parc a permis à l'Etat de reconduire le label "Parc naturel régional" pour les douze prochaines années. La Charte, adoptée en 2010, établit un périmètre qui compte 131 communes adhérentes réparties sur environ 125 000ha (Parc Naturel Régional de l'Avesnois, 2010). La Charte du Parc naturel régional de l'Avesnois a trois ambitions qui se déclinent chacune en mesures concrètes (annexe 2).

3. La demande du stage : une déclinaison locale de la TVB

De nombreuses actions de plantation d'arbres et de haies, de restauration et d'entretiens des mares, de recensement des prairies, etc., sont mises en place sur le territoire du Parc naturel régional de l'Avesnois depuis sa création pour répondre aux ambitions de la Charte. Dans le cadre de l'ambition 1 de sa Charte 2010-2022, le Parc a pour objectif de mettre en place un programme d'actions concertées de restauration et de développement de la trame écologique afin de répondre à l'enjeu de réhabilitation et de gestion pérenne des continuums écologiques. Le schéma TVB doit donc permettre de prioriser ces actions à mener et d'en améliorer la cohérence. Par ailleurs, le SRCE-TVb étant actuellement en phase d'enquête publique, sa déclinaison locale devient une priorité. L'objectif de l'étude est de définir la méthode de mise en place d'un schéma Trame Verte et Bleue reproductible à l'échelle des Etablissements Public de Coopération Intercommunale (EPCI) du territoire du Parc sur les aspects d'identification des continuités écologiques et de concertation territoriale.

Dans cette optique, le Parc naturel régional de l'Avesnois a souhaité mettre en place une étude se divisant en deux étapes. La première étape est la mise en place d'un stage de six mois en 2013 consistant à déterminer la méthode à utiliser pour identifier des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques à l'échelle pluricommunale. En 2014, un second stage aura pour objectif la détermination de la méthode de concertation à mettre en place pour rédiger le plan d'actions du schéma TVB afin d'assurer une réelle appropriation du projet par les acteurs locaux.

Ce rapport traite de la première partie de l'étude. Proposer une méthode pertinente pour l'identification des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques passe par plusieurs phases. Une phase bibliographique est tout d'abord nécessaire pour identifier les méthodes mises en place sur d'autres territoires afin d'en évaluer l'applicabilité à l'échelle pluricommunale. Ensuite, les méthodes recensées seront discutées, adaptées et appliquées à une zone d'étude. Les points forts et les points faibles des méthodes recensées et testées seront enfin dégagés pour déterminer la méthode à appliquer par la suite à l'échelle des EPCI du Parc (figure 6).

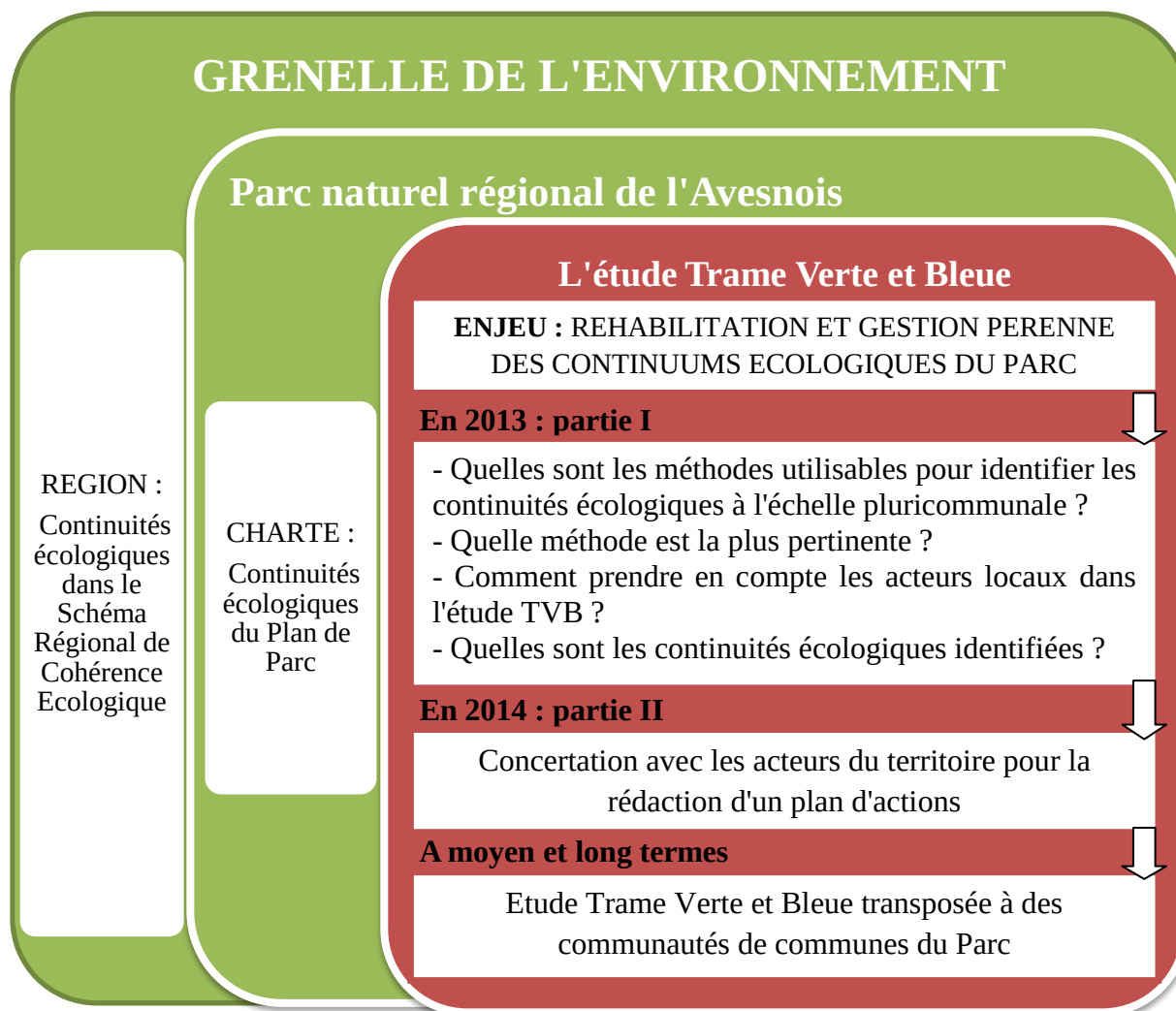


Figure 6 : L'environnement, l'enjeu et la présentation de l'étude TVB

A RETENIR

La Trame Verte et Bleue, regroupant des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques, est un outil de préservation de la biodiversité et d'aménagement du territoire au contexte réglementaire abouti. Elle se décline à plusieurs échelles d'actions (nationale, régionale, locale). Sur le territoire du Parc, l'étude menée à l'échelle pluricommunale consiste à identifier des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques en assurant la transposabilité de la méthode et son appropriation par les acteurs locaux.

Après avoir explicité le contexte de la Trame Verte et Bleue aux différentes échelles d'action possibles et les objectifs de l'étude, la méthode d'élaboration du schéma TVB est détaillée dans la partie suivante.

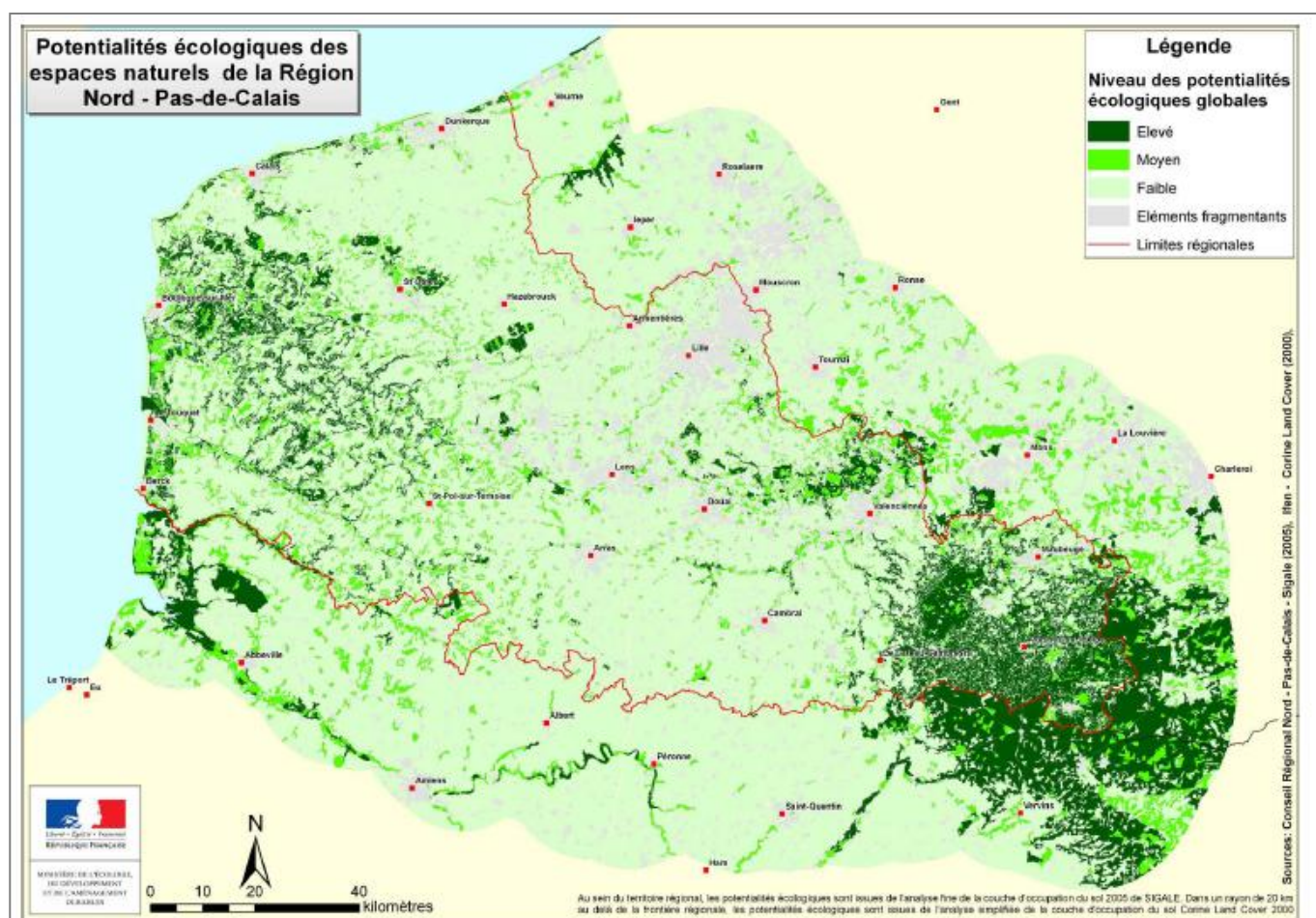


Figure 7 : Potentialités écologiques des espaces naturels de la Région-Nord-Pas-de-Calais (Biotope-GREET, 2008)

PARTIE 2 - LA METHODE D'UNE DECLINAISON OPERATIONNELLE DU SCHEMA TRAME VERTE ET BLEUE A L'ECHELLE PLURICOMMUNALE

Cette partie explique l'élaboration de la méthode du schéma Trame Verte et Bleue à l'échelle pluricommunale sur le territoire du Parc naturel régional de l'Avesnois. Cette démarche, qui doit être transposable aux communautés de communes du Parc, est présentée de façon la plus indépendante possible de la zone d'étude. Les détails d'identification des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques sont exposés.

I. La constitution d'un groupe de travail et ses premières décisions

Afin d'adapter les méthodes recensées aux problématiques du territoire du PNRA au fur et à mesure de l'avancée de l'étude, un groupe de travail est constitué au sein de l'équipe du Pôle patrimoine naturel. Le groupe de travail se réunit environ une fois par mois. Les résultats de la concertation de ce groupe de travail sont intégrés dans les différentes étapes de l'élaboration de la méthode. Le groupe de travail est composé de :

- Guillaume Dhuiège, responsable du Pôle patrimoine et milieux naturels,
- Guillaume Caffier, chargé de mission trame bleue,
- Aurélien Thurette, chargé de mission trame verte,
- Enora Postec, chargée de mission gestion de l'espace (maitre de stage).

Après la phase de recherche bibliographique, l'analyse des données disponibles et accessibles et l'avis du groupe de travail, une méthode d'identification des réservoirs de biodiversité selon une approche paysagère et deux de détermination des corridors par une approche espèce ont été dégagées. Ces dernières sont explicitées dans les paragraphes suivants pour étudier leur pertinence à l'échelle pluricommunale avant d'être testées sur la zone d'étude dans une troisième partie.

La première étape dans l'élaboration d'un schéma TVB est l'identification des réservoirs de biodiversité selon une approche paysagère. A partir des réservoirs identifiés, seront ensuite localisés les corridors écologiques.

II. L'identification des réservoirs de biodiversité

1. L'analyse multicritère de Biotope-GREET

La méthode identifiée pour localiser les réservoirs de biodiversité est celle élaborée en 2008 par l'agence Biotope-GREET. Cette méthode est utilisée pour l'analyse des potentialités écologiques de la région Nord-Pas-de-Calais (figure 7). Les potentialités écologiques d'un espace naturel traduisent l'importance que cet espace est susceptible d'avoir pour la préservation de la biodiversité. Cette méthode permet uniquement d'identifier des réservoirs de biodiversité.

L'analyse des potentialités écologiques se fonde sur cinq critères relevant de l'écologie du paysage (Biotope-GREET, 2008) : la naturalité, la compacité, la surface, la connectivité et l'hétérogénéité.

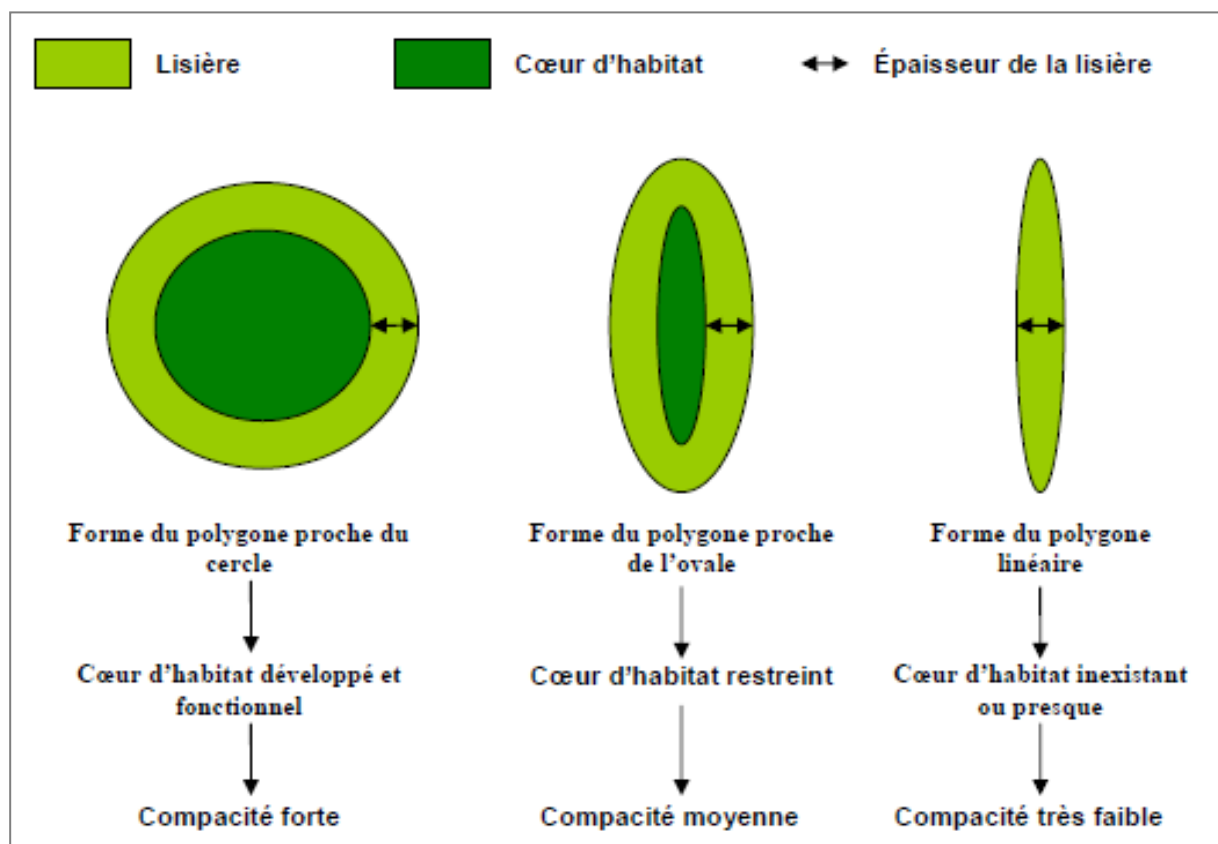


Figure 8 : Schématisation de la notion de cœur d'habitat et de compacité (Biotope-GREET, 2008)

La *naturalité* représente le caractère "naturel" d'un milieu, c'est-à-dire la pression exercée par l'Homme sur ce milieu. Plus la pression anthropique est faible, plus la naturalité d'un milieu est élevée et plus le milieu est favorable aux espèces en général (Biotope-GREET, 2008 ; Génot, 2004). Pour le calcul de la naturalité, un indice variant de 0 à 5 (quasiment nulle à très forte) a été donné pour chaque occupation du sol. Mais ces indices ont été estimés subjectivement à partir d'un échange au sein de Biotope. Par exemple, la naturalité d'une forêt de feuillus a été fixée à 5 alors que celle d'un habitat résidentiel a été évaluée comme nulle. A cause de sa subjectivité, ce critère n'a pas été retenu pour la présente étude.

La *compacité* d'un milieu est liée à sa forme. Plus un milieu est de forme circulaire, plus le coeur d'habitat est protégé des perturbations extérieures. Ainsi, plus la compacité du milieu augmente, plus le fonctionnement du milieu est propice à la présence d'espèces caractéristiques de celui-ci. Au contraire, un habitat linéaire aura une faible compacité (figure 8). La compacité est ensuite associée avec la surface car plus la surface augmente, plus le coeur d'habitat augmente et cela favorise les espèces inféodées au milieu concerné (Burel & Baudry, 1999). L'indicateur de la compacité-surface se calcule en multipliant la surface à la compacité dont la formule est la suivante :

$$Compacité = 4 * \pi * \frac{surface}{(périmètre)^2}$$

Cet indicateur écologique pertinent est utilisé pour l'identification des réservoirs de biodiversité.

La *connectivité* traduit les potentialités d'échange entre les milieux. Plus la connectivité est élevée, plus les échanges et les habitats de population augmentent. Les échanges favorisent un brassage génétique des populations. Ainsi, une connectivité élevée entraîne potentiellement une biodiversité importante. La connectivité est étudiée par milieu de même nature au sein desquels les échanges se font préférentiellement. La fragmentation est intégrée dans cet indicateur. Quatre niveaux de fragmentation, déterminés selon l'importance de l'effet de barrière vis-à-vis du déplacement des espèces, sont établis. L'indice de connectivité global s'appuie sur la somme des indices de connectivité des différentes sous-trames identifiées. Pour appliquer la même analyse de la fragmentation aux réservoirs de biodiversité et corridors écologiques, les éléments fragmentants seront pris en compte après l'identification de ces derniers. La connectivité, dans laquelle est prise en compte la fragmentation, n'est donc pas utilisée pour l'identification des réservoirs de biodiversité.

L'*hétérogénéité* permet de mettre en valeur les zones d'écotone qui sont les zones de transition entre deux écosystèmes. Dans ces zones, des espèces particulières se développent nécessitant des milieux variés. Concrètement, l'hétérogénéité d'un milieu correspond au nombre de milieux différents avec lesquels celui-ci est en contact direct. Plus le nombre de milieux en contact est élevé, plus l'hétérogénéité est forte. Un risque d'une surévaluation de l'hétérogénéité d'un espace naturel est notable si sa taille est importante. Mais le calcul de l'hétérogénéité s'effectuant grâce à une extension du logiciel cartographique ArcGis non disponible au pôle SIG (Système d'Information Géographique) du Parc, cet indicateur n'a pas été employé pour l'identification des réservoirs de biodiversité.

Tableau 1 : Construction de l'indicateur final de la sous-trame bocagère par croisement entre l'indicateur compacité-surface relatif aux prairies et la densité de haies.

INDICATEUR FINAL		Densité de haies				
		Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Indicateur compacité- surface	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Moyen
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen
	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Elevé	Elevé
	Elevé	Faible	Moyen	Moyen	Elevé	Elevé
	Très élevé	Moyen	Moyen	Elevé	Elevé	Très élevé

2. Les critères pris en compte par sous-trame

2.a. Le choix des sous-trames

D'après les recherches bibliographiques, les méthodes d'identification des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques fonctionnent par sous-trame. A chaque type de milieux correspond une sous-trame. Le nombre de sous-trames peut varier de manière assez importante de trois à plus d'une dizaine de sous-trames. Leur choix est une étape importante de l'élaboration du schéma des continuités écologiques car il traduit les enjeux soulevés en terme de biodiversité sur un territoire étudié (Comité opérationnel Trame verte et bleue, 2010).

Le choix des sous-trames se fait par une analyse de l'occupation du sol tout en étant cohérent avec le SRCE-TVB et le Plan de Parc. Les milieux les plus représentés constituent les sous-trames. Dans le SRCE-TVB, quatre sous-trames sont dégagées : la sous-trame bocagère, la sous-trame boisée, la sous-trame milieux humides et la sous-trame cours d'eau. Sur le Plan de Parc, trois sous-trames sont identifiées : la sous-trame bocage / forêt, la sous-trame aquatique / humide et la sous-trame pelouses calcicoles. Pour travailler en cohérence avec le SRCE-TVB et le Plan de Parc tout en s'adaptant à la zone d'étude, le groupe de travail a décidé d'élaborer le schéma TVB selon les quatre sous-trames suivantes :

- la sous-trame bocagère,
- la sous-trame boisée,
- la sous-trame milieux humides,
- la sous-trame cours d'eau.

Contrairement au Plan de Parc, la sous-trame bocagère et la sous-trame boisée ont été traitées séparément l'une de l'autre car les espèces faunistiques inféodées à chacun de ces deux milieux sont différentes. De même, le travail s'est fait séparément pour la sous-trame milieux humides et pour la sous-trame cours d'eau. Quant à la sous-trame pelouses calcicoles située sur le Plan de Parc, celle-ci n'étant pas présente sur la zone d'étude, elle n'a pas été retenue.

2.b. La sous-trame bocagère

La sous-trame bocagère se compose de prairies et de haies. Pour la caractériser, deux paramètres sont associés : la compacité-surface des prairies et la densité de haies.

Dans un premier temps, l'indicateur compacité-surface semble pertinent pour caractériser les prairies (permanentes et temporaires) tant en termes d'écologie qu'en termes techniques. Cinq classes de compacité-surface sont déterminées grâce à la méthode de Jenks qui maximisent la variance inter-classe et minimisent la variance intra-classe. En d'autres termes, si la distribution comporte des discontinuités, celles-ci seront détectées (Grasland, 2002). Dans un second temps, la densité du linéaire de haies est utilisée. Cinq classes de densité ont également été déterminées par la méthode de Jenks.

Enfin, l'indicateur compacité-surface relatif aux prairies et la densité de haies sont croisés pour caractériser l'ensemble de la sous-trame bocagère (tableau 1). Les zones où l'indicateur final est "élevé" et "très élevé" sont considérés comme les réservoirs de biodiversité de la sous-trame (annexe 6). Les zones où l'indicateur final est "moyen" constituent des espaces relais où la mise en place d'actions apparaît comme prioritaire. En effet, ces zones sont à la limite des corridors de biodiversité et ces actions permettraient de les rendre plus "accueillantes" pour les espèces inféodées au bocage.

La typologie des haies n'est pas prise en compte. En effet, la cartographie des types de haies du territoire de l'Avesnois a été réalisée par photo-interprétation et celle-ci étant en cours de vérification, elle n'est pas utilisable.

2.c. La sous-trame boisée

La sous-trame boisée regroupe les feuillus, les essences mixtes (forêts composées de conifères et de feuillus en parts égales), les coupes forestières (espaces déboisés) et les autres boisements récents (tous types de boisements hors peupleraies). Néanmoins, les conifères, les peupleraies et les peupleraies récentes, qui ne sont pas des essences locales, sont exclues.

L'indicateur compacité-surface permet de déterminer les réservoirs de biodiversité de la sous-trame boisée. Cinq classes de compacité-surface sont déterminées grâce à la méthode de Jenks. De la même manière que pour la sous-trame bocagère, les zones de compacité-surface "élevée" et "très élevée" sont classées en réservoirs de biodiversité et les zones de compacité-surface "moyenne" en espaces relais (zones d'extension avec une qualité d'habitats moindre par rapport aux réservoirs de biodiversité).

2.d. La sous-trame milieux humides

Les réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides se composent des plans d'eau, des mares, des zones humides, des marais, et des espaces associés aux plans d'eau.

Chaque milieu humide identifié sur le territoire du Parc est classé en réservoir de biodiversité au vu des faibles densité et surfaces que ce type de milieux représentent dans l'Avesnois.

2.e. La sous-trame cours d'eau

La sous-trame cours d'eau regroupe tous les cours d'eau (aux régimes permanent et intermittent). D'après le SRCE-TVB, les cours d'eau classés au titre des dispositions de l'article L.214-17 du code de l'environnement ont été intégrés à la trame verte et bleue régionale. Ce sont les cours d'eau nécessitant des actions de restauration de la continuité écologique (transport des sédiments et circulation des poissons). Ces cours d'eau constituent les réservoirs de biodiversité de la zone d'étude.

3. Affiner les réservoirs de biodiversité identifiés

3.a. Les zonages d'inventaire et réglementaire

Le Guide méthodologique "Proposition issue du comité opérationnel Trame Verte et Bleue en vue des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques" de juillet 2010 et le SRCE-TVB de la région Nord-Pas-de-Calais préconisent l'utilisation des zonages ZNIEFF et Natura 2000 pour identifier les réservoirs de biodiversité. Néanmoins, selon la taille de la zone couverte par les zonages ZNIEFF et Natura 2000 sur le territoire étudié, la pertinence de la prise en compte de ces données pour la détermination des réservoirs de biodiversité peut être limitée. En effet, si une zone d'étude est couverte en grande partie par un ou des zonages d'inventaire / réglementaire, la différenciation des réservoirs peut poser problème.

3.b. Mise en cohérence avec les documents de référence

Afin de prendre en compte le travail réalisé à plus petite échelle dans le cadre de la rédaction de la Charte du Parc 2010-2022, tous les réservoirs de biodiversité identifiés au Plan de Parc présents sur la zone d'étude sont intégrés en tant que réservoirs de biodiversité dans la cartographie de cette dernière par soucis de cohérence. Pour compléter cela, différents critères ont également été sélectionnés en fonction de la sous-trame considérée.

La deuxième étape dans l'élaboration d'un schéma TVB est l'identification des corridors écologiques par une approche espèce d'après les réservoirs de biodiversité précédemment localisés.

III. L'identification des corridors écologiques

1. La détermination des espèces cibles par sous-trame

La détermination des corridors écologiques s'appuie sur des espèces faunistiques cibles afin d'identifier des corridors fonctionnels à une échelle locale et de faciliter la sensibilisation des acteurs locaux. La méthode et les résultats de la détermination des espèces cibles sont présentés ci-après afin de faciliter la compréhension des méthodes d'identification des corridors écologiques par sous-trame.

1.a. La méthode de détermination des espèces cibles

La détermination d'une espèce cible par sous-trame permet d'identifier des corridors écologiques fonctionnels à l'échelle de chacune d'entre elle. Le choix des espèces cibles a été réalisé lors des groupes de travail en se basant sur deux critères : la biologie et l'écologie de l'espèce. Les critères retenus pour choisir ces espèces sont les suivants :

- *La biologie de l'espèce*

L'espèce doit tout d'abord être inféodée à la sous-trame étudiée. Sa capacité de dispersion doit être adaptée à l'échelle pluricommunale. Par ailleurs, une espèce à faible dispersion soulignera davantage les discontinuités, les ruptures qu'une espèce plus mobile. Le mode de déplacement est aussi pris en compte : les espèces terrestres seront plus sensibles aux éléments fragmentants que les espèces volantes. Selon les critères précédents, l'espèce retenue sera une espèce repère c'est-à-dire que si elle peut effectuer l'intégralité de son cycle de vie, il est considéré que de nombreuses autres espèces en seront également capables

- *Le statut de l'espèce*

L'espèce choisie doit être une espèce commune pour qu'elle soit facilement repérable sur la zone d'étude et pour que les acteurs locaux y soient sensibilisés afin de faciliter l'appropriation et l'implication des acteurs dans le projet. En outre, plus, plus une espèce est commune, plus l'acquisition de données sur celle-ci est *a priori* facilitée.

Plusieurs propositions ont été faites lors des groupes de travail, les espèces cibles choisies sont celles qui correspondent le plus aux critères exposés ci-dessus.



Hérisson d'Europe
 (http://fr.maieutapedia.org/wiki/Erinaceus_europaeus)



Ecureuil roux
 (© Robert Hendrick)



Triton alpestre
 (<http://animaux.juniorwebaward.ch/triton.html>)



Truite fario
 (crédit photo : FDAAPPMA)

Figure 9 : Les espèces cibles choisies

1.b. Les espèces cibles choisies par sous-trame

Pour la sous-trame bocagère, le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) a été retenu (figure 9). En effet, ce mammifère occupe en zone rurale divers types d'habitats comme les prairies avec buisson ou les lisières forestières mais il occupe principalement ceux riches en haies (Aulagnier *et al.*, 2008 ; Hubert, 2008). Il s'agit donc bien d'une espèce inféodée au milieu bocager. L'espace vital d'un mâle est de 15 à 40ha et pour une femelle de 5-12ha. La nuit, un mâle se déplace sur 0,5 à 25ha et une femelle sur 0,5 à 10ha (Vaucher, 2013) ce qui est adapté à l'échelle pluricommunale. De plus, il s'agit d'une espèce commune que l'on rencontre de plus en plus à la périphérie des villages où il prospère grâce à la présence de jardins avec des haies séparatives, de massifs d'arbustes ou de parcs. Enfin, le grand nombre de hérissons se faisant écraser sur les routes montre l'impact négatif de la fragmentation sur les populations (Huijser & Bergers, 2000 ; Maréchal & Libois, 1997).

Pour la sous-trame boisée, l'espèce cible retenue est l'Ecureuil roux (*Sciurus vulgaris*) (figure 9). En effet, son habitat se compose de forêts (conifères, feuillus). C'est une espèce commune qui fréquente également les bocages, les parcs et jardins urbains (Chapuis & Marmet, 2006). Le domaine vital moyen pour un mâle est de 122ha et de 23ha pour une femelle. La dispersion journalière moyenne est faible, de 430m pour un mâle et de 180m pour une femelle (Andrén & Delin, 1994), ce qui est adapté à l'échelle pluricommunale. Enfin, ce rongeur est sensible à la fragmentation de son habitat (routes, zones urbanisées) qui serait l'origine principale de la diminution de l'effectif des populations en Europe de l'Ouest (Laguet, 2012).

Pour la sous-trame milieux humides, le Triton alpestre (*Triturus alpestris*) est l'espèce cible retenue (figure 9). Cette espèce commune se reproduit et vit dans l'eau à l'état larvaire puis évolue sur terre à partir du stade de juvénile. Lors de la phase aquatique, il vit dans toutes les catégories de collections d'eau : ornières dépourvues de végétation, mares prairiales ensoleillées à végétation luxuriante, mares intra-forestières ombragées (Godin, 2003) ce qui correspond aux caractéristiques de la sous-trame milieux humides. Il affectionne aussi les plans d'eau pauvres en poissons et les zones calmes des rivières. Lors de la phase terrestre, le Triton alpestre se déplace dans des forêts de feuillus et de conifères, dans le bocage et les prairies (Denöel, 2007). Par ailleurs, les tritons sont considérés comme des espèces à faible capacité de dispersion individuelle, de l'ordre de 100 à 500m par an (Denöel, 2007 ; Cipièrre, 2012), ce qui est recherché pour la zone d'étude. D'après Mathieu Denoël, chercheur au Laboratoire d'Ethologie des Poissons et Amphibiens à l'Université de Liège en Belgique) et les experts du Parc, le Triton alpestre peut parcourir environ 200m par jour. Malgré leur capacité de dispersion limitée, les tritons sont sensibles aux infrastructures routières lors de la migration précédant leur reproduction (Syndicat mixte du Parc naturel régional de l'Avesnois, 2010).

Pour la sous-trame cours d'eau, l'espèce retenue est la Truite fario (figure 9). D'après le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) du Nord, la Truite fario est effectivement une espèce commune vivant dans des eaux vives et froides. De plus, la migration qu'elle effectue avant la reproduction la rend sensible à la fragmentation des cours d'eau causée par les ouvrages hydrauliques. D'après l'Inventaire des ouvrages hydrauliques du bassin Artois-Picardie de la FDAAPPMA (2010), le franchissement du barrage par la Truite fario est possible si le dénivelé de l'ouvrage (différence entre lame d'eau en amont de l'ouvrage et celle en aval) est inférieur ou égal à 40cm. Les ouvrages hydrauliques sont donc classés en deux catégories : les ouvrages

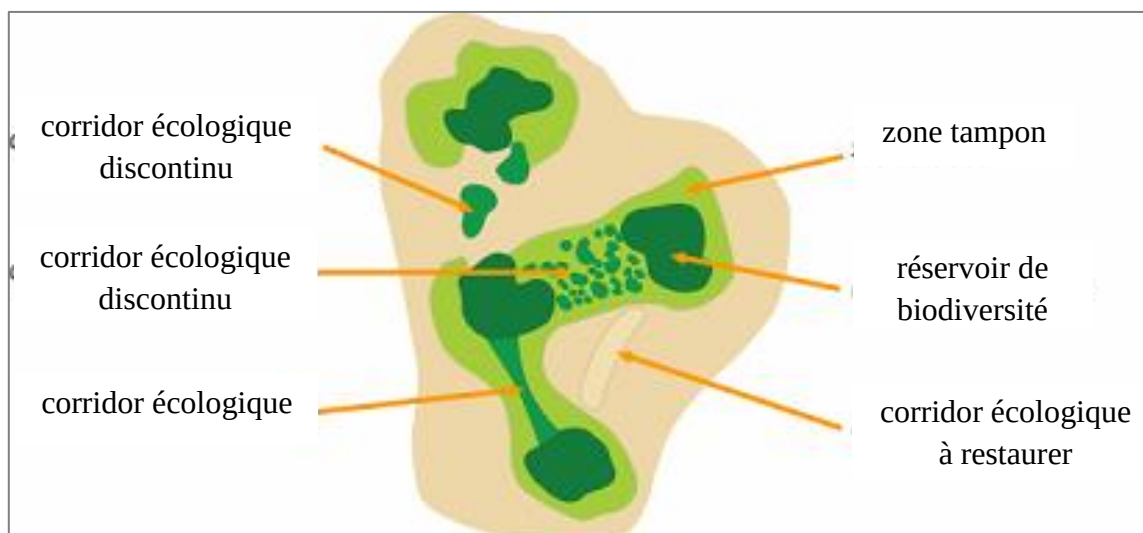


Figure 10 : Les éléments d'un réseau écologique (DREAL Basse-Normandie)

Milieux Spot Théma	Code ST05	Continuum boisé	Continuum des milieux aquatiques et humides	Continuum des milieux semi-ouverts	Continuum des espaces agro-pastoraux de coteaux	Continuum des espaces agricoles de plaine
Marais et tourbières	78	5	0	30	5	5
Etendues d'eau	82	30	0	100	100	100
Cours et voies d'eau	81	5	0	5	5	5
Forêt - feuillus dominants	61	0	30	30	30	30
Forêt - conifères dominants	62	0	30	30	30	30
Forêt - boisés indéterminés	63	0	30	30	30	30
Forêt - boisés en mutation	64	0	30	30	30	30
Forêt - boisements linéaires	65	5	5	5	5	5
Pelouses et steppes	73	30	100	5	0	30
Landes et fourrés	71	5	30	0	5	100
Cultures permanentes de coteaux - pente sup 15%	52	5	30	30	0	30
Terres arables et prairies - pente sup 15%	51	5	30	30	0	30
Terres arables et prairies - pente inf 15%	51	5	30	30	30	0
Cultures permanentes - pente inf 15%	52	5	30	30	30	0
Espaces urbains - zones bâties	11	100	100	100	100	100
Espaces urbains - équipements urbains	12	100	100	100	100	100
Espaces urbains - zones industrielles	21	100	100	100	100	100
Espaces urbains - infrastructures routières	22	100	100	100	100	100
Espaces urbains - aéroports	24	100	100	100	100	30
Extraction matériaux	31	30	5	5	30	5
Espaces verts	41	30	30	30	30	30
Équipements sportifs	42	30	100	30	30	30
Espaces libres urbain	90	30	100	30	30	30

Figure 11 : Valeurs de résistance attribuées à chaque type d'occupation du sol pour chaque continuum dans le cadre de la cartographie du réseau écologique de l'Isère (Econat, 2001)

franchissables au dénivelé inférieur ou égal à 40cm et les ouvrages infranchissables au dénivelé supérieur strictement à 40cm.

2. La méthode dite "Econat" (ou de perméabilité des milieux)

La méthode Econat a été développée en Suisse par Guy Berthoud du bureau d'étude ECONAT (Berthoud, 2010). Il s'agit d'une méthode structurelle et fonctionnelle pour identifier les réseaux écologiques d'un territoire. Un réseau écologique comprend trois éléments de base (figure 10) : les réservoirs de biodiversité ou zones nodales, les corridors qui assurent la connectivité entre les zones nodales et, les zones tampons ou espaces relais autour des réservoirs et des corridors (ou zones d'extension avec une qualité d'habitats moindre par rapport aux réservoirs).

Cette méthode est intéressante pour l'identification des corridors écologiques car elle a été reprise de nombreuses fois à différentes échelles et adaptée en fonction des territoires d'étude. Par exemple, en 2001, le Conseil Général de l'Isère réalise à l'échelle du 1/25 000^{ème} une cartographie du Réseau Ecologique Départemental de l'Isère (REDI). Pour poursuivre la réflexion sur les continuités écologiques, la région Rhône-Alpes fait appel au bureau d'étude ASCONIT en 2007 pour cartographier les Réseaux Ecologiques de Rhône-Alpes (RERA) au 1/100 000^{ème}.

Cette méthode consiste à simuler les déplacements potentiels des espèces indicatrices choisies à partir des réservoirs de biodiversité. Au cours d'un trajet d'un point à un autre, une espèce cible va rencontrer différents milieux qu'elle pourra plus ou moins facilement traverser selon leur nature c'est-à-dire selon leur perméabilité plus ou moins forte. Ainsi, le principe du test se base sur une modélisation de l'occupation du sol qui utilise la notion de coût de déplacement (ou coefficient de résistance) pour les espèces indicatrices choisies, selon les types d'occupation du sol traversés. Le coût de déplacement d'une espèce correspond au coût maximal (ou capital d'énergie) que l'animal est capable de dépenser pour se déplacer, exprimé en nombre de points.

La modélisation du réseau écologique s'effectue en quatre étapes et se réalise par continuum (ou sous-trame) (Berthoud, 2010). Tout d'abord, l'analyse de la fragmentation paysagère par cartographie des obstacles est faite. La deuxième étape consiste à identifier des milieux remarquables (zonages d'inventaire, réserves naturelles...). Ensuite, est réalisée l'analyse de la structure paysagère en identifiant des continuums écologiques, c'est-à-dire un ensemble des milieux favorables à une espèce ou à un groupe d'espèces ayant les mêmes exigences écologiques dans une aire donnée. La fonctionnalité des continuums se traduit par le choix pour chacun d'entre eux d'un groupe d'espèces représentatives. Enfin, la synthèse des continuums identifiés permet l'identification du réseau écologique. A partir des réservoirs de biodiversité, se créent des axes de connexions (les corridors), variables en fonction de la biologie (capacité de dispersion...) des espèces indicatrices retenues.

La mise en oeuvre de cette méthode commence par le choix des continuums (ou sous-trames) et des espèces cibles associées. Ensuite, une carte de résistance est élaborée : à chaque type d'occupation du sol est affecté d'un coefficient de résistance (ou de friction) en fonction de l'espèce cible choisie par sous-trame (figure 11). Plus la difficulté de franchissement est élevée pour l'espèce choisie, plus le coefficient de résistance sera fort. Par exemple, un cerf choisi comme espèce indicatrice du continuum boisé se déplace sans problème dans le milieu forestier mais il aura de grandes difficultés à franchir les espaces urbains. Dans l'étude Econat

(Berthoud, 2010), les valeurs de résistance basées sur l'observation réelle des déplacements de la faune sont les suivantes :

- la valeur "0" s'applique uniquement où l'espèce peut accomplir librement son cycle de vie, c'est-à-dire dans les réservoirs de biodiversité (milieux structurants correspondant aux milieux forestiers dans l'exemple choisi),
- la valeur "5" concerne tous les milieux où la contrainte aux déplacements de l'espèce indicatrice est limitée (milieux attractifs de la zone d'extension),
- la valeur "30" s'applique aux milieux où les déplacements d'espèces sont contraints fortement, c'est-à-dire les milieux accessibles des zones écotonales (zones de transition entre deux écosystèmes) et des corridors (milieux peu fréquentés par l'espèce indicatrice),
- la valeur "100" correspond *a priori* aux milieux inaccessibles pour l'espèce cible, c'est-à-dire aux milieux dits "répulsifs" (espaces urbains dans l'exemple choisi).

Sous logiciel cartographique, l'occupation du sol rasterisée est pondérée par un coefficient de résistance. A chaque pixel (nombre de mètres suivant la résolution), l'animal va perdre des points d'énergie à son capital énergétique de départ (coût maximal). La méthode Econat fixe empiriquement comme valeur maximale de 3000 points pour le coût maximal. La valeur maximale de 3000 points ainsi que les coefficients de résistance ont été calibrées sur des zones tests connues. Mais les détails de calcul ne sont pas explicités (Thyriot, 2007 ; Berthoud 2011).

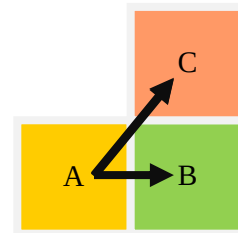
En terme de SIG, la méthode Econat utilise la fonction *Distance de coût* (ou coût pondéré) du module *Spatial Analyst* de *ArcGis*. En simulant les déplacements d'espèces au travers des milieux, elle détermine l'itinéraire le plus rentable à partir de points ou de surfaces sources et de la carte de résistance. Le déplacement des espèces est simulé dans toutes les directions et en additionnant la valeur de chaque cellule traversée. Les valeurs obtenues expriment des unités de coût mais ne traduisent en aucun cas des mètres linéaires.

L'algorithme calcule de proche en proche le coût de passage du centre d'une cellule au centre d'une cellule adjacente :

- Le coût de déplacement en ligne droite :

$$C_{A-B} = R * [(C_A + C_B) / 2]$$
- Le coût de déplacement en diagonale :

$$C_{A-C} = R * \sqrt{2} [(C_A + C_C) / 2]$$



Pour calculer le coût de déplacement entre deux zones (1 et 3) séparées par une zone intermédiaire (2) et savoir si ces deux zones peuvent être potentiellement connectées pour l'espèce ou le groupe d'espèces choisies, la méthode Econat s'appuie sur la formule suivante :

$$C_{1-3} = \left[\left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) * D_{1-2} \right] + \left[\left(\frac{R_2 + R_3}{2} \right) * D_{2-3} \right]$$

Dans laquelle :

C : coût de déplacement

R : coefficient de résistance du milieu

D : distance parcourue entre les milieux

Continuum bocager (Hérisson d'Europe)	Milieux structurants (0)	Milieux attractifs (5)	Milieux peu fréquentés (30)	Milieux <i>a priori</i> inaccessibles et pas fréquentés (100)
	prairies permanentes, prairies temporaires, essences mixtes, feuillus, haies	peupleraies, peupleraies récentes, espaces verts urbains ou périurbains, jardins ouvriers, autres boisements récents, coupes forestières, bandes enherbées, espaces agricoles en friche, vergers traditionnels, chemin et voie verte, habitat d'origine minière, habitat en lotissement, habitat linéaire, habitat pavillonnaire non-loti, habitat rural	cultures annuelles, maraichage et serres, pépinières-horticulture, vergers intensifs, espaces associés aux plans d'eau, autres délaissés urbains ou d'infrastructure, friches d'activités économiques, cimetières, conifères, marais	camping/caravaning, plans d'eau, chantier, décharges, emprises artisanales et d'activité, emprises commerciales, emprise des bâtiments d'activités agricoles, emprises industrielles, autres emprises publiques, emprises hospitalières, emprises militaires, emprises scolaires, universitaires, infrastructures équipements sportifs, portuaires et fluviales, urbain dense, centre-bourg, cours d'eau et voie d'eau

Figure 12 : Matrice de résistance du continuum bocager

Continuum boisé (Ecureuil roux)	Milieux structurants (0)	Milieux attractifs (5)	Milieux peu fréquentés (30)	Milieux <i>a priori</i> inaccessibles et pas fréquentés (100)
	autres boisements récents, coupes forestières, essences mixtes, feuillus, conifères	peupleraies, peupleraies récentes, espaces verts urbains ou périurbains, jardins ouvriers, espaces agricoles en friche, vergers traditionnels, haies	bandes enherbées, prairies permanentes, prairies temporaires, pépinières-horticulture, vergers intensifs, autres délaissés urbains ou d'infrastructure, friches d'activités économiques, cimetières, chemin et voie verte, habitat d'origine minière, habitat en lotissement, habitat linéaire, habitat pavillonnaire non-loti, habitat rural	camping/caravaning, marais, plans d'eau, chantier, décharges, emprises artisanales et d'activité, emprises commerciales, emprise des bâtiments d'activités agricoles, emprises industrielles, autres emprises publiques, emprises hospitalières, emprises militaires, emprises scolaires, universitaires, infrastructures portuaires et fluviales, cultures annuelles, maraichage et serres, espaces associés aux plans d'eau, équipements sportifs, urbain dense, centre-bourg, cours d'eau et voie d'eau

Figure 13 : Matrice de résistance du continuum boisé

Continuum milieux humides (Triton alpestre)	Milieux structurants (0)	Milieux attractifs (5)	Milieux peu fréquentés (30)	Milieux <i>a priori</i> inaccessibles et pas fréquentés (100)
	marais, plans d'eau, espaces associés aux plans d'eau, mares_etangs_brasmort, zh_sage_sambre_detail	bandes enherbées, prairies permanentes, prairies temporaires, essences mixtes, feuillus vergers traditionnels, peupleraies, peupleraies récentes, cours d'eau au régime temporaire, haies,	autres délaissés urbains ou d'infrastructure, friches d'activités économiques, espaces verts urbains ou périurbains, jardins ouvriers, autres boisements récents, coupes forestières, espaces agricoles en friche, chemin et voie verte, habitat linéaire, habitat rural habitat d'origine minière, habitat en lotissement, habitat pavillonnaire non-loti, cours d'eau au régime permanent	pépinières-horticulture, vergers intensifs, conifères, cimetières, équipements sportifs, camping/caravaning, maraichage et serres, cultures annuelles, chantier, décharges, emprises artisanales et d'activité, emprises commerciales, emprise des bâtiments d'activités agricoles, emprises industrielles, autres emprises publiques, emprises hospitalières, emprises militaires, emprises scolaires, universitaires, infrastructures portuaires et fluviales, urbain dense, centre-bourg

Figure 14 : Matrice de résistance du continuum milieux humides

Cette méthode a été appliquée en élaborant des matrices de résistance par sous-trame selon les caractéristiques de l'espèce cible (figures 12, 13, 14). Les coefficients choisis sont les mêmes que ceux employés dans la méthode Econat, à savoir :

- le coefficient 0 (milieux structurants),
- le coefficient 5 (milieux attractifs),
- le coefficient 30 (milieux peu fréquentés),
- le coefficient 100 (milieux *a priori* inaccessibles et pas fréquentés).

3. La méthode de dilatation-érosion

La seconde méthode recensée pour l'identification des corridors écologiques est la méthode de "dilatation-érosion". En 2007, elle a été employée pour cartographier les corridors écologiques sur l'ensemble du Parc naturel régional du Pilat à l'échelle 1/ 25 000^{ème}.

Cette technique est basée sur l'utilisation d'outils SIG permettant d'automatiser l'analyse des distances entre deux espaces naturels afin de mettre en évidence les chemins les plus directs permettant de les relier. Appliquée à chaque sous-trame, cette technique nécessite deux étapes (figure 15) :

- Les réservoirs de biodiversité sont "dilatés" par une zone tampon dont la largeur correspond à la distance de dispersion de l'espèce cible. La dilatation permet alors de connecter les réservoirs de biodiversité les plus proches.
- L'étape d'érosion consiste à appliquer une zone tampon négative aux réservoirs "dilatés" de même largeur que la zone tampon utilisée pour la dilatation. Le principe d'érosion met en évidence les chemins (les corridors) qui permettent de connecter les réservoirs.

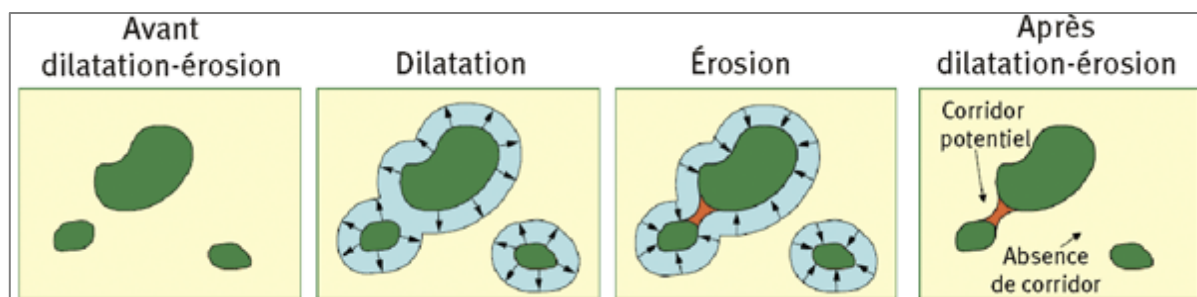


Figure 15 : Mise en évidence de corridors potentiels à l'issue d'une opération de dilatation-érosion (Cemagref, 2010)

D'après les informations bibliographiques sur les espèces cibles, les distances de dispersion journalière utilisées comme largeur des zones tampons sont les suivantes :

- Hérisson d'Europe : 135m (moyenne entre les distances de dispersion du mâle et de la femelle) (Vaucher, 2013),
- Ecureuil roux : 305m (moyenne entre les distances de dispersion du mâle et de la femelle) (Andrén & Delin, 1994),
- Triton alpestre : 200m (Mathieu Denoël, chercheur au Laboratoire d'Ethologie des Poissons et Amphibiens à l'Université de Liège en Belgique et experts du Parc).

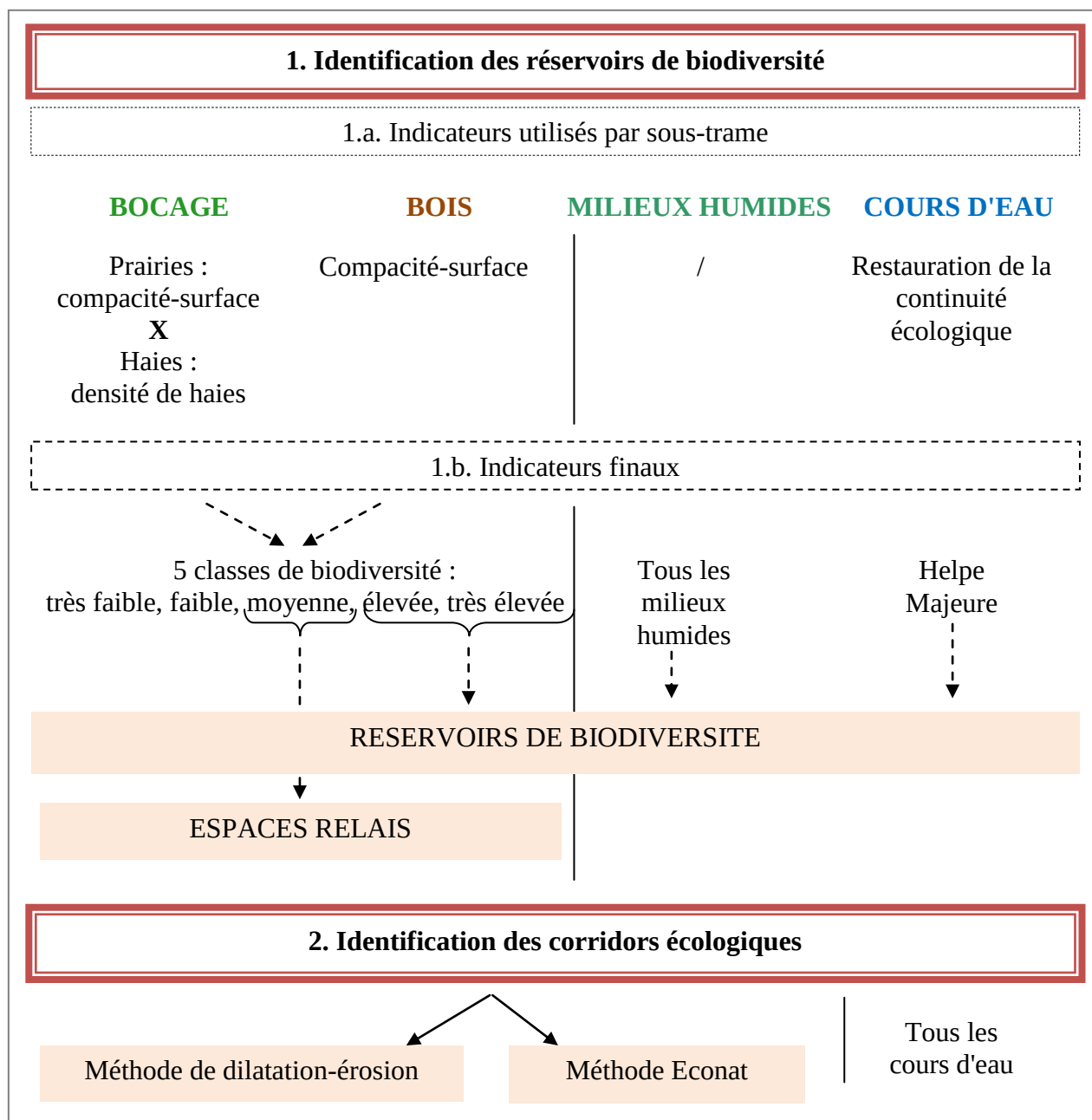


Figure 16 : Résumé de la méthode de la déclinaison opérationnelle du schéma trame verte et bleue a l'échelle pluricommunale

Tableau 2 : Hiérarchisation des éléments fragmentants (Borloo, 2008 ; Iuell, 2003 ; Direction Interdépartementale des routes du Nord ; Réseau Ferré de France)

TYPE DE FRAGMENTATION	RUPTURE
route nationale*, routes départementales (≥ 1000 véhicules/jour ouvrable), voies ferrées, cours d'eau au régime permanent	Principale
routes départementales et communales (< 1000 véhicules/jour ouvrable), cours d'eau au régime temporaire	Secondaire

*Moyenne journalière annuelle de 8841 véhicules/jour calculée sur le tronçon Eclaibes - Avesnes-sur-Helpe en 2012, 2011, 2007 et 2006.

En résumé, les réservoirs de biodiversité sont identifiés par des critères différents et adaptés à chaque sous-trame. Les corridors écologiques peuvent être identifiés par deux méthodes différentes (figure 16, annexes 8 et 9).

IV. L'analyse de la fragmentation

1. La prise en compte des éléments fragmentants

L'analyse de la fragmentation permet d'évaluer la fonctionnalité des continuités écologiques identifiées. Les éléments fragmentants sont des ruptures aux continuités écologiques qui portent atteinte aux espèces. Ont été identifiés comme élément fragmentant les routes, les voies ferrées, les cours d'eau, les barrages selon les sous-trames considérées.

Les axes de communication routiers et ferrés sont répertoriés et hiérarchisés en deux classes selon leur impact potentiel sur la faune inféodée aux différentes sous-trames (rupture principale ou rupture secondaire) en fonction du nombre de véhicules / trains qui y circulent par jour (tableau 2) (annexe 7). Le seuil de 1000 véhicules par jour déterminant si la rupture est principale (nettement impactante) ou secondaire (potentiellement impactante) a été déterminée à partir de la bibliographie et en cohérence avec le plan de Parc dans lequel le même seuil a été retenu.

Par ailleurs, les cours d'eau, constituant une barrière naturelle pour les espèces inféodées aux sous-trames bocagère et forestière, sont hiérarchisés en fonction de leur régime (tableau 2) :

- un cours d'eau au régime permanent est considéré comme une rupture principale difficilement franchissable pour la majorité des espèces faunistiques,
- un cours d'eau au régime temporaire est considéré comme une rupture secondaire potentiellement franchissable pour la majorité des espèces faunistiques.

Pour la sous-trame aquatique, les obstacles à l'écoulement (barrage, seuil, embâcle, cailloux) sont identifiés et hiérarchisés en fonction de leur perméabilité vis-à-vis de l'espèce cible qu'est la Truite fario. En fonction de la possibilité de franchissement de l'obstacle par l'espèce cible, deux catégories sont faites :

- les obstacles ayant un dénivelé inférieur ou égal à 40cm franchissables par la Truite fario,
- les ouvrages ayant un dénivelé supérieur strictement à 40cm infranchissables par la Truite fario.

Non seulement les éléments fragmentants actuels doivent être pris en compte dans l'analyse de la fragmentation des continuités écologiques mais aussi les futurs projets à court, moyen et long termes. Leurs impacts potentiellement négatifs sont à étudier afin de réduire au maximum, limiter, voire compenser leurs effets.

2. L'élaboration des zones à enjeux

L'élaboration des zones à enjeux a pour objectif de mettre en avant les secteurs prioritaires pour la mise en place d'actions (seconde phase de l'étude). Elles seront déterminées pour chaque sous-trame à partir des continuités écologiques identifiées.

Dans cette étude Trame Verte et Bleue, trois types d'actions se distinguent. Le premier type d'actions consistent à maintenir l'existant c'est-à-dire les réservoirs de biodiversité et les espaces relais. Le deuxième a pour but de renforcer des corridors existants plus ou moins fragmentés. Enfin, le troisième type d'actions consiste à créer des corridors écologiques entre les réservoirs de biodiversité.

Les zones à enjeux ont été déterminées à partir de la hiérarchisation des corridors écologiques par sous-trame : plus un corridor est fragmenté, plus le nombre d'actions à mener sera important, et par conséquent plus la coût de l'action à mettre en place sera fort par rapport à son efficience et à sa pertinence écologique.

Dans un premier temps, les déplacements des espèces cibles ont été tracés manuellement en contournant si possibles les éléments fragmentants. Chaque corridor relie un réservoir de biodiversité à un autre en passant si possible par un ou des espaces relais. L'objectif est de relier tous les réservoirs de biodiversité entre eux. Deux et seulement deux réservoirs de biodiversité sont reliés entre eux par un corridors pour pouvoir ensuite comparer la fragmentation des différents corridors.

Dans un deuxième temps, les points de conflit sont localisés représentant l'intersection inévitable soit entre un corridor et un axe de communication, soit entre un corridor et un cours d'eau. Les points de conflit sont ensuite hiérarchisés de la manière suivante :

- les points de conflit principaux correspondent à l'intersection d'un corridor avec une rupture principale (voie ferrée ou route avec plus de 1000 véhicules circulant par jour ou cours d'eau au régime permanent),
- les points de conflit secondaires correspondent à l'intersection d'un corridor avec une rupture secondaire (routes avec moins de 1000 véhicules par jour ou cours d'eau au régime temporaire).

Dans un troisième temps, les corridors sont hiérarchisés. Tout d'abord, deux catégories de corridors sont distingués :

- des corridors potentiellement existants qui relient deux réservoirs de biodiversité en passant par un ou des espaces relais : ces corridors sont à conserver et à renforcer,
- des corridors potentiellement à créer qui relient des réservoirs de biodiversité en passant par des zones potentielles de connexion (zones à très faible coût et faible coût de déplacement identifiées par la méthode Econat qui cartographie les secteurs perméables pour l'espèce cible).

Enfin, selon le nombre de points de conflit compté par corridor écologique, ces derniers sont hiérarchisés de la façon suivante :

Corridor <i>peu ou pas fragmenté</i> à créer / à renforcer	pas de point de conflit
	un point de conflit secondaire
	deux points de conflit secondaires
Corridor <i>fragmenté</i> à créer / à renforcer	un point de conflit principal
	un point de conflit principal et un point de conflit secondaire
Corridor <i>très fragmenté</i> à créer / à renforcer	strictement plus de un point de conflit principal

La détermination des zones à enjeux est à valider avec les acteurs du territoire lors de la phase de concertation afin de cibler prioritairement les secteurs pertinents écologiquement et auxquels les acteurs sont attachés.

V. La rencontre des acteurs locaux

En parallèle des méthodes d'identification des continuités écologiques, une volonté du PNR de l'Avesnois est d'impliquer les acteurs locaux dans l'étude Trame Verte et Bleue réalisée à une échelle locale afin d'amorcer la seconde étape de 2014. Dans cette optique, les acteurs locaux, gestionnaires du territoire, sont rencontrés dès la première phase de l'étude. Les rencontres avec les acteurs locaux sont réalisées sous forme d'entretien individuel pour que chaque acteur puisse s'exprimer à sa guise sur chaque question du guide d'entretien.

Les élus et les agriculteurs sont les acteurs rencontrés prioritairement. En effet, ils sont les premiers aménageurs du territoire qui seront concernés directement par de futures actions mises en place pour le maintien et la restauration des continuités écologiques. Il est préférable qu'au moins un agriculteur par commune de la zone d'étude soit rencontré afin de balayer l'ensemble du territoire qui peut être hétérogène du point de vue de l'occupation du sol.

L'objectif des entretiens (annexes 3 et 4) est de mieux comprendre le contexte local, de cerner la perception du territoire des acteurs locaux et d'identifier les potentielles volontés de mise en place d'actions afin d'anticiper la seconde phase de l'étude. De plus, des zones paysagères remarquables auxquelles les élus ont un certain attachement sont confrontées aux zones à enjeux des sous-trames. Un autre objectif est de vulgariser le concept de Trame Verte et Bleue peu connu. Enfin, un diagnostic de territoire élaboré grâce aux résultats obtenus a été effectué (annexe 11).

VI. L'évaluation des continuités écologiques

Des données floristiques et faunistiques peuvent être utilisées pour évaluer la pertinence des continuités écologiques identifiées. Ces données ne sont pas utilisées pour l'identification des réservoirs afin de ne pas favoriser la biodiversité "extraordinaire" au détriment de la biodiversité "ordinaire". Néanmoins, ces dernières peuvent permettre d'adapter ou de conforter les continuums identifiés. Par exemple, si des espèces remarquables sont recensées de manière avérée sur un espace relais, ce dernier sera alors considéré comme réservoir au vu de sa richesse spécifique. Les données utilisées devront être avérées (Réseau d'Acteurs d'Information Naturaliste du Nord-Pas-de-Calais, Conservatoire National Botanique de Bailleul (CNBL)).

Dans les données fournies par le CNBL, les observations floristiques les plus pertinentes à retenir sont :

- une observation non douteuse et non à confirmer (espèce observée),
- une espèce d'intérêt patrimonial à l'échelle régionale c'est-à-dire :
 1. les taxons bénéficiant d'une protection légale au niveau international et ceux bénéficiant d'un arrêté préfectoral de réglementation de la cueillette
 2. les taxons déterminants de ZNIEFF
 3. les taxons dont l'indice de "menace" est égal à quasi menacé, vulnérable, en danger, en danger critique ou présumé disparu au niveau régional dans le Nord-Pas-de-Calais ou à une échelle géographique supérieure

4. les taxons dont l'indice de "rareté" est égal à rare, très rare, exceptionnel, présumé très rare ou présumé exceptionnel
- une observation fiable à la commune.

A RETENIR

La méthode d'élaboration du schéma TVB, qui doit être transposable, nécessite le choix de sous-trames adaptées au territoire de l'Avesnois. Les quatre sous-trames bocagère, boisée, milieux humides et cours d'eau ont été choisies. L'identification des réservoirs de biodiversité est réalisée de manière différente pour chacune de ces sous-trames. L'identification des corridors écologiques peut se faire selon deux méthodes prenant en compte toutes les deux une espèce cible par sous-trame. La première méthode dite "Econat" distingue cinq milieux plus ou moins fréquentés par l'espèce cible. La seconde, la dilatation-érosion, cartographie les corridors écologiques par réalisation de zones tampon autour des réservoirs de biodiversité (figure 17).

ETAPES PRELIMINAIRES

- Choix des sous-trames - analyse de l'occupation du sol
- Détermination des espèces cibles par sous-trame

IDENTIFICATION DES RESERVOIRS DE BIODIVERSITE POTENTIELS - *Analyse multicritère*

- En fonction de la sous-trame, choix de critères particuliers

IDENTIFICATION ET FONCTIONNALITE DES CORRIDORS ECOLOGIQUES

- *Dilatation-érosion*

- Utilisation d'outils SIG
- Analyse de la fragmentation

IDENTIFICATION ET FONCTIONNALITE DES CORRIDORS ECOLOGIQUES

- *Econat*

- Utilisation d'outils SIG
- Analyse de la fragmentation

CARTE DE SYNTHESE ET EVALUATION DE LA TRAME VERTE ET BLEUE

- Comparaison des résultats des méthodes de dilatation-érosion et ECONAT
- Evaluation des continuités écologiques par l'utilisation de données floristiques
- Détermination de zones à enjeux

Figure 17 : Méthode d'élaboration du schéma TVB à l'échelle pluricommunale

L'application de ces méthodes dans la troisième partie permettra de mettre en évidence les continuums écologiques d'un territoire d'étude au sein du Parc. Les résultats de chacune d'entre elles seront analysés par la suite.

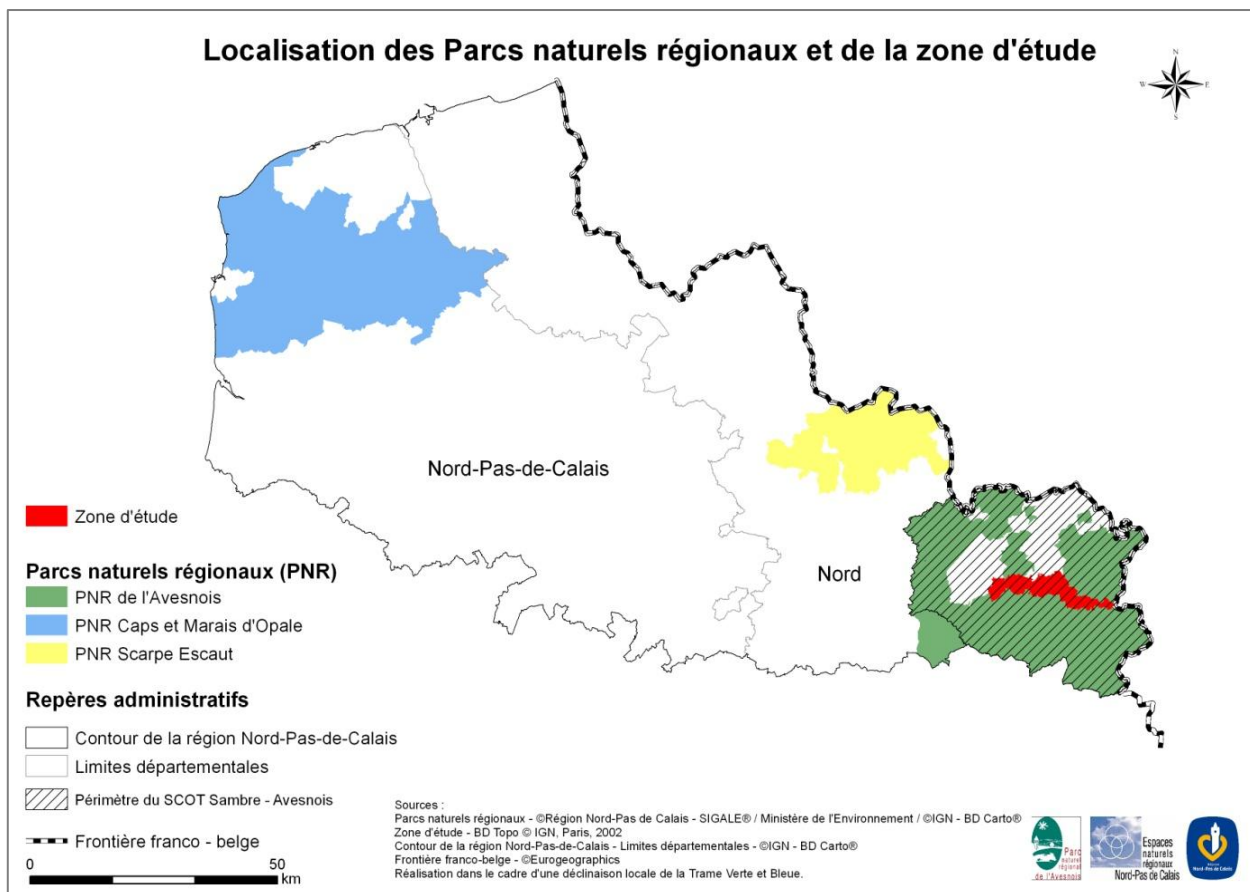


Figure 18 : Localisation des Parcs naturels régionaux et de la zone d'étude

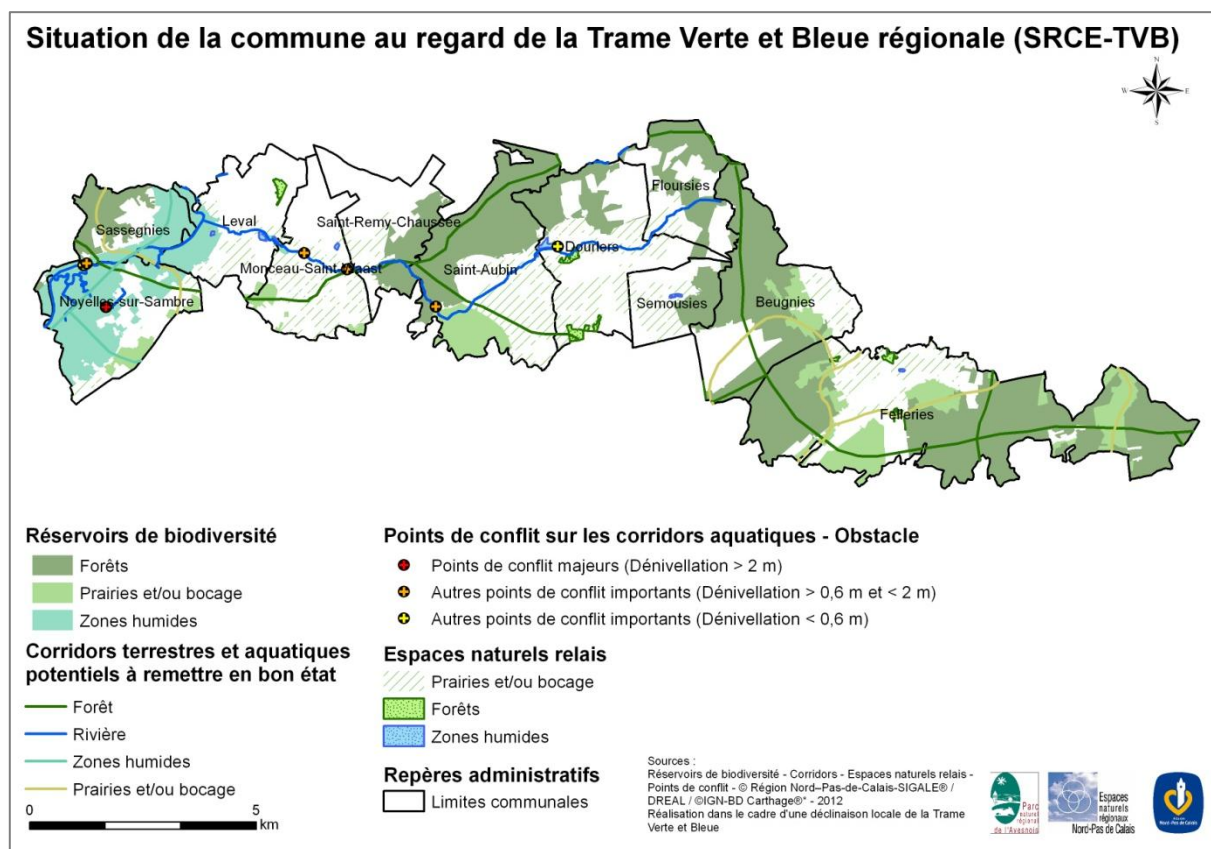


Figure 19 : Situation de la zone d'étude au regard du SRCE-TVB
 (points de conflits correspondant à des barrages exceptés celui situé à la limite de Sassegnies et Noyelles correspondant à une écluse)

PARTIE 3: LES RESULTATS ET L'EVALUATION DU SCHEMA TRAME VERTE ET BLEUE A L'ECHELLE LOCALE DE ONZE COMMUNES

I. Les résultats préliminaires

1. La présentation de la zone d'étude choisie

Le choix de la zone d'étude s'est basé sur la présence de corridors écologiques à restaurer ou à conforter identifiés sur le Schéma Régional de Cohérence Ecologique-Trame Verte et Bleue et sur le Plan de Parc. La zone d'étude proposée pour ce projet concerne onze communes au nord-est du PNR de l'Avesnois (figure 18).

Au regard de la Trame Verte et Bleue régionale établie pour le SRCE-TVB, la zone d'étude semble effectivement être riche en réservoirs de biodiversité et en corridors écologiques à remettre en bon état (figure 19).

D'après le Plan de Parc de 2010-2022, plus précis que le SRCE-TVB, les onze communes sont localisées sur une zone à enjeu fort en terme de restauration des continuités écologiques. En effet, des corridors écologiques aquatiques / humides et des corridors bocagers et forestiers sont à restaurer. Un corridor à l'Est du territoire d'étude sur la commune de Fellerries est à conforter (figure 20). Ainsi, de même que le SRCE-TVB, le Plan de Parc indique que les onze communes proposées sont appropriées pour une étude TVB locale.

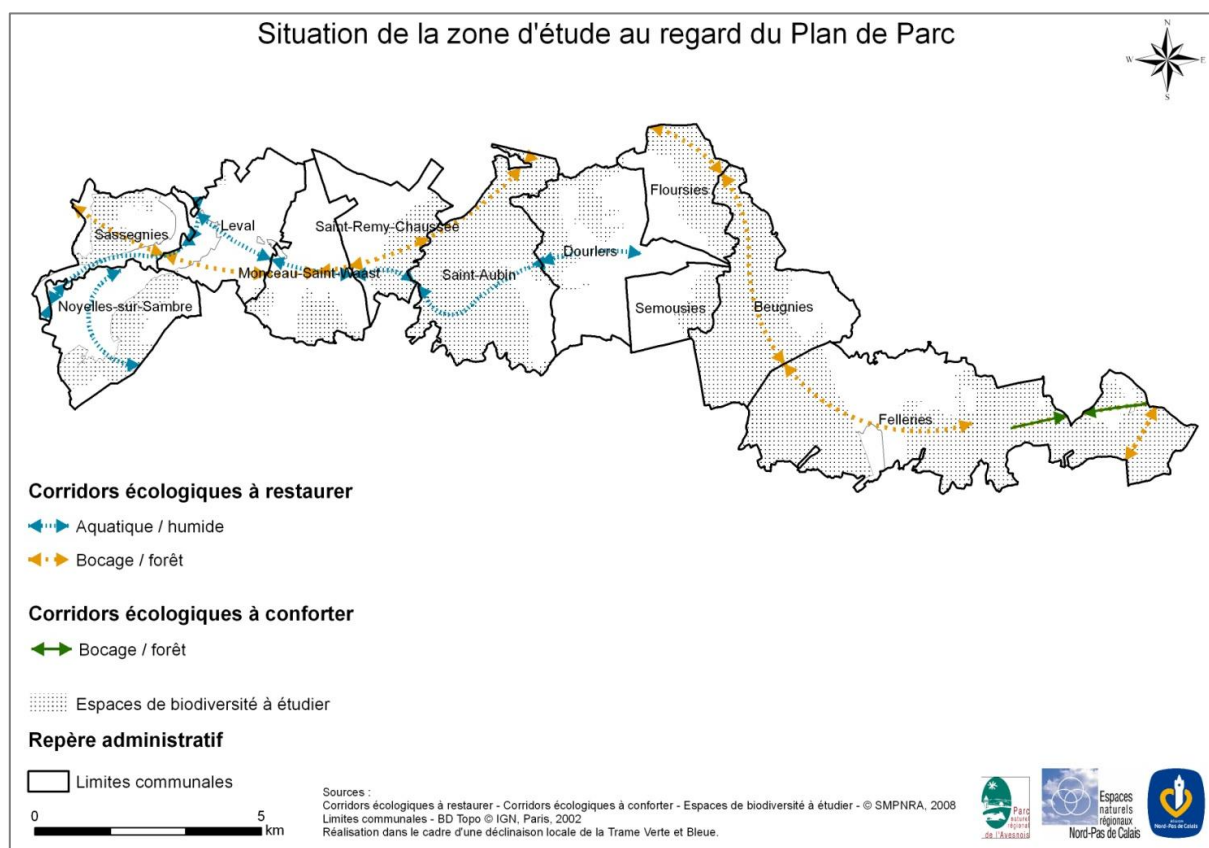


Figure 20 : Situation de la zone d'étude au regard du Plan de Parc

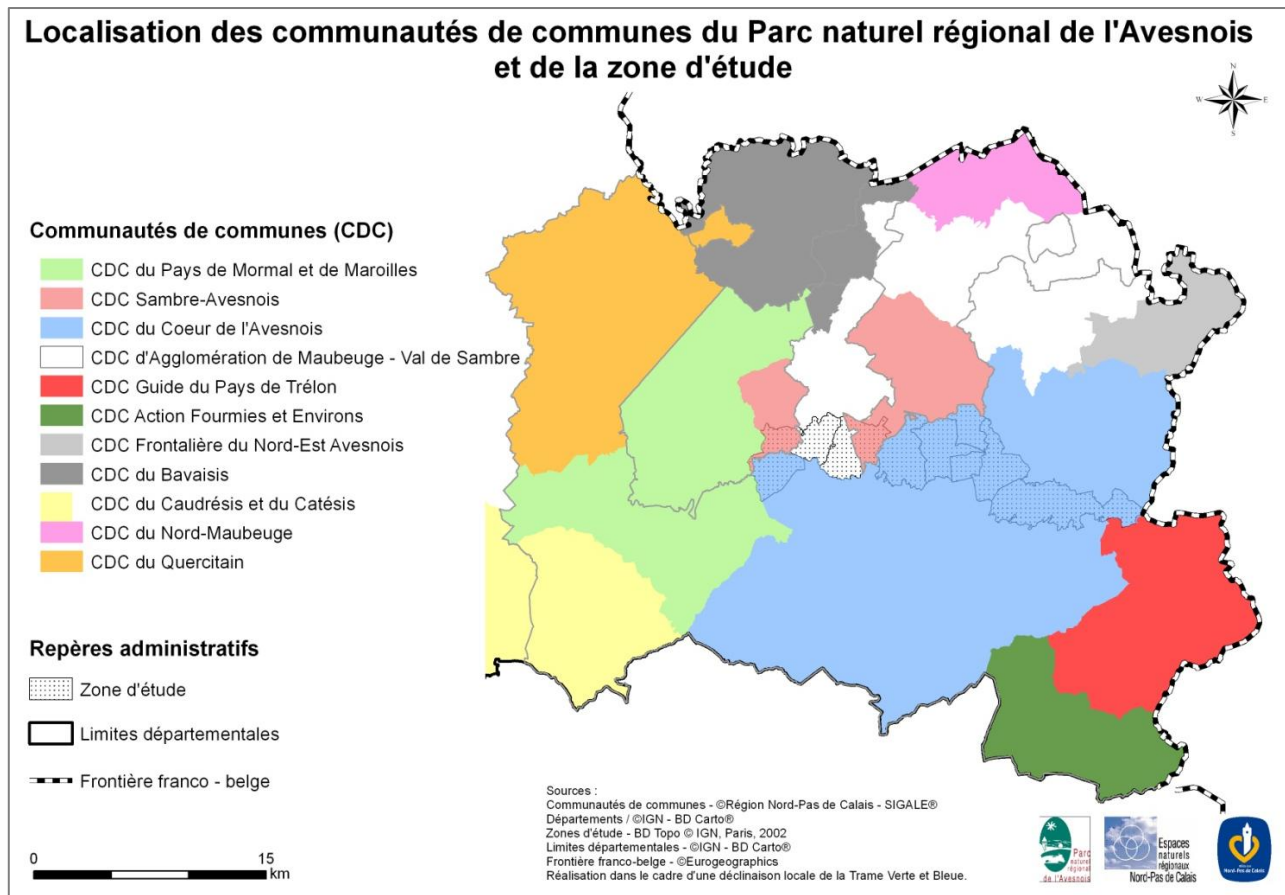


Figure 21 : Localisation des communautés de communes du PNR de l'Avesnois et de la zone d'étude

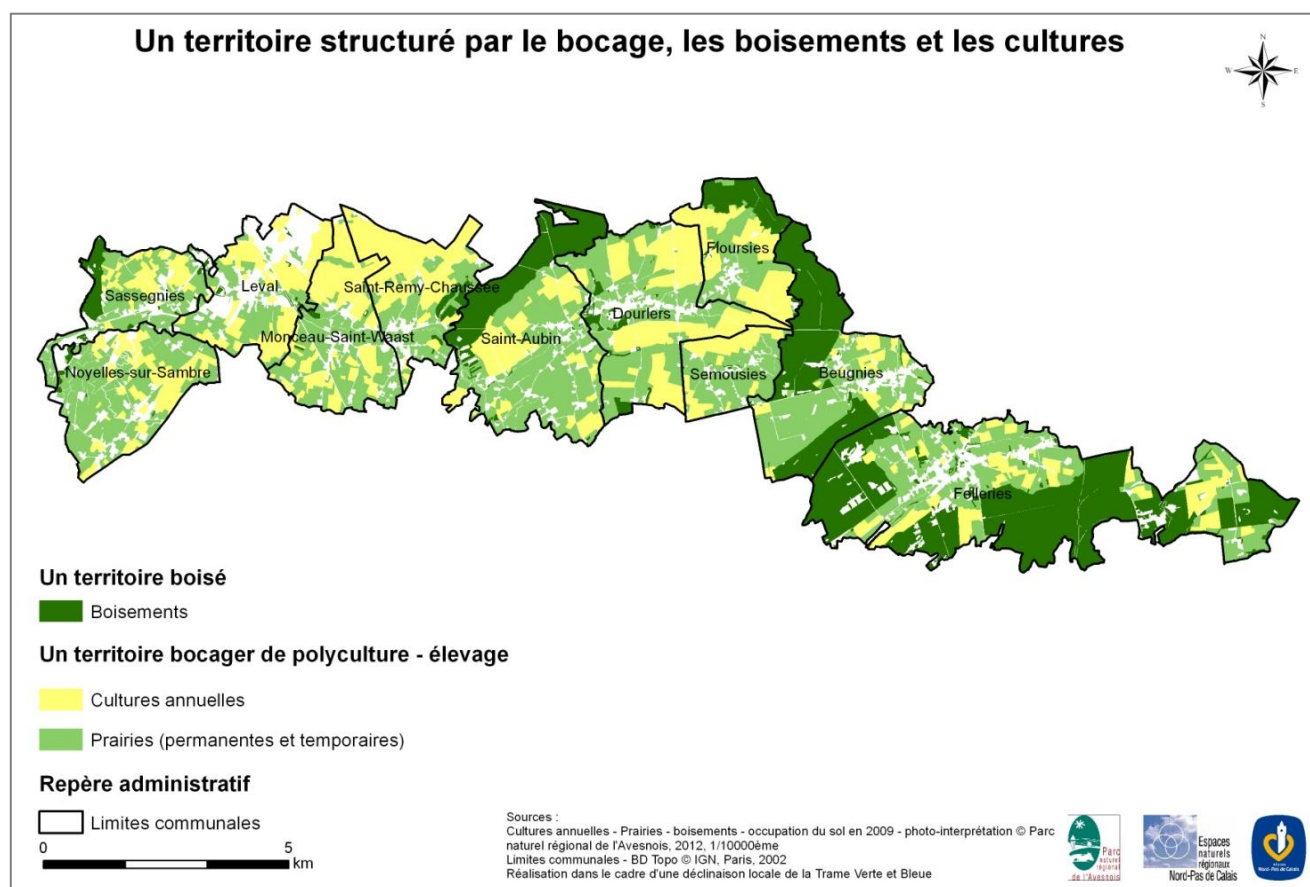


Figure 22 : Un territoire structuré par le bocage, les boisements et les cultures

Ces onze communes appartiennent à trois communautés de communes différentes (figure 21) et s'étendent sur 8 316 ha (tableau 3).

Tableau 3 : Présentation des communes de la zone d'étude

Commune de la zone d'étude	Communauté de communes (CC)	Commune adhérente au PNR	Superficie (ha)
Beugnies	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	894
Dourlers	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	878
Felleries	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	1968
Floursies	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	466
Leval	Agglomération Maubeuge Val de Sambre	Oui	591
Monceau-Saint-Waast	Agglomération Maubeuge Val de Sambre	Oui	600
Noyelles-sur-Sambre	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	657
Saint-Aubin	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	1017
Saint-Rémy-Chaussée	CC Sambre Avesnois	Non*	519
Sassegnies	CC Sambre Avesnois	Oui	418
Semousies	CC Cœur de l'Avesnois	Oui	308

* La mise en place d'un schéma TVB implique la notion de continuité et ainsi la prise en compte de communes adhérentes ou non au PNR de l'Avesnois. Ainsi, la commune de Saint-Rémy-Chaussée étant située sur un corridor écologique à restaurer, la pertinence écologique du projet a rendu indispensable la prise en compte de cette commune dans la zone d'étude.

D'après l'analyse de l'occupation du sol photo-interprétée en 2009, la zone d'étude se caractérise (figure 23) :

- majoritairement par des prairies permanentes (moins de 0,5% de prairies temporaires) représentant 39,4% du territoire étudiée soit 3 278ha,
- par des cultures annuelles représentant 25,2% de la zone d'étude soit 2 094ha,
- par des boisements à 24,2% soit 1 881ha.

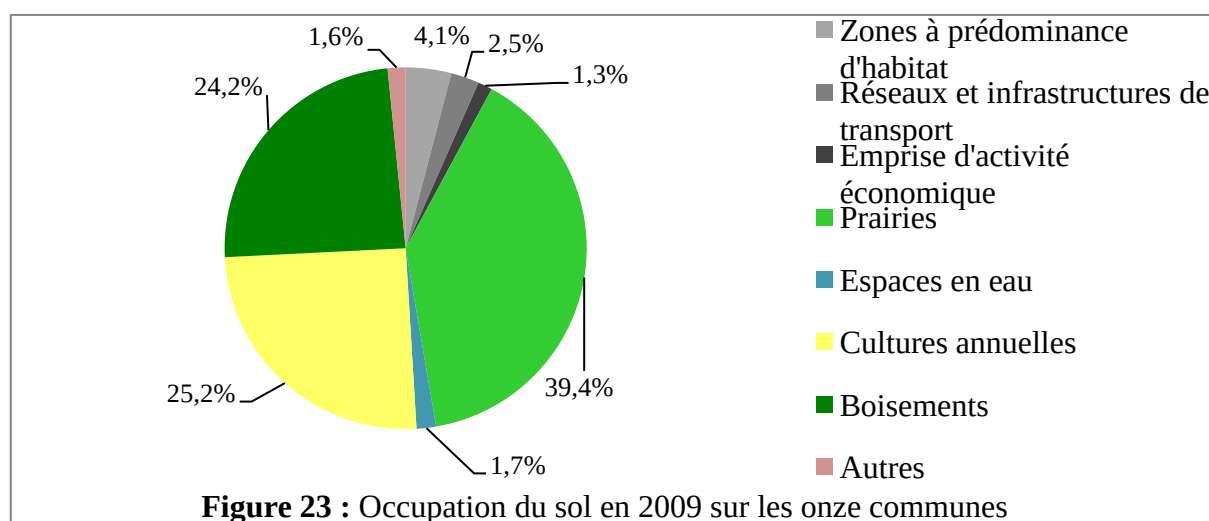


Figure 23 : Occupation du sol en 2009 sur les onze communes

Le territoire d'étude est un secteur agricole bocager comme le montre la figure 22. Ainsi, les sous-trames choisies adaptées au territoire de l'Avesnois sont présentées dans le tableau 4.

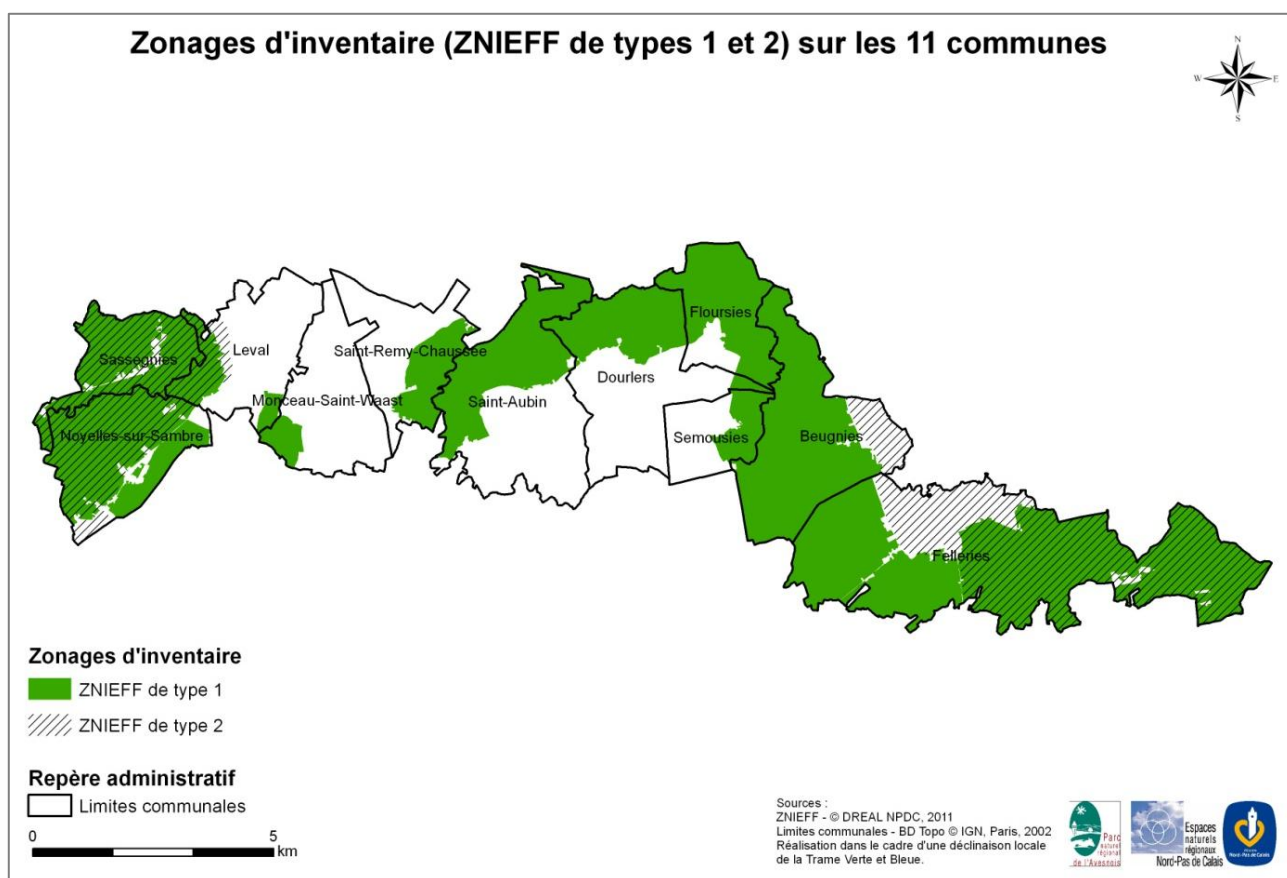


Figure 24 : Localisation des zonages d'inventaire (ZNIEFF de types 1 et 2)

Tableau 4 : Présentation des sous-trames et de leur composition

Sous-trame	Couche correspondante	Champ de la couche	Type de couche
Bocagère	Occupation du sol (2009)	- prairies permanentes - prairies temporaires	Surfacique
	Densité de haie (2009)	/	Linéaire
Boisée	Occupation du sol (2009)	- feuillus - essences mixtes - coupes forestières - autres boisements récents	Surfacique
Cours d'eau	Cours d'eau (2002)	/	Linéaire
Milieux humides	Occupation du sol (2009)	- plans d'eau - marais - espaces associés aux plans d'eau	Surfacique
	Mares, étangs, bras-mort (2009)	/	Ponctuel
	Zones humides du SAGE de la Sambre (2010)	/	Surfacique

2. La non prise en compte des zonages d'inventaire et réglementaire

Pour cartographier les réservoirs de biodiversité à l'échelle des onze communes, le choix a été fait de ne pas utiliser les zonages d'inventaire et réglementaire pour les raisons suivantes.

Les zonages d'inventaire ZNIEFF de types 1 et 2 ne sont pas pris en compte pour l'identification des réservoirs de biodiversité car il s'agit de grands ensembles naturels non adaptés à l'échelle pluricommunale, établis à l'échelle de la région (figure 24) (annexe 5). Une trop grande partie du territoire (67%) serait alors classée en réservoir de biodiversité. D'ailleurs, pour la constitution du Plan de Parc, ces zonages n'ont aussi pas été pris en compte pour l'identification des réservoirs de biodiversité. Les secteurs concernés par ces zonages régionaux ont été classés en "espaces de biodiversité à étudier". En effet, ce sont des espaces dont la valeur patrimoniale n'a pas pu être appréciée à ce jour faute de données spatialisées. Ils constitueront les zones prioritaires d'inventaire pour les douze années de la Charte, afin de confirmer leur valeur patrimoniale et leur état de fonctionnalité écologique.

Le zonage réglementaire Natura 2000 présents sur les communes de Felleries et de Sassegny n'est également pas pris en compte pour l'identification des réservoirs de biodiversité car la surface représentée (0,24ha) est faible et situées en bordure des communes (figure 25) (annexe 5).

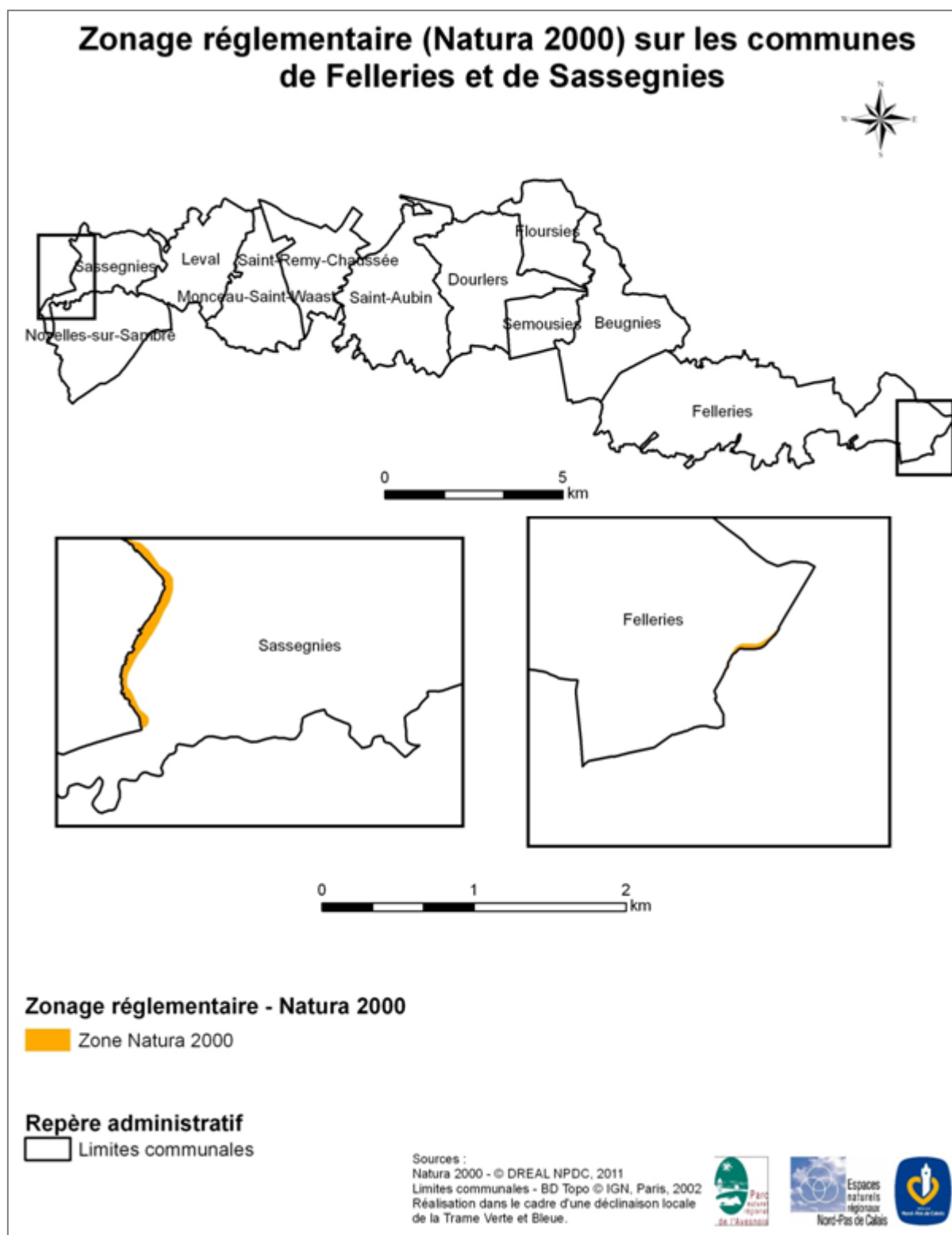


Figure 25 : Localisation des zonages Natura 2000

Après avoir présenté la zone d'étude sur laquelle est appliquée la méthode élaborée dans la partie précédente, les réservoirs de biodiversité, les corridors écologiques, l'analyse de la fragmentation et les zones à enjeux sont présentés par sous-trame. La superficie totale des onze communes classée en réservoir de biodiversité est de 2998ha soit 36% de la zone d'étude. Précisons qu'un même secteur peut appartenir à des réservoirs de biodiversité appartenant à différentes sous-trames.

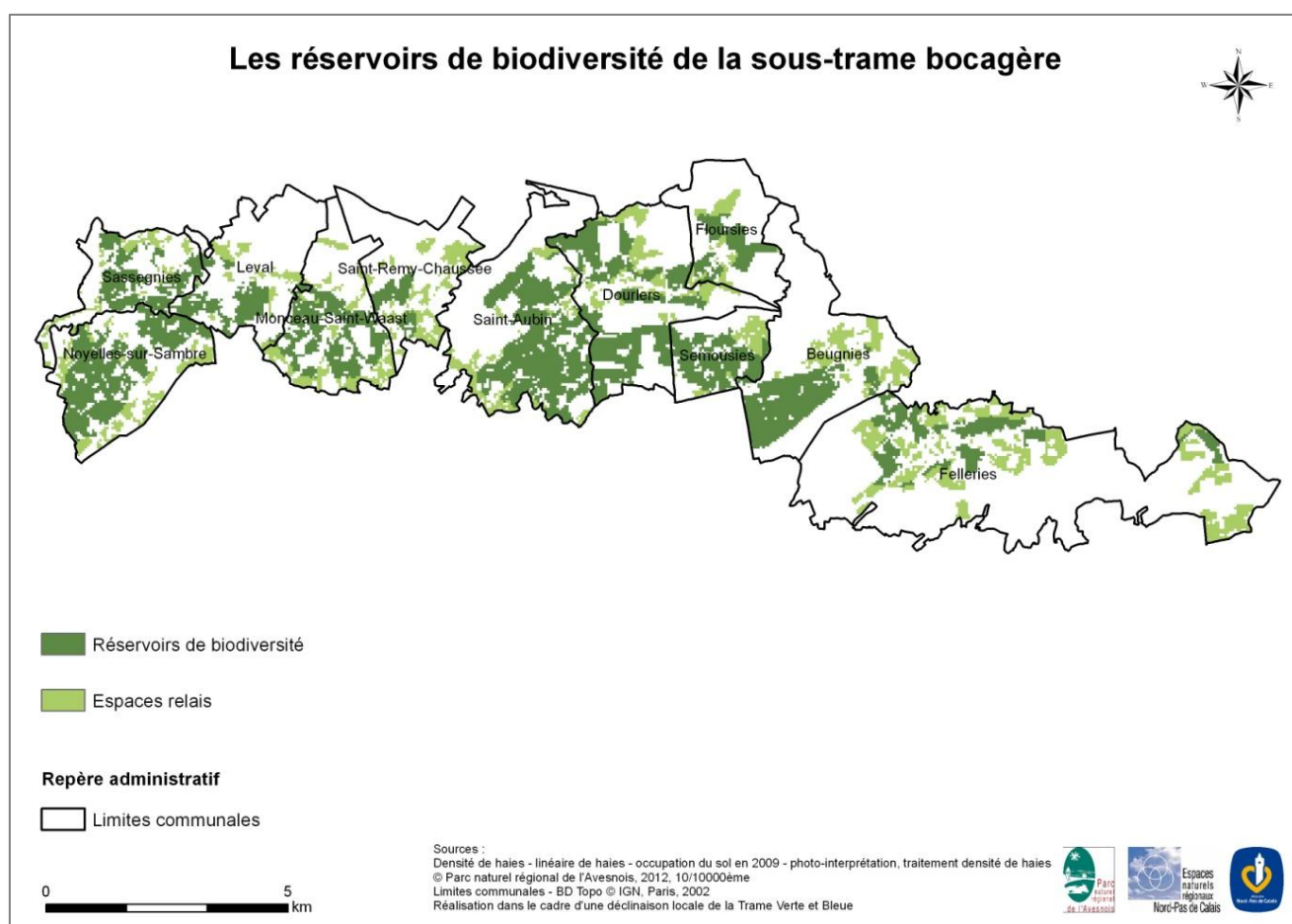


Figure 26 : Les réservoirs de biodiversité et les espaces relais de la sous-trame bocagère

II. L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame bocagère

1. Les réservoirs de biodiversité et les espaces relais identifiés

Suite au croisement de l'indicateur compacité-surface relatif aux prairies et de la densité de haies de 2009, les réservoirs de biodiversité de la sous-trame bocagère se répartissent sur 1 058ha soit 13% du territoire d'étude. Les espaces naturels relais représentent 1 666 ha soit 20% de la zone d'étude (figure 26 ; tableau 5). Par ailleurs, aucun réservoir de biodiversité en milieu bocager identifié au Plan de Parc n'est présent sur la zone d'étude.

Les communes de Noyelles-sur-Sambre et de Saint-Aubin sont celles avec le plus de surface communale classée en réservoir de biodiversité (26% chacune). Concernant les espaces relais, ce sont les communes de Monceau-Saint-Waast et de Semousies qui ont le plus de leur surface communale classée en espaces relais (respectivement 35% et 37%).

Tableau 5 : Répartition des réservoirs de biodiversité et des espaces relais de la sous-trame bocagère

RESERVOIRS DE BIODIVERSITE			ESPACES RELAIS	
Communes	Surface en réservoir (ha)	% de la commune en réservoir	Surface en espace relais (ha)	% de la commune en espace relais
Beugnies	150	17	111	12
Dourlers	133	15	238	27
Felleries	52	3	350	18
Floursies	38	8	83	18
Leval	51	9	83	14
Monceau-Saint-Waast	28	5	211	35
Noyelles-sur-Sambre	168	26	170	26
Saint-Aubin	265	26	150	15
Saint-Rémy-Chaussée	34	6	80	15
Sassegnies	80	19	76	18
Semousies	59	19	113	37
Total	1058	/	1666	/

2. Les corridors écologiques identifiés

- Les corridors identifiés par la méthode de dilatation-érosion

L'identification des corridors écologiques du Hérisson d'Europe par la méthode de dilatation-érosion met en évidence quatre entités.

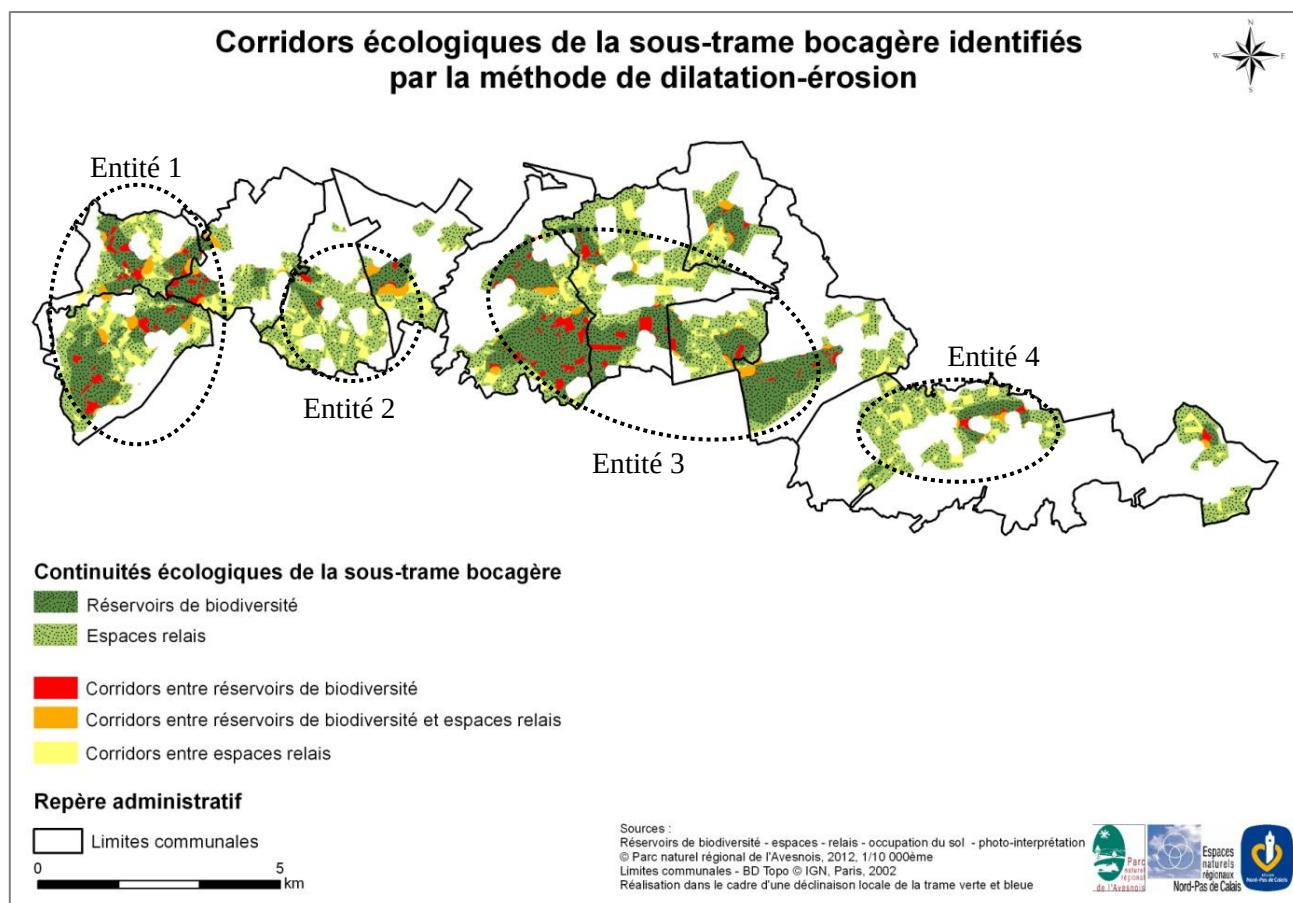


Figure 27 : Les corridors écologiques de la sous-trame bocagère identifiés par la méthode de dilatation-érosion

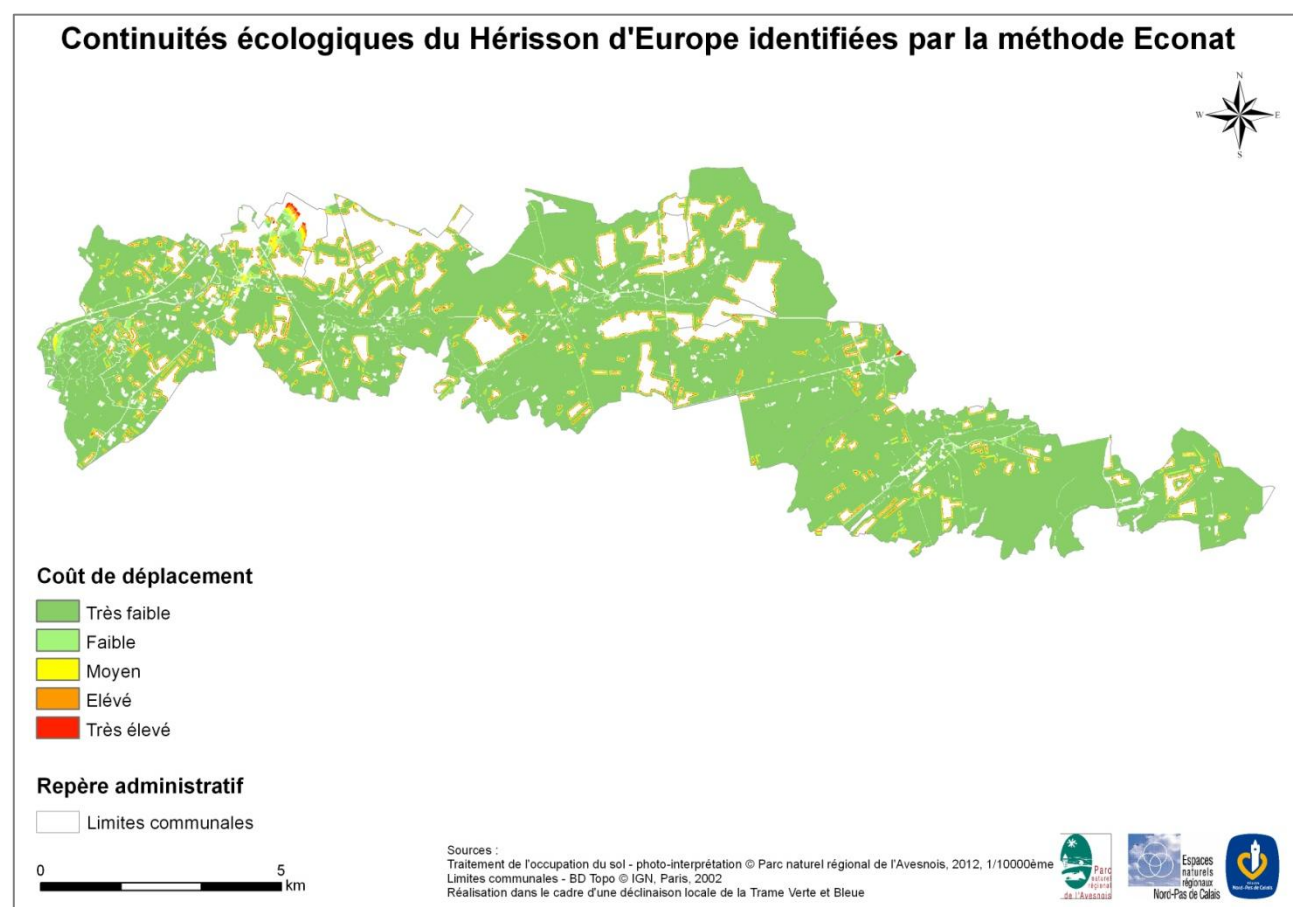


Figure 28 : Les continuités écologiques de la sous-trame bocagère identifiées par la méthode Econat

L'entité 1 se situe sur les communes de Noyelles-sur-Sambre, Sassegnies et au sud-ouest de Leval (figure 27). Trois réservoirs de biodiversité principaux sont interconnectés par des espaces relais. L'entité 3 se situe sur les communes de Saint-Aubin, Dourlers, Semousies et Beugnies (figure 27). Dans la moitié sud de ces communes, six réservoirs de biodiversité principaux sont interconnectés par des espaces relais. Ces deux premières entités doivent être conservées pour garantir la pérennité de ces zones qui semblent être des noyaux riches en biodiversité.

Les entités 2 et 4 sont des zones où les espaces relais sont bien représentés d'une part sur les communes de Monceau-Saint-Waast et Saint-Rémy-Chaussée et d'autre part sur la commune de Felleries (figure 27). Dans ces deux secteurs, la connexion entre les espaces relais pourrait être renforcée pour qu'ils deviennent de véritables zones de passage entre les secteurs riches en réservoirs de biodiversité.

- Les continuités écologiques identifiées par la méthode Econat

Par la méthode Econat, une seule grande entité se dégage avec un coût de déplacement très faible représentant une perméabilité très élevée des milieux traversés par l'espèce cible (figure 28). Cette entité correspond au réseau écologique du Hérisson d'Europe. Une seule entité est mise en évidence car les prairies (permanentes et temporaires) et les feuillus, qui sont les milieux structurants pour le Hérisson d'Europe, représentent une surface importante de la zone d'étude (respectivement 39,4% et 24,2% de la zone d'étude en 2009).

3. L'analyse de la fragmentation

Les continuités écologiques identifiées présentent des ruptures. Par la méthode de dilatation-érosion, l'entité 1 est fragmentée par une route avec moins de 1000 véhicules qui y circulent par jour (rupture secondaire) et par une route avec plus de 1000 véhicules par jour (rupture principale) bordant l'entité (figure 29). Cette entité est isolée des autres. L'entité 3 est fragmentée par deux routes avec moins de 1000 véhicules par jour et par deux routes avec plus de 1000 véhicules par jour. L'entité 2 est fragmentée par la voie ferrée (rupture principale). L'entité 4 est fragmentée par une route avec plus de 1000 véhicules par jour et par une route avec moins de 1000 véhicules par jour. Les entités 2, 3 et 4 pourraient être connectées les unes aux autres en renforçant les espaces relais et en diminuant la fragmentation.

Quant aux cours d'eau, ils font office de barrière naturelle principalement dans l'entité 1 avec la présence de la Sambre, de l'Helpe Majeure et de fossés toujours en eau. Mais cette barrière n'est pas meurtrière comme les axes de communication pour le Hérisson d'Europe. En effet, celui-ci ne traversera pas le cours d'eau sauf si une branche ou un tronc d'arbre l'entravent.

Avec la méthode Econat, le réseau écologique du Hérisson d'Europe couvre une grande partie du territoire d'étude. Ainsi, les mêmes ruptures semblent impacter plus les continuités écologiques avec cette méthode qu'avec la méthode de dilatation-érosion (figure 30). Les ruptures sont néanmoins bien plus étendues qu'avec la méthode de dilatation-érosion, leur localisation est moins ciblée.

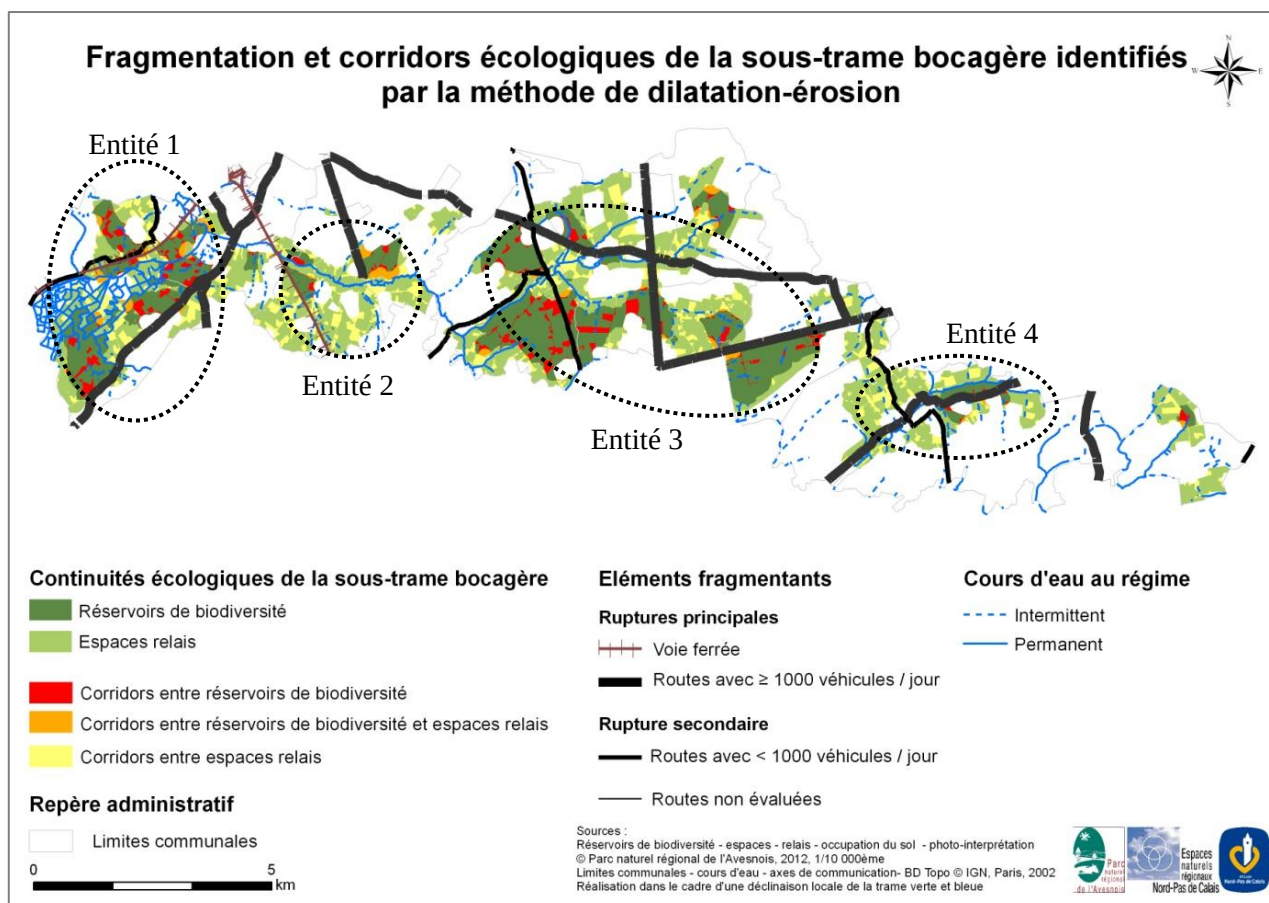


Figure 29 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame bocagère identifiés par la méthode de dilatation-érosion

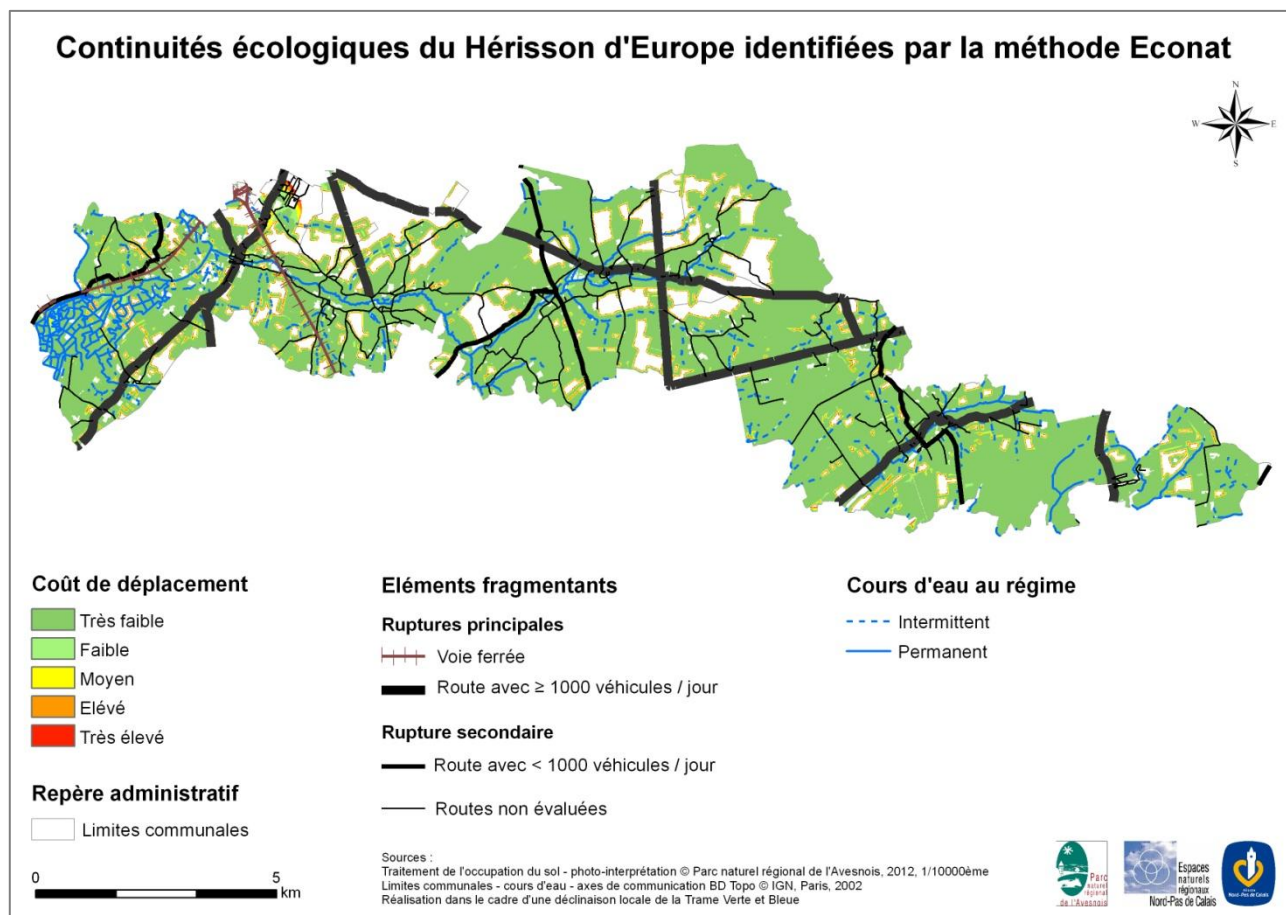


Figure 30 : Fragmentation et continuités écologiques de la sous-trame bocagère identifiées par la méthode Econat

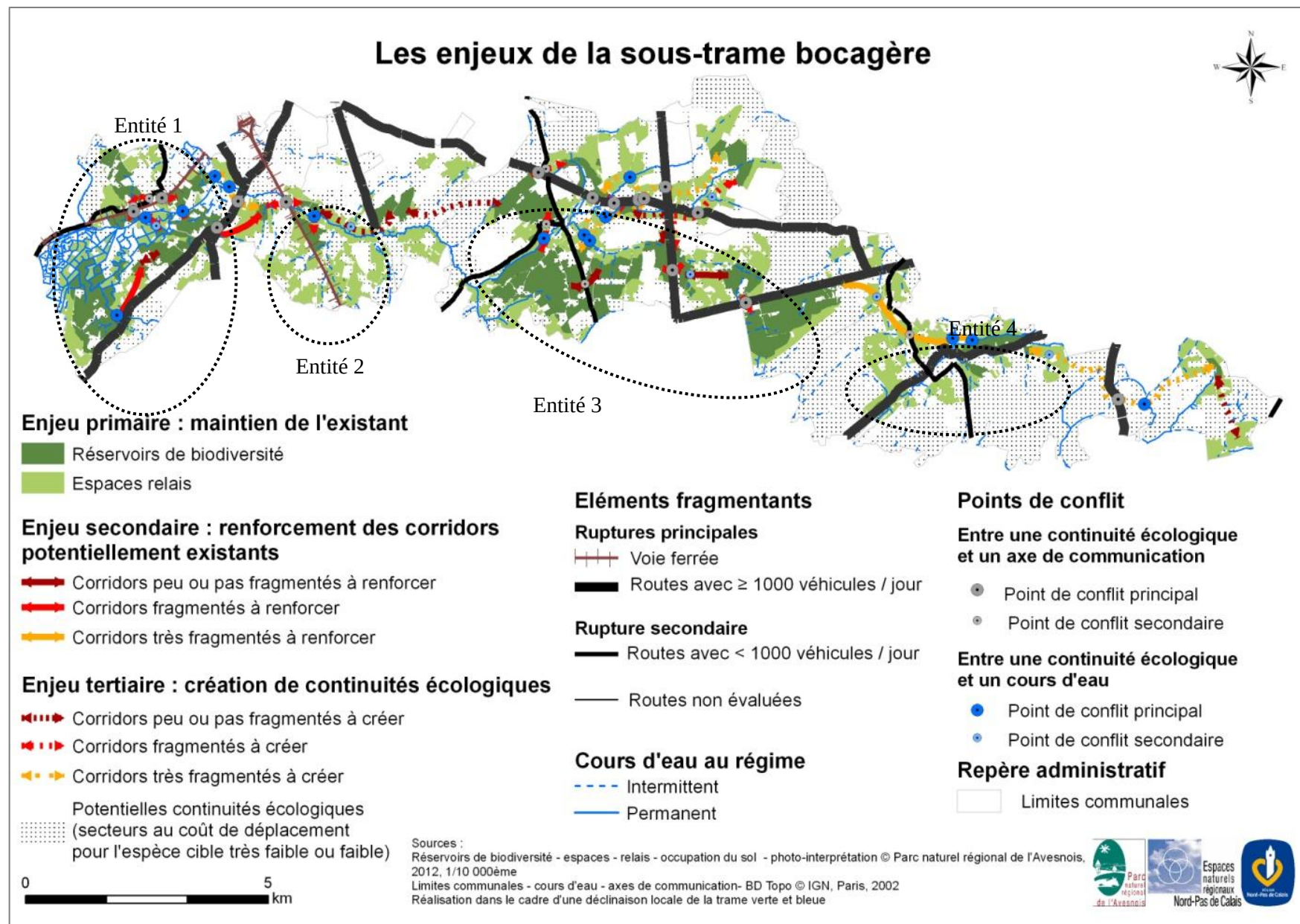


Figure 31 : Les zones à enjeux de la sous-trame bocagère

4. Les zones à enjeux

Les zones à enjeux de la sous-trame bocagère sont présentées sur la figure 31. Elles ont été déterminées à partir des méthodes utilisées précédemment, les points de conflit ayant été cartographiés plus précisément à partir de la carte illustrant la méthode de dilatation-érosion car des entités particulières s'y dégagent.

Selon l'enjeu primaire, les entités 1 et 3 sont celles contenant les surfaces les plus importantes en terme de réservoirs de biodiversité. Elles semblent donc prioritaires pour la mise en place d'actions par rapport aux entités 2 et 4.

De même, selon l'enjeu secondaire qui consiste à renforcer les corridors existants, les entités 1 et 3 qui présentent le plus de points de conflits semblent être des secteurs où des actions de limitation de la fragmentation sont prioritairement menées.

Selon l'enjeu tertiaire qui consiste à créer de nouveaux corridors, la création d'une connexion entre les entités 2 et 3 paraît être prioritaire. La création de cette connexion permettrait de mettre en relation les réservoirs de biodiversité de l'entité 1 avec ceux de l'entité 3 via les espaces relais de l'entité 2.

III. L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame boisée

1. Les réservoirs de biodiversité et les espaces relais identifiés

En fonction de la compacité-surface des boisements de la zone d'étude, les réservoirs de biodiversité identifiés représentent 1 475ha soit 18% de la zone d'étude et les espaces relais couvrent 247ha soit 3% du territoire étudié (figure 32). Par ailleurs, le réservoir de biodiversité du milieu forestier identifié au Plan de Parc sur la commune de Felleries est compris dans les réservoirs de biodiversité de la zone d'étude. Il s'agit d'un Espace Naturel Sensible désigné par le Conseil Général du Nord. Cet espace écologiquement remarquable doit être pérennisé par une gestion appropriée et aménagé pour accueillir du public.

Les communes de Beugnies, Felleries, Floursies et Saint-Aubin sont celles avec le plus de surface communale classée en réservoir de biodiversité (tableau 6). Les boisements de ces communes appartiennent à la haie d'Avesnes. Concernant les espaces relais, ce sont les communes de Felleries et Sassegnies qui ont le plus de leur surface communale classée en espaces relais avec respectivement 8% et 10%.

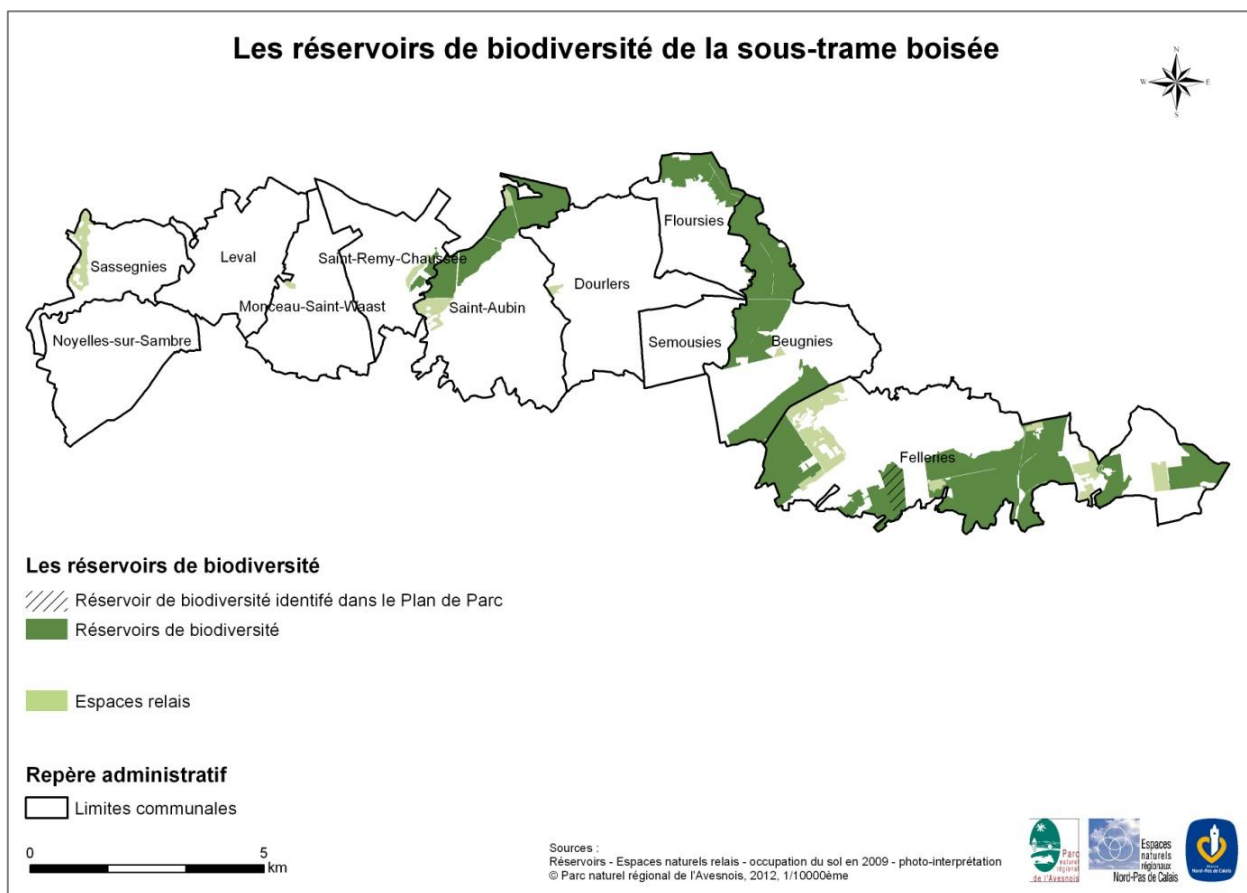


Figure 32 : Les réservoirs de biodiversité de la sous-trame boisée

Tableau 6 : Répartition des réservoirs de biodiversité et des espaces relais de la sous-trame boisée

RESERVOIRS DE BIODIVERSITE			ESPACES RELAIS	
Communes	Surface en réservoir (ha)	% de la commune classée en réservoir	Surface en espace relais (ha)	% de la commune en espace relais
Beugnies	400	45	3	0,3
Dourlers	1	0,1	4	0,5
Felleries	741	38	157	8
Monceau-Saint-Waast	/	/	3	1
Floursies	101	22	/	/
Saint-Aubin	217	21	30	3
Saint-Rémy-Chaussée	14	3	9	2
Sassegnies	/	/	40	10
Semousies	1	0,4	/	/
Total	1475	/	247	/

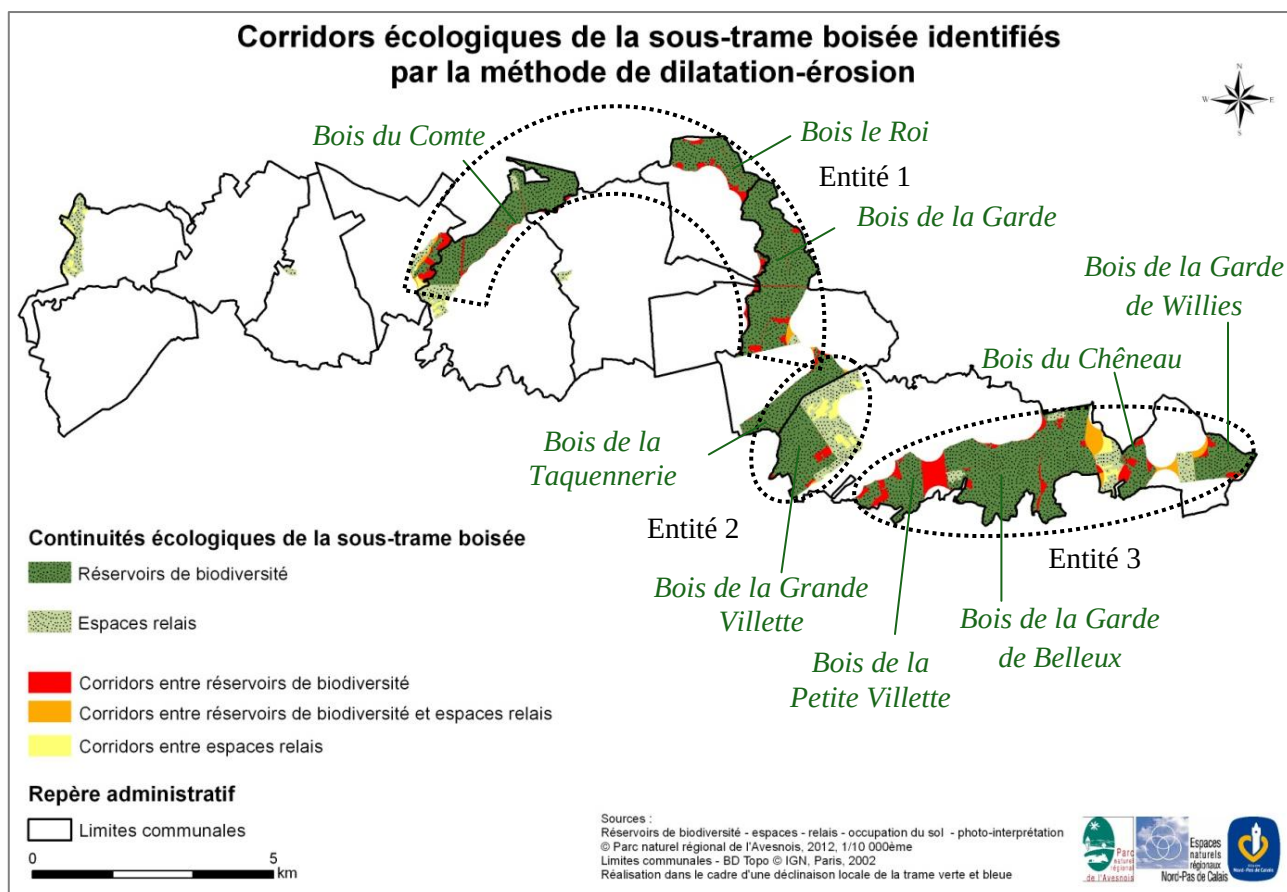


Figure 33 : Les continuités écologiques de la sous-trame boisée identifiées par la méthode de dilatation-érosion

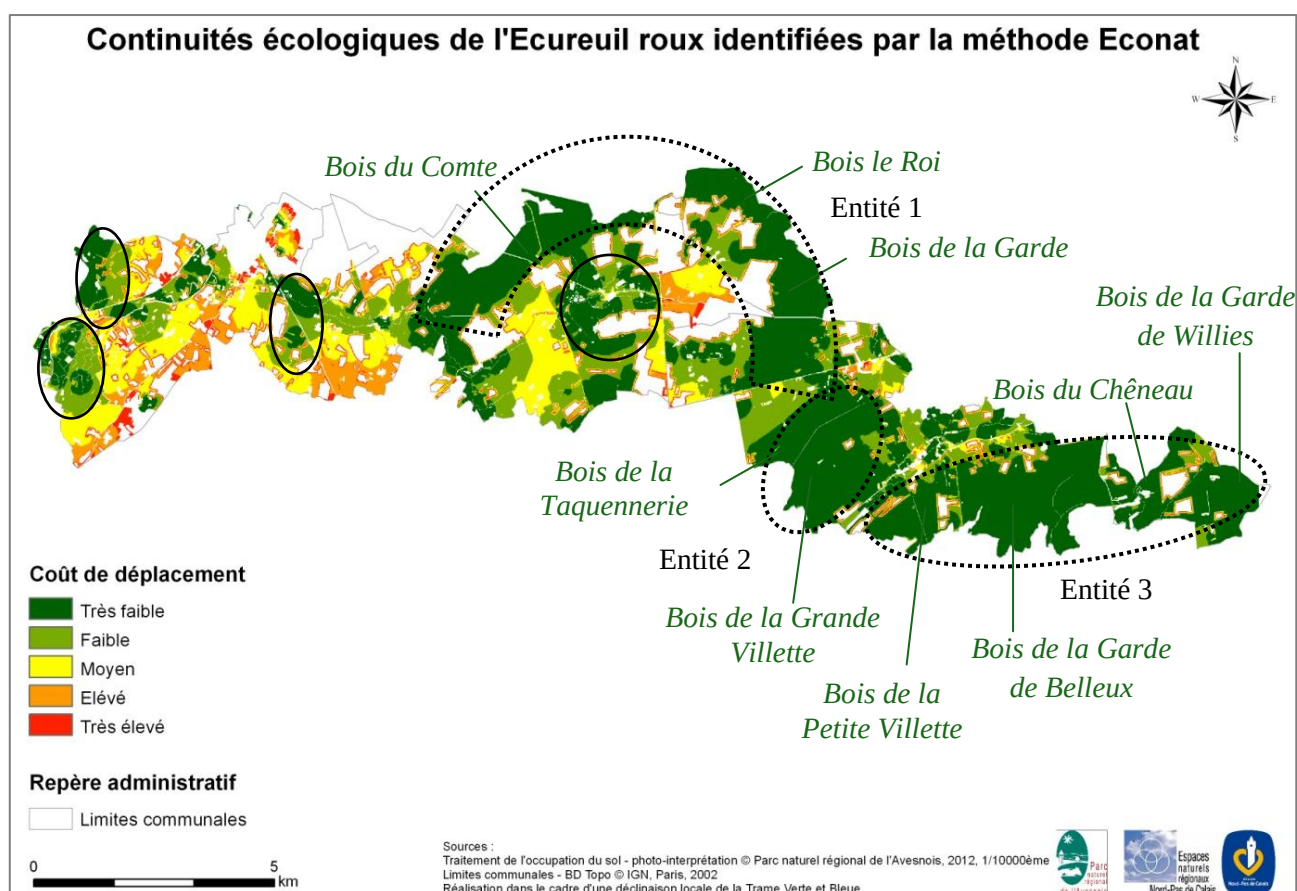


Figure 34 : Les corridors écologiques de la sous-trame boisée identifiés par la méthode Econat

2. Les corridors écologiques identifiés

- Les corridors identifiés par la méthode de dilatation-érosion

D'après la figure 33, trois entités boisées se dégagent de la zone d'étude. L'entité 1 correspond aux boisements de la haie d'Avesnes avec le Bois du Comte sur Saint-Aubin, le Bois le Roi sur Floursies et le Bois de la Garde sur Beugnies. L'entité 2 se compose du Bois de la Taquennerie sur Beugnies et du Bois de la Grande Villette sur Felleries. Enfin, l'entité 3 est constituée par le Bois de la Petite Villette, le Bois de la Garde de Belleux, le Bois du Chêneau et par le Bois de la Garde de Willies sur la commune de Felleries. D'après la distance de dispersion journalière moyenne de l'Ecureuil roux, ces trois entités ne sont pas connectées entre elles. Peu d'espaces relais peuvent assurer leur connexion.

- Les continuités écologiques identifiées par la méthode Econat

Les continuités écologiques identifiées par la méthode Econat sont assez similaires à celles identifiées par la méthode de dilatation-érosion (figure 34). Cependant, par la méthode Econat, des secteurs conséquents en terme de surface ressortent en zones à très faible coût de déplacement pour l'Ecureuil roux sur les communes de Noyelles-sur-Sambre, Sassegnies, Monceau-Saint-Waast et Dourlers (figure 34 - cercles noirs en traits plein) . Cette différence peut s'expliquer par des densités de haies importantes dans ces zones, des haies qui ont été jugées comme des milieux attractifs pour l'Ecureuil roux. En outre, des connexions plus importantes entre les milieux structurants (à très faible coût de déplacement) sont révélées par la méthode Econat contrairement à la méthode de dilatation-érosion entre les entités 1, 2 et 3.

3. L'analyse de la fragmentation

Les continuités écologiques identifiées présentent des ruptures. Par la méthode de dilatation-érosion, l'entité 1 est fragmentée par deux routes avec plus de 1000 véhicules par jour (rupture principale) et par une route avec moins de 1000 véhicules par jour (rupture secondaire). Il s'agit de l'entité boisée la plus fragmentée. L'entité 2 n'a pas de rupture principale ou secondaire. Mais des routes traversent tout de même cette entité mais leur perméabilité n'a pas été évaluée faute de données. Enfin, l'entité 3 est coupée par une route avec plus de 1000 véhicules par jour et par une route avec moins de 1000 véhicules par jour. Il est remarquable que les ruptures principales et secondaires isolent les entités les unes des autres (figure 35).

Avec la méthode Econat, le réseau écologique de l'Ecureuil roux couvre une plus grande partie du territoire d'étude. Ainsi, les mêmes ruptures impactent plus de continuités écologiques avec cette méthode qu'avec la méthode de dilatation-érosion (figure 36). Elles sont néanmoins bien plus étendues qu'avec la précédente méthode. Leur localisation est moins ciblée.

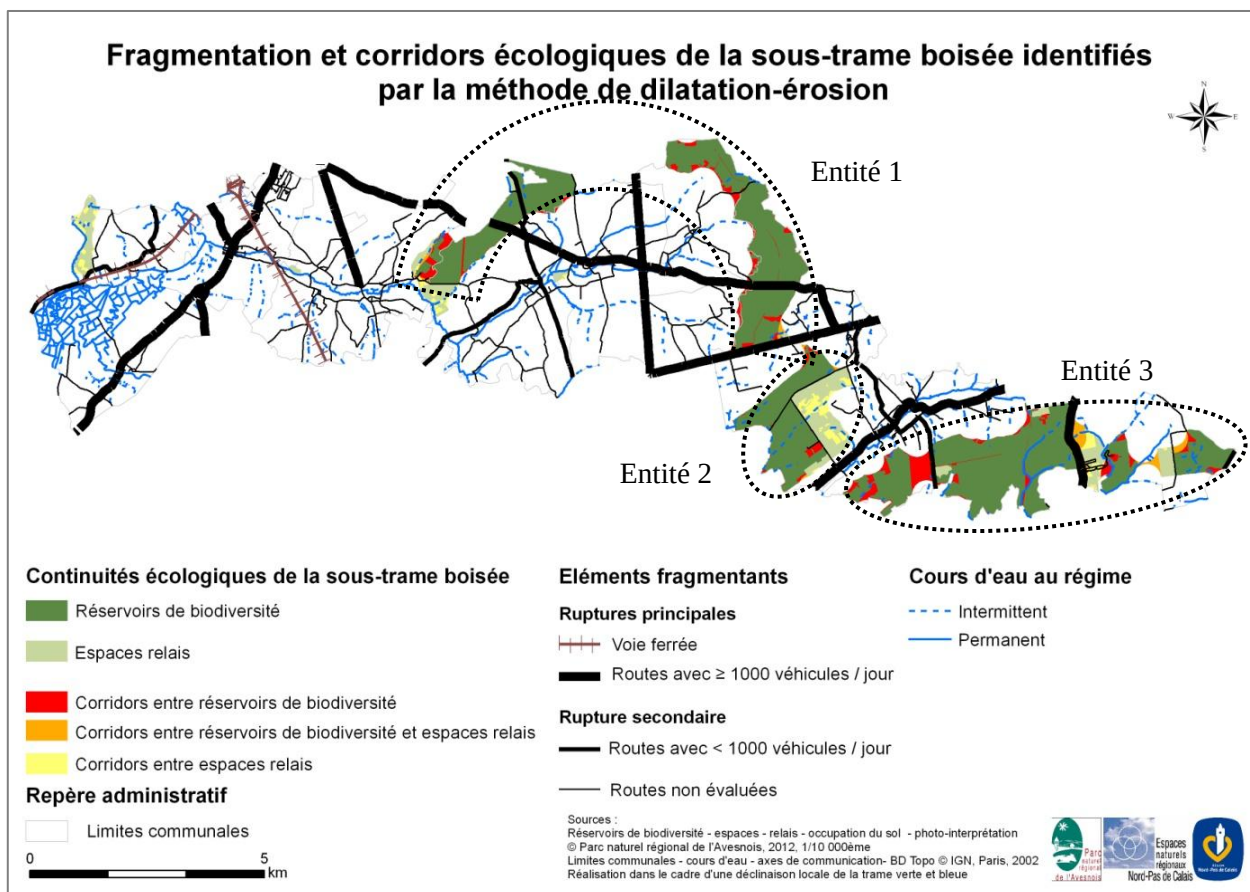


Figure 35 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame boisée identifiés par la méthode de dilatation-érosion

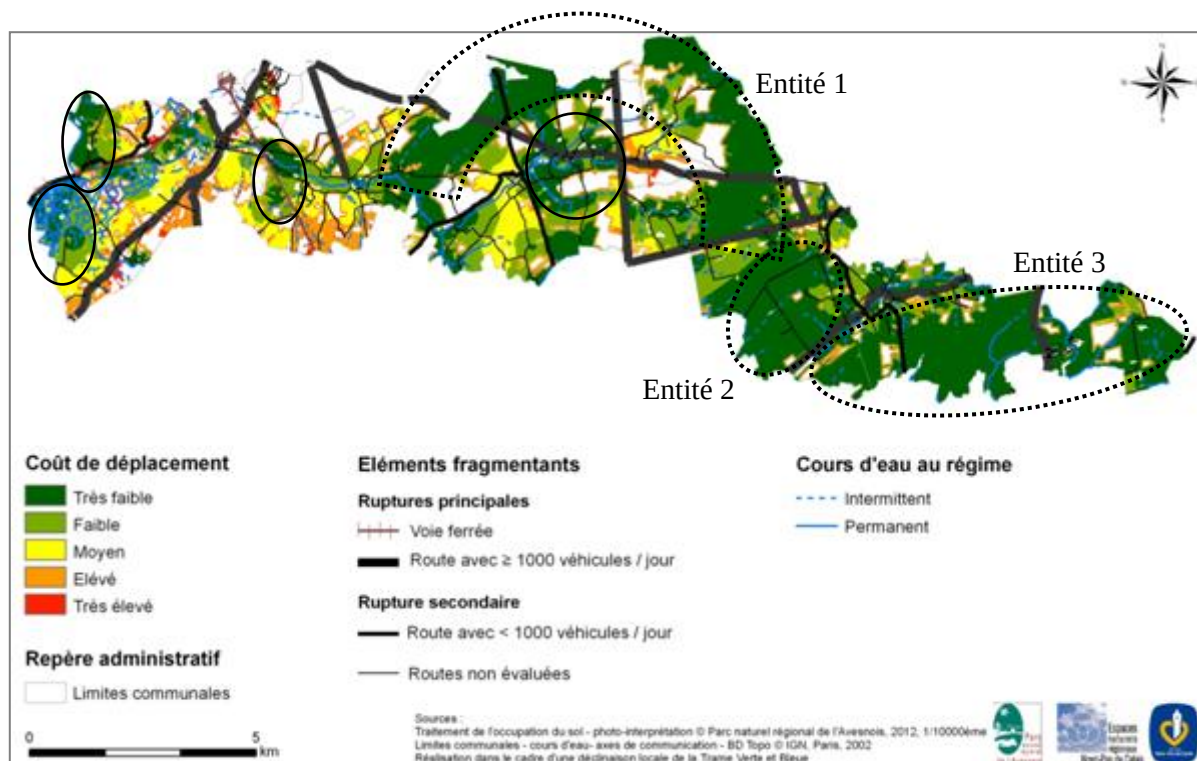


Figure 36 : Fragmentation et continuités écologiques de la sous-trame boisée identifiées par la méthode Econat

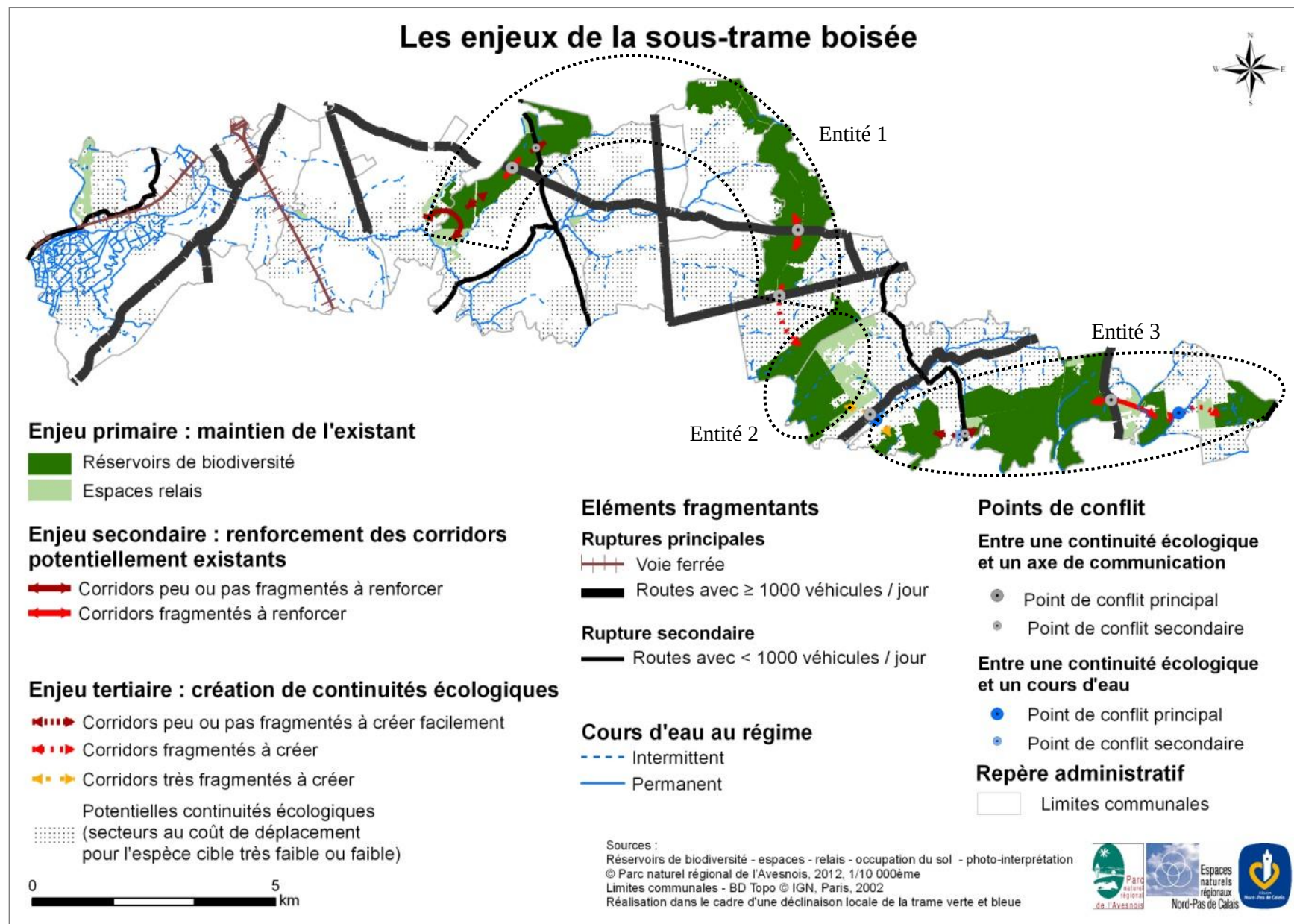


Figure 37 : Les zones à enjeux de la sous-trame boisée

4. Les zones à enjeux

Les zones à enjeux de la sous-trame boisée sont présentées sur la figure 37. Elles ont été déterminées à partir des méthodes utilisées précédemment, les points de conflits ayant été cartographiés plus précisément à partir de la carte illustrant la méthode de dilatation-érosion car des entités particulières s'y dégagent.

Selon l'enjeu primaire consistant à maintenir l'existant, les trois entités semblent intéressantes à étudier pour y mener des actions dans le futur. Mais en se rappelant que la haie d'Avesnes, correspondant à l'entité 1, est un espace d'intérêt patrimonial reconnu à l'échelle de la région, des actions pourraient y être menées prioritairement par rapport aux entités 2 et 3. De plus, selon l'enjeu secondaire visant à renforcer les corridors, cette même entité 1 présente le plus de corridors existants mais dont le fonctionnement est limité par des axes routiers fragmentants.

Selon l'enjeu tertiaire consistant à créer de nouveaux corridors, la création de connexions entre les entités 1, 2 et 3 paraît être prioritaire. Cela permettrait de mettre en relation les réservoirs de biodiversité de l'entité 1 avec ceux des entités 3 et 4.

IV. L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame milieux humides

1. Les réservoirs de biodiversité identifiés

Les réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides (figure 38) se répartissent sur plus de 617ha soit sur plus de 10% de la zone d'étude avec :

- un réservoir de biodiversité identifié au Plan de Parc (422ha),
- des mares (dont 12 localisées grâce aux agriculteurs rencontrés), étangs et bras-mort (superficie non évaluée),
- 23 mares sur lesquelles une Mesure Agro-environnementale Territorialisée (MAEt) a été contractée entre 2009 et 2012 (0,3ha),
- des zones humides identifiées dans le SAGE de la Sambre recoupant le réservoir de biodiversité identifié au Plan de Parc (374ha),
- des marais (27ha),
- des espaces associés aux plans d'eau (19ha).

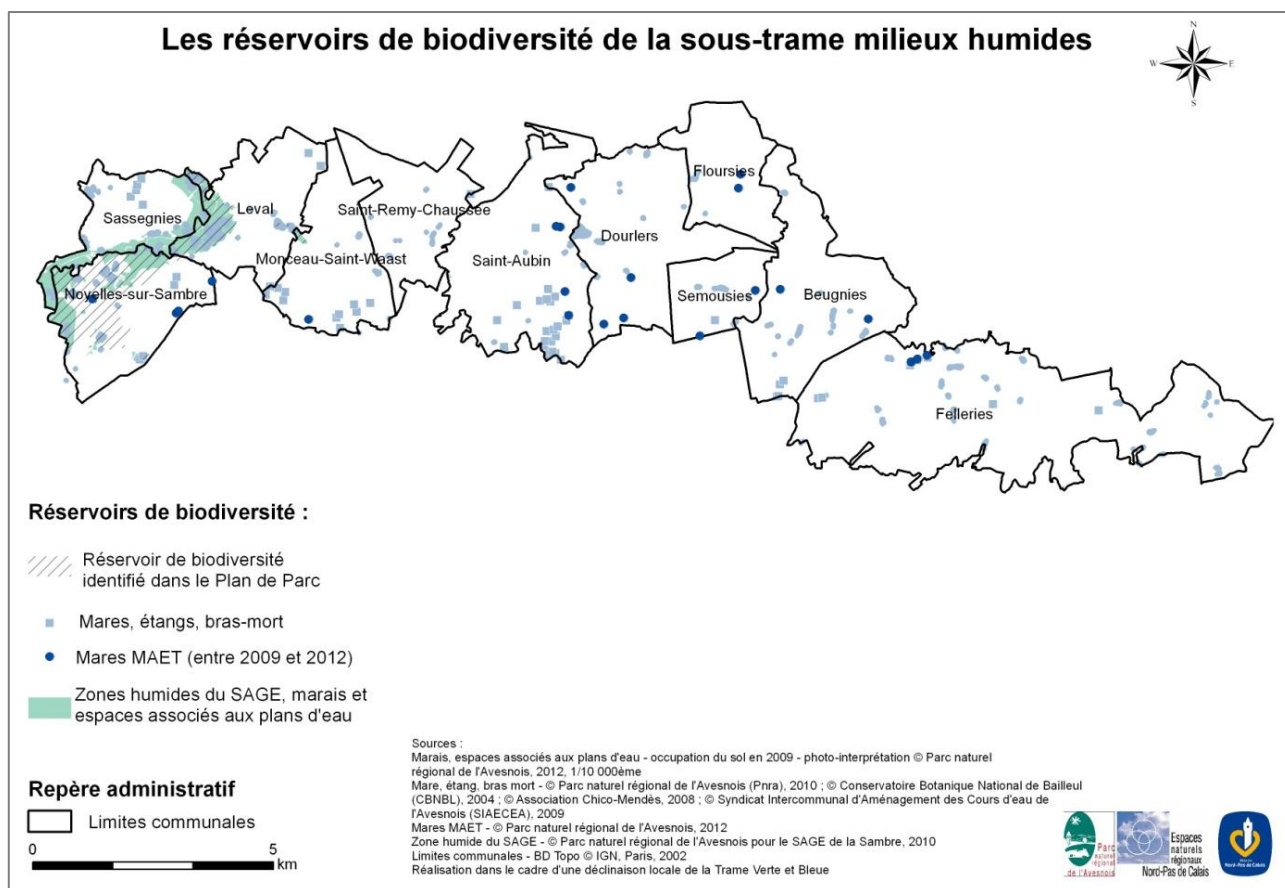


Figure 38 : Les réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides

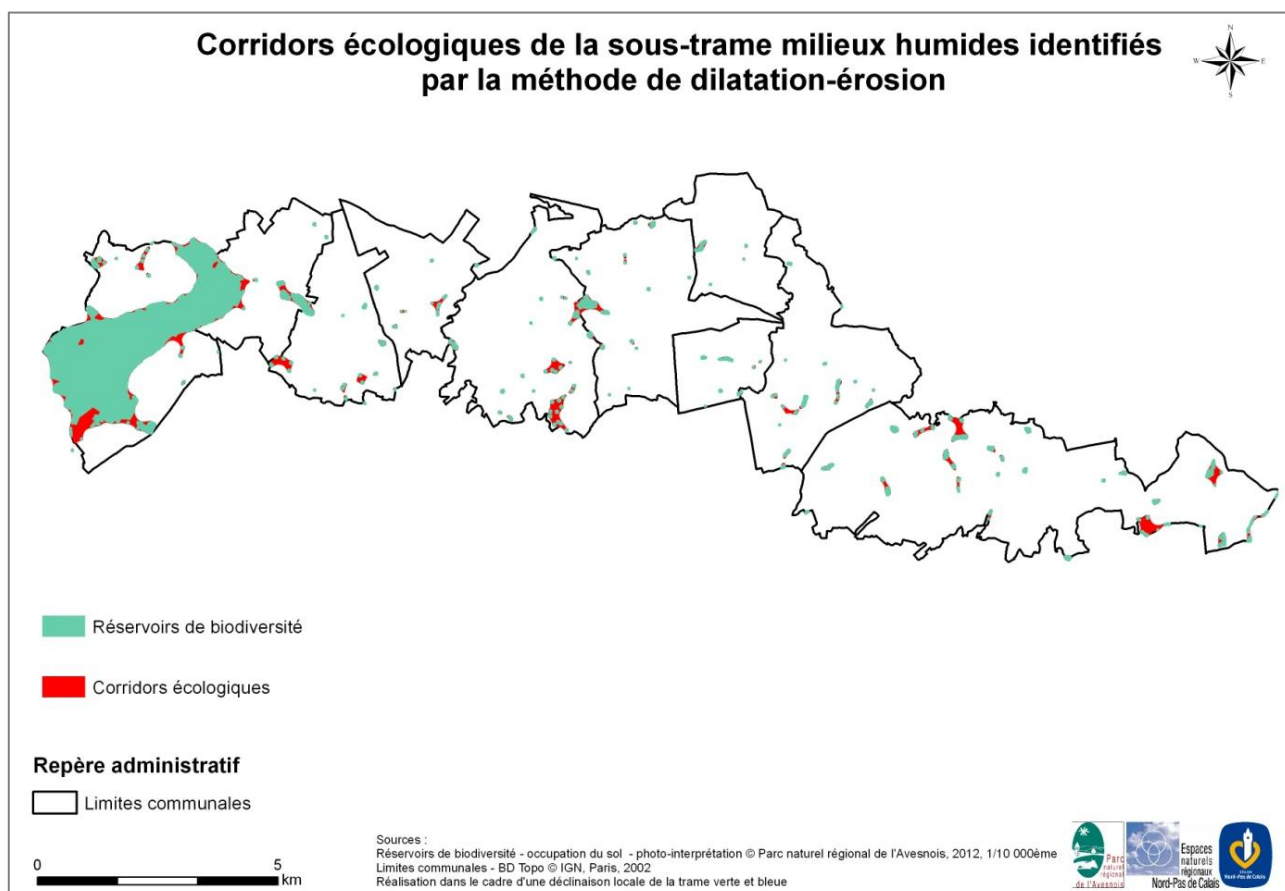


Figure 39 : Les corridors écologiques de la sous-trame milieux humides identifiés par la méthode de dilatation-érosion

Les communes de Leval, Noyelles-sur-Sambre et Sassegnies sont celles qui ont le plus de surfaces classées en réservoir de biodiversité avec respectivement 22%, 48% et 32% (figure 38 ; tableau 7).

Tableau 7 : Répartition des réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides

RESERVOIRS DE BIODIVERSITE		
Communes	Surface en réservoir (ha)	% de la surface communale en réservoir
Beugnies	3	0,4
Dourlers	5	0,6
Felleries	14	0,7
Floursies	1	0,2
Leval	128	22
Monceau-Saint-Waast	7	1,1
Noyelles-sur-Sambre	318	48
Saint-Aubin	5	0,5
Saint-Rémy-Chaussée	1	0,2
Sassegnies	134	32
Semousies	1	0,3
Total	617	/

2. Les corridors écologiques identifiés

▪ Les corridors identifiés par la méthode de dilatation-érosion

D'après la figure 39, les corridors écologiques du Triton alpestre identifiés par la méthode de dilatation-érosion sont assez réduits. Les zones humides sur la partie ouest de la zone d'étude forment le corridor le plus important en terme de surface. Par ailleurs, de façon ponctuelle, des mares, plans d'eau ou étangs sont interconnectés entre eux.

▪ Les continuités écologiques identifiées par la méthode Econat

Avec cette méthode, les continuités écologiques sont plus développées pour le Triton alpestre (figure 42). Cela peut s'expliquer par la prise en compte dans la matrice de résistance de la sous-trame des bandes enherbées, des prairies (permanentes et temporaires), de quelques boisements (essences mixtes et feuillus), des vergers traditionnels, des peupleraies, des cours d'eau au régime temporaire et des haies comme milieux attractifs pour le Triton alpestre. Ce dernier a effectivement une phase terrestre d'hivernation de novembre à février (Godin, 2003) durant laquelle le Triton alpestre fréquente ces milieux attractifs. Dans ce cas ci, la méthode Econat permet d'adapter la cartographie à la biologie de l'espèce contrairement à la méthode de dilatation-érosion où seuls les milieux humides sont pris en compte.

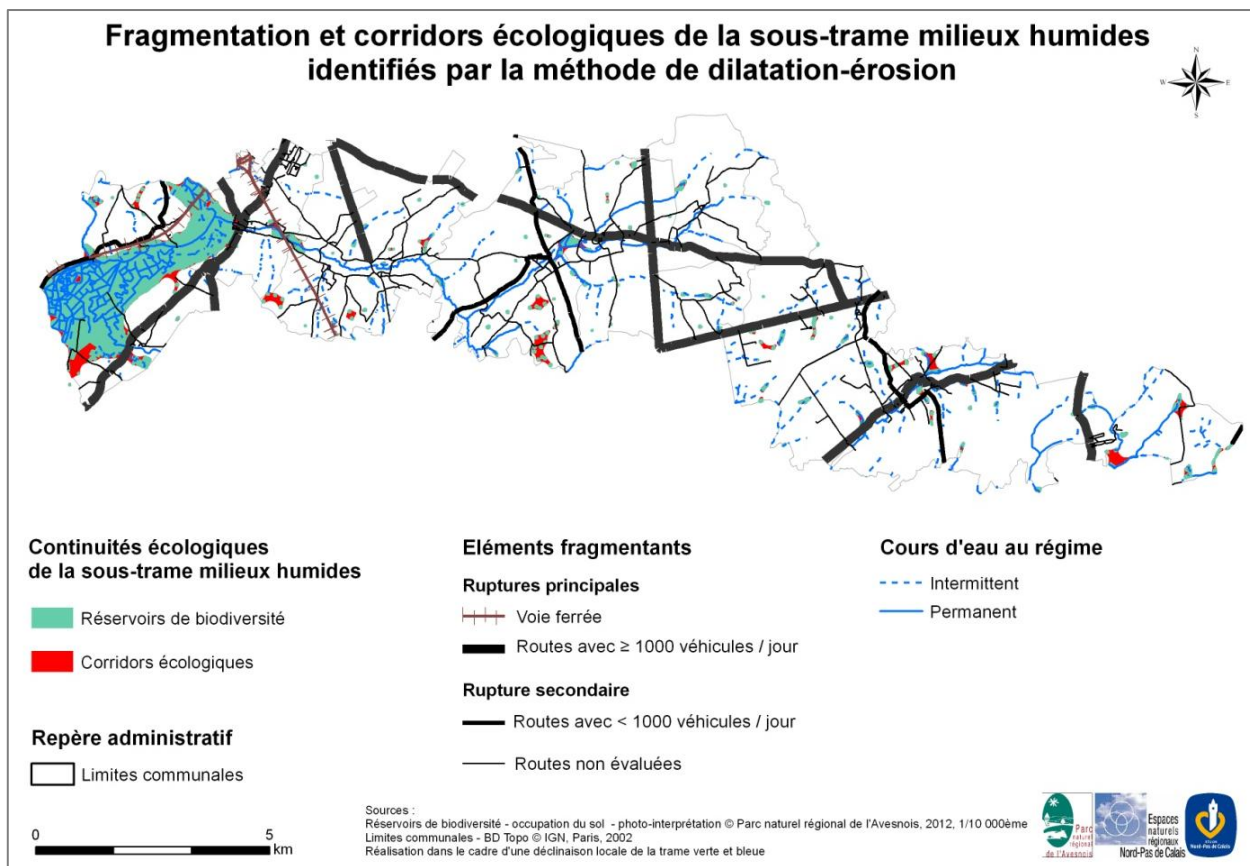


Figure 40 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame milieux humides identifiés par la méthode de dilatation-érosion

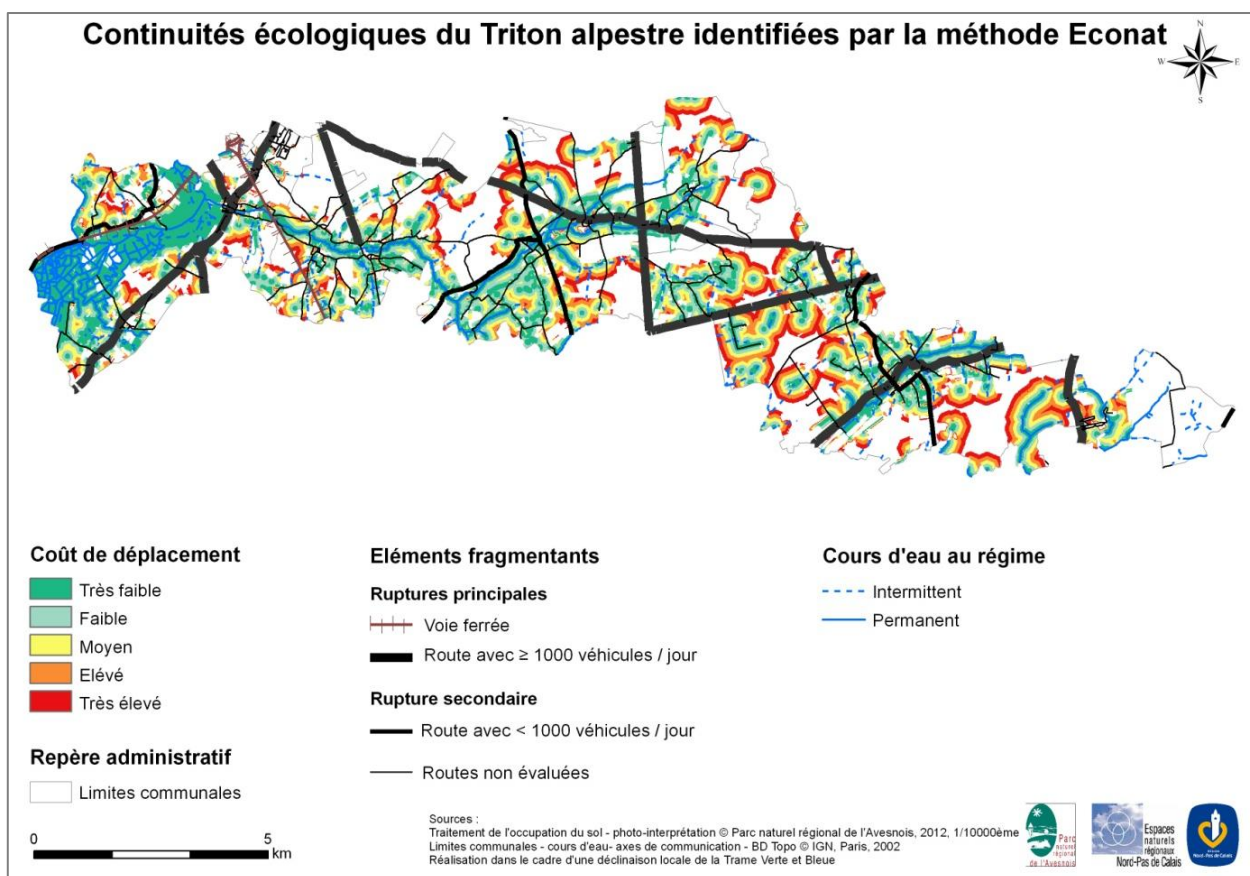


Figure 41 : Fragmentation et continuités écologiques de la sous-trame milieux humides identifiées par la méthode Econat

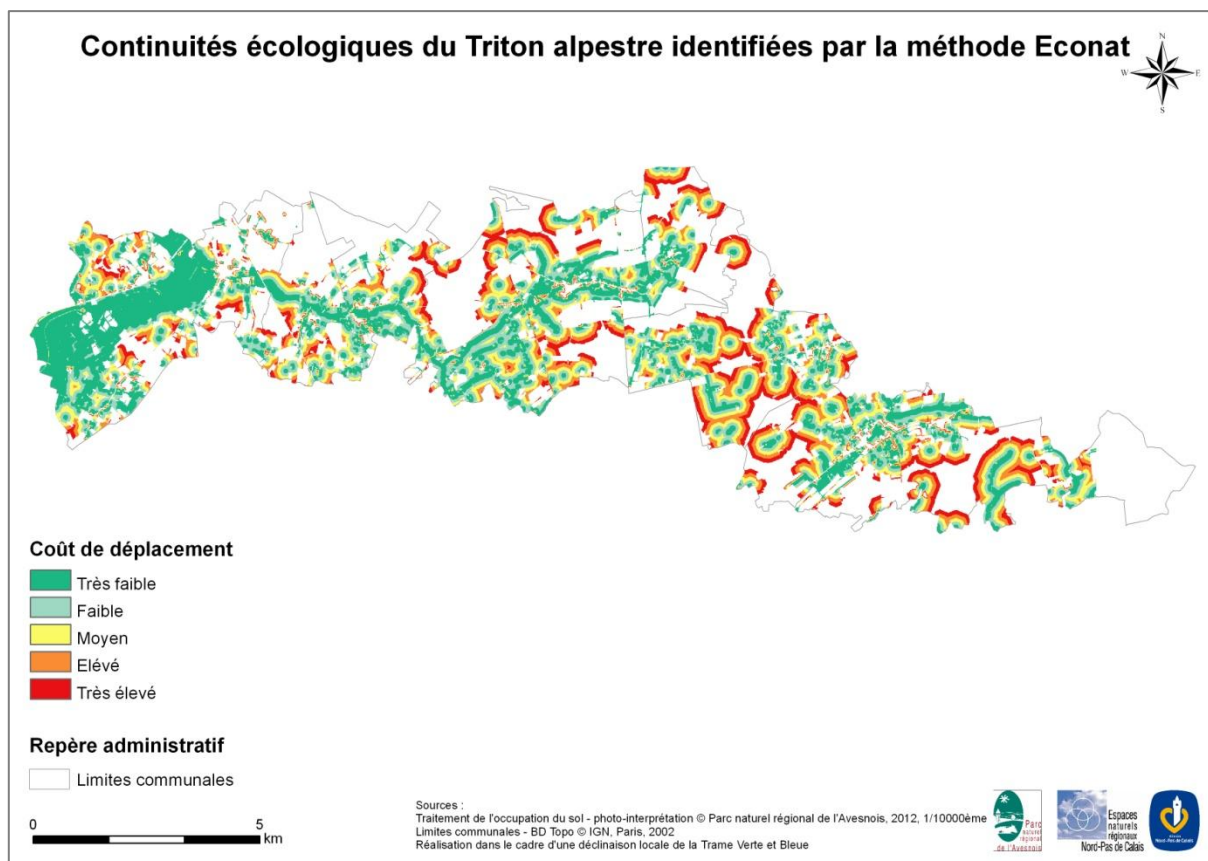


Figure 42 : Les continuités écologiques de la sous-trame milieux humides identifiées par la méthode Econat

3. L'analyse de la fragmentation

Les continuités écologiques identifiées présentent des ruptures. Mais par la méthode de dilatation-érosion, peu de ruptures sont identifiées (figure 40). Les mares, les plans d'eau, les étangs de par leur nature ponctuelle sont peu soumis au risque de fragmentation. Mais notons que les zones humides à l'ouest de la zone d'étude des communes de Noyelles-sur-Sambre, Sassegnies et Leval sont bordées par une route avec moins de 1000 véhicules par jour (rupture secondaire) et par une route avec plus de 1000 véhicules par jour (rupture principale). Ainsi, en bordure de ces zones humides, le risque de mortalité de l'espèce cible n'est pas négligeable.

Avec la méthode Econat, le réseau écologique du Triton alpestre se répartit sur une plus grande partie du territoire d'étude qu'avec la méthode de dilatation-érosion. Les ruptures ont donc un impact plus étendu avec cette méthode qu'avec la méthode de dilatation-érosion (figure 41).

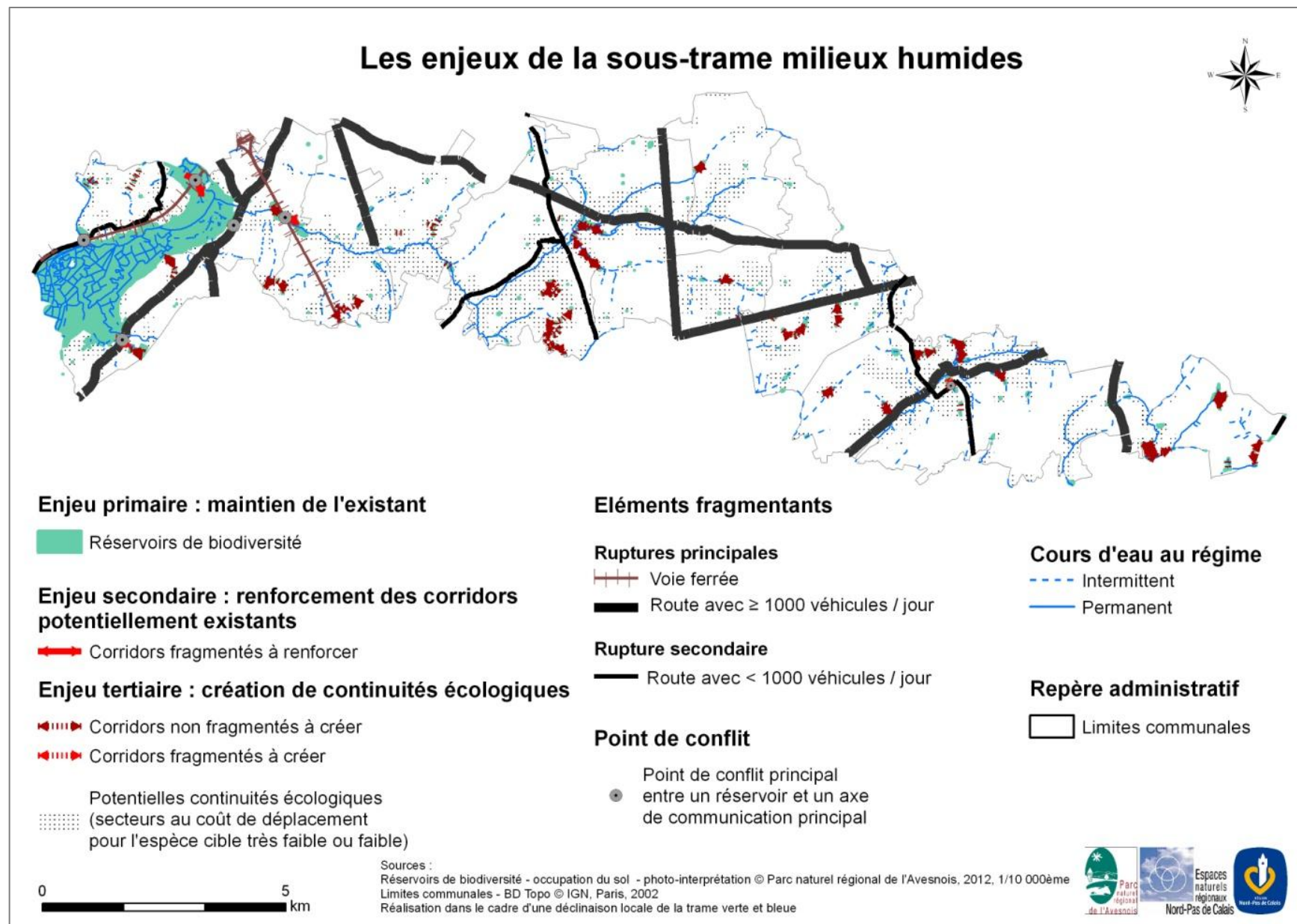


Figure 43 : Les enjeux de la sous-trame milieux humides

4. Les zones à enjeux

Les zones à enjeux de la sous-trame milieux humides sont présentées sur la figure 43. Elles ont été déterminées à partir des méthodes utilisées précédemment, les points de conflits ayant été cartographiés plus précisément à partir de la carte illustrant la méthode de dilatation-érosion car une entité particulière représentant les zones humides à l'ouest du territoire d'étude, est mise en évidence.

Selon les enjeux primaire et secondaire consistant à maintenir et renforcer l'existant, les zones humides des communes de Noyelles-sur-Sambre, Leval et Sassegnyes sont à préserver à cause de l'importance de leur surface.

Selon l'enjeu tertiaire visant à créer de nouveaux corridors, des connexions entre éléments ponctuels de la sous-trame sont à établir pour développer au maximum les continuités écologiques des espèces inféodées à ces milieux.

V. L'analyse des continuités écologiques de la sous-trame cours d'eau

1. Les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques identifiés

A l'ouest de la zone d'étude, l'Helpe Majeure est le seul cours d'eau identifié comme réservoir de biodiversité (figure 44). Les corridors écologiques sont composés des cours d'eau aux régimes temporaires et permanents.

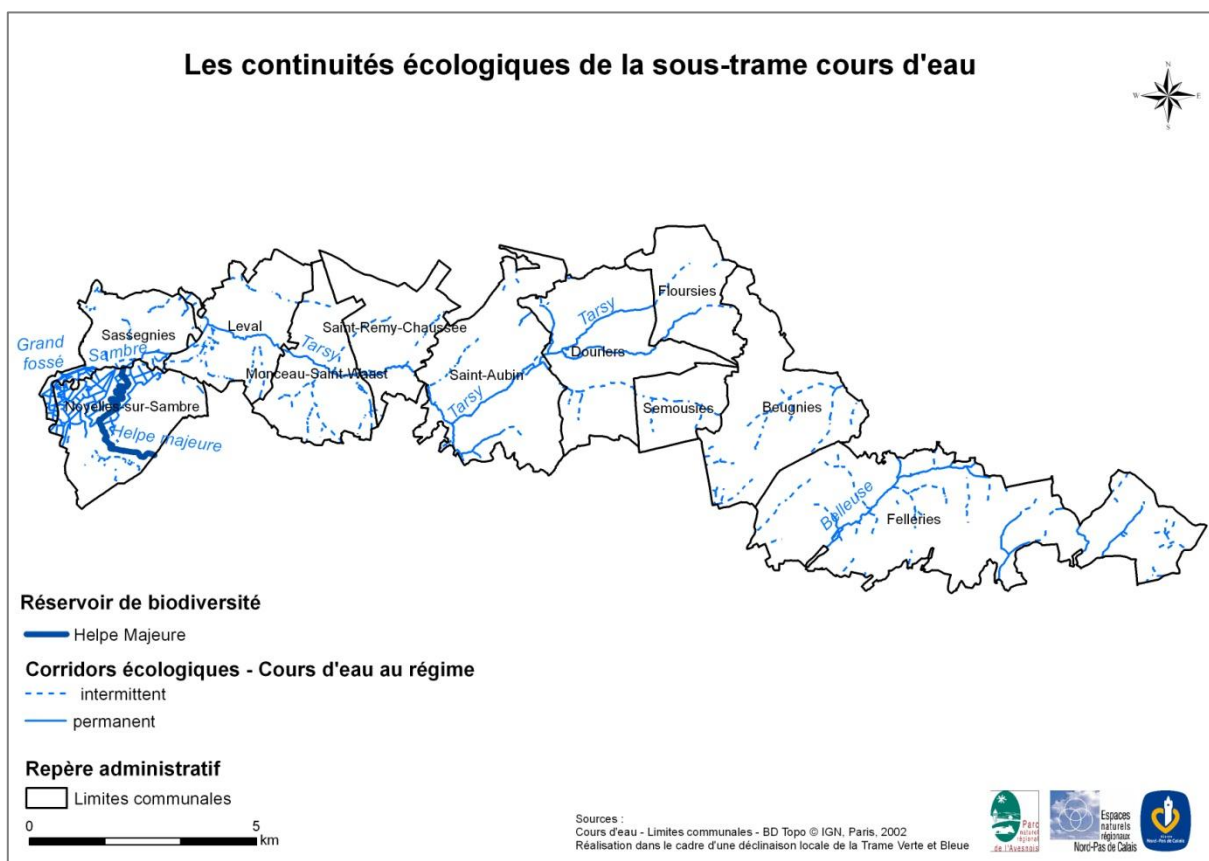


Figure 44 : Les continuités écologiques de la sous-trame cours d'eau

2. L'analyse de la fragmentation

L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques a fourni la localisation d'ouvrages hydrauliques répertoriés entre 2009 et 2013. En complément, l'Agence de l'Eau Artois Picardie a fourni la localisation d'ouvrages hydrauliques répertoriés en 2013 entre avril 2006 et juin 2007 par la Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA) du Pas-de-Calais, en partenariat avec les Fédérations du Nord, de la Somme et de l'Aisne, et en collaboration avec de multiples partenaires techniques et administratifs. Sur la zone d'étude, seuls des barrages et des seuils ont été identifiés.

Concernant la fragmentation de la Tarsy, quatre barrages infranchissables pour la Truite fario sont localisés. Trois autres sont identifiés et jugés franchissables par l'espèce cible (figure 45). De plus, sept autres ouvrages hydrauliques dont la franchissabilité n'est pas évaluée (dénivelé non connu) sont identifiés :

- quatre seuils en rivière sur l'Helpe majeure,
- un seuil en rivière et un ouvrage de nature inconnue sur la Sambre,
- un ouvrage sur la Belleuse dont la nature et la franchissabilité ne sont pas évalués.

Rappelons qu'un seuil en rivière est un ouvrage fixe ou mobile qui barre tout ou une partie du lit mineur contrairement au barrage qui, lui barre plus que le lit mineur. Les ouvrages hydrauliques situés sur l'Helpe Majeure sont jugés obsolètes par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques c'est-à-dire considérés comme étant hors service et en fin de vie.

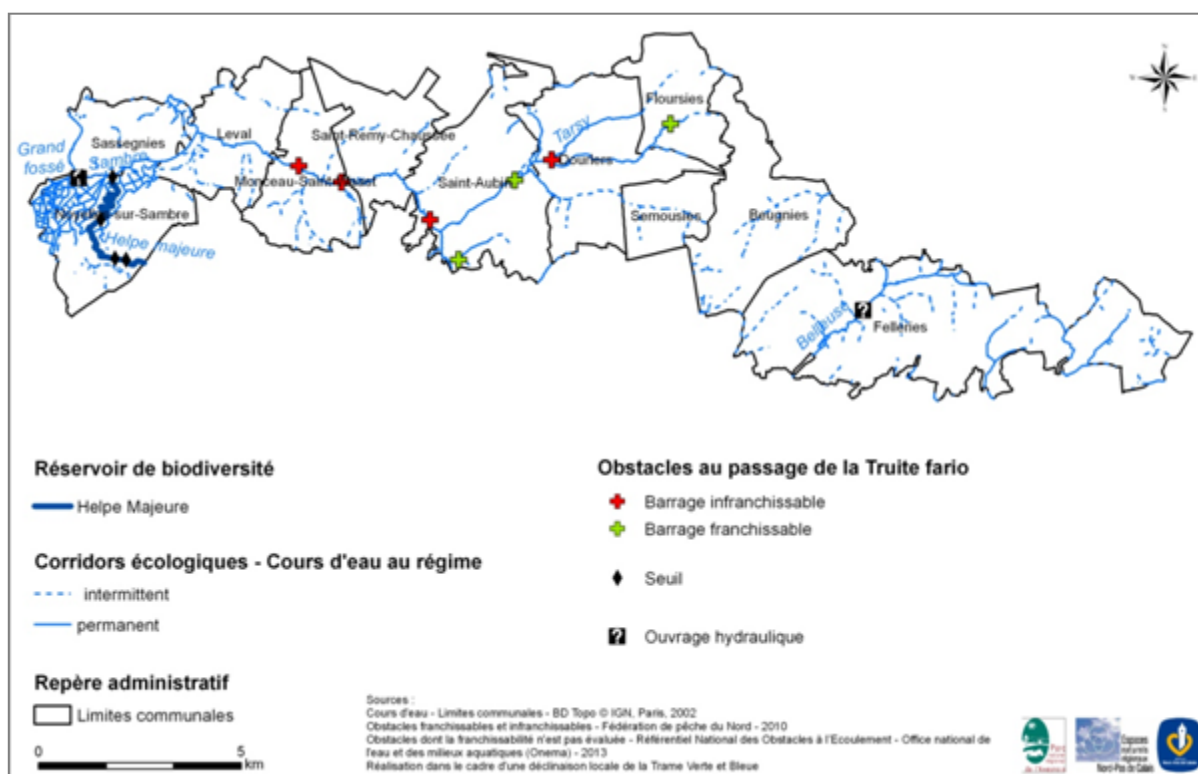


Figure 45 : Fragmentation et corridors écologiques de la sous-trame cours d'eau

3. Les zones à enjeux

Les zones à enjeux de la sous-trame cours d'eau sont les points de localisation des ouvrages hydrauliques qui provoquent une rupture de la continuité des cours d'eau.

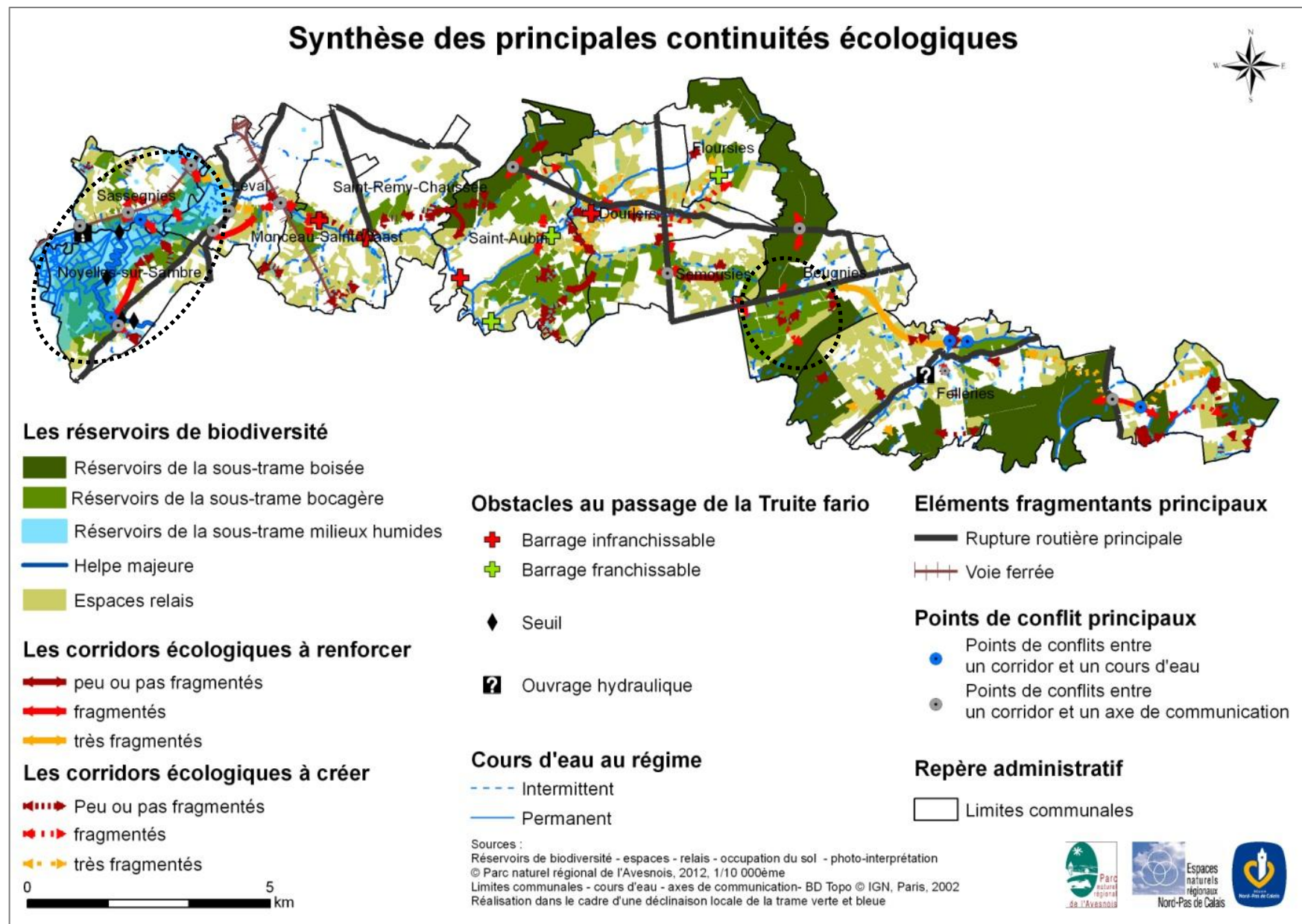


Figure 46 : La synthèse des principales continuités écologiques

VI. La synthèse et l'évaluation des continuités écologiques

1. Les zones globales à enjeux

En superposant les continuités écologiques des quatre sous-trames, il est remarquable que certaines communes sont des zones très riches en biodiversité. Noyelles-sur-Sambre fait partie des communes dont le plus de surface communale est classée en réservoirs de biodiversité bocager et milieux humides. De même, Saint-Aubin fait partie des communes dont le plus de surface communale est classée en réservoirs de biodiversité forestiers et boisés.

En outre, des liens peuvent être fait entre d'une part les sous-trames bocagère et boisée et d'autre part les sous-trame cours d'eau et milieux humides (figure 46). En effet, au niveau de la commune de Beugnies, la sous-trame bocagère pourrait faire office d'espaces relais pour relier les réservoirs de biodiversité forestiers. D'autre part, les sous-trames cours d'eau et milieux humides communiquent principalement à l'ouest du territoire d'étude sur les communes de Noyelles-sur-Sambre, Sassegnies et Leval. Des espèces comme le Brochet nécessitent typiquement ce type d'environnement aquatique et humide. En effet, le Brochet se déplace vers les plaines d'inondation des cours d'eau pour se reproduire. La ponte puis le développement des alevins s'effectuent dans les zones humides connectées aux cours d'eau en période de crues.

Des liens peuvent être également effectués entre les continuités écologiques identifiées sur la zone d'étude et celles identifiées sur le Plan de Parc (figure 47).

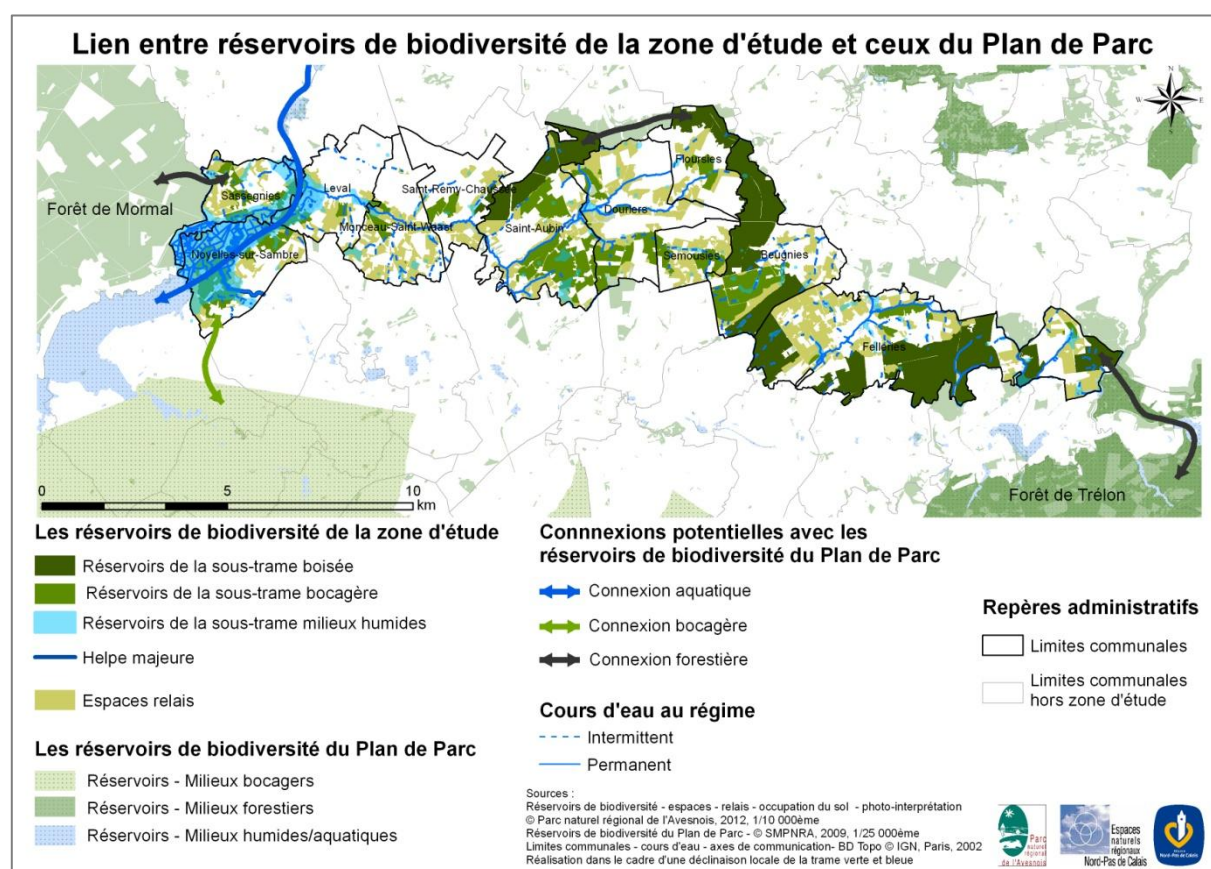


Figure 47 : Lien entre réservoirs de biodiversité de la zone d'étude et ceux du Plan de Parc

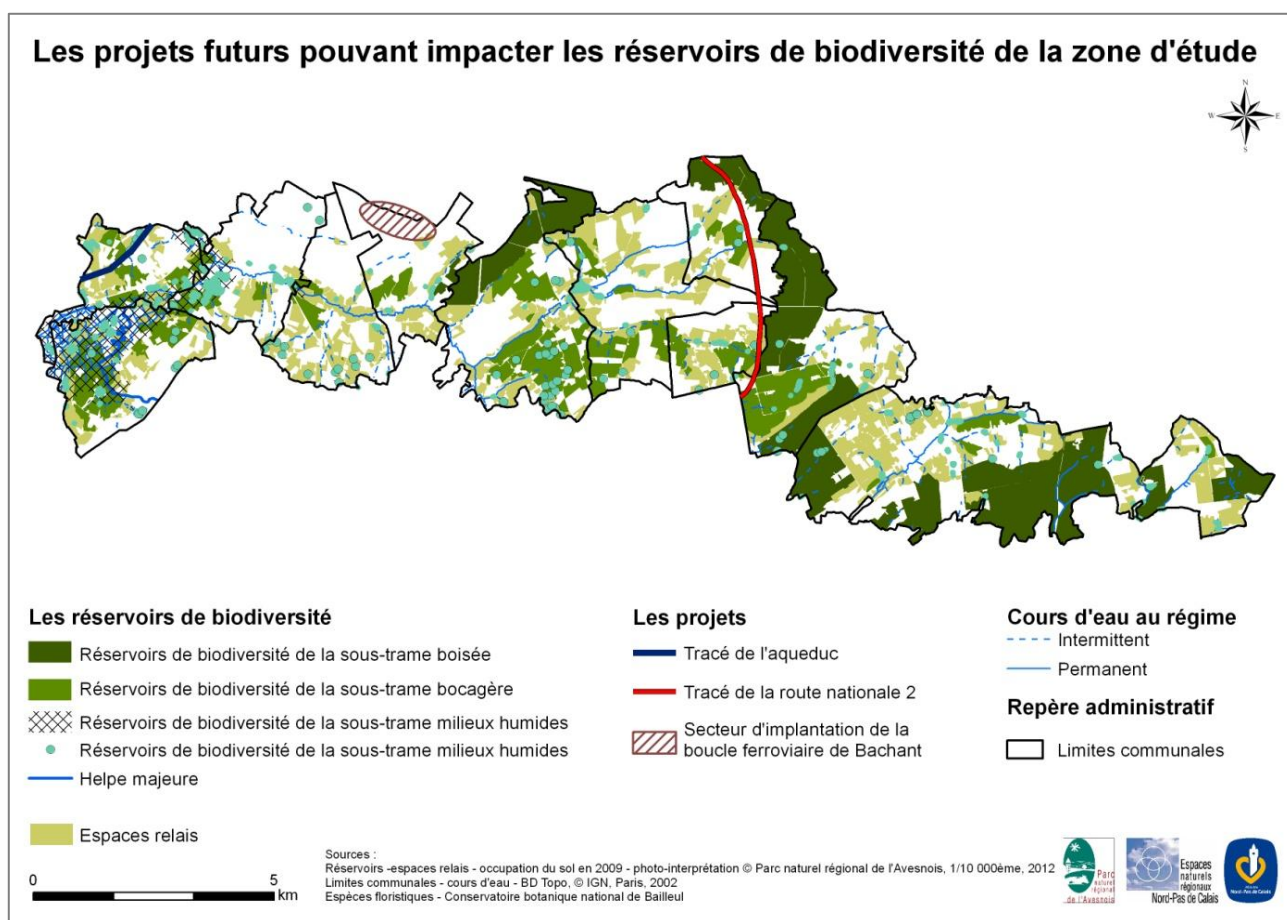


Figure 48 : Les projets futurs pouvant impacter les réservoirs de biodiversité

A l'ouest de la zone d'étude, une connexion existe entre la forêt de Mormal et l'espace forestier identifié sur la commune de Sassegnyes. Au sud de la commune de Sassegnyes, les réservoirs de biodiversité et les espaces relais bocagers pourront dans le futur être mis en relation avec le réservoir de biodiversité bocager identifié dans le Plan de Parc. Quant aux réservoirs de biodiversité des milieux aquatiques / humides du Plan de Parc, ils sont en connexion directe avec les zones humides et les cours d'eau de la zone d'étude. Enfin, A l'est de la zone d'étude, le réservoir de biodiversité forestier identifié sur la commune de Felleries est en lien avec la forêt de Trélon. Ces liens permettront dans le futur d'organiser, d'adapter toutes les continuités écologiques identifiées sur le territoire du Parc naturel régional de l'Avesnois qu'elles soient issues du Plan de Parc ou d'études plus locales.

2. La présentation de futurs projets pouvant impacter les continuités écologiques

Des projets pouvant avoir des conséquences sur les continuités écologiques identifiées sur les communes étudiées sont en cours (figure 48) :

- le dédoublement de la route nationale 2 concernant les communes de Floursies, Dourlers, Semousies et Beugnies (2x2 voies à 110km/h sur cette section),
- la boucle ferroviaire de Bachant pouvant impacter la commune de Saint-Rémy-Chaussée (anneau d'environ 6km avec des trains circulant à 120km/h sur l'intégralité de la boucle),
- un aqueduc d'eau potable concernant la commune de Sassegnyes.

2.a.Le dédoublement de la route nationale 2 (RN2)

Ce projet concerne le dédoublement d'un axe majeur actuel, la RN2, reliant les villes voisines de Maubeuge, Avesnes et Etroeungt.

Une partie du projet concerne l'aménagement de la section Etroeungt-Beaufort qui induit le contournement d'Avesnes. En parallèle de la RN2 actuelle, une nouvelle route à 2x2 voies va être créée. Quatre communes sont directement concernées par l'impact de ce changement : Beaufort, Dourlers, Floursies et Semousies. La 2x2 voies prend la forme d'une courbe contournant les coeurs de village afin de limiter les nuisances visuelles et sonores sur l'habitat et d'éviter au maximum les impacts environnementaux. Complété d'un échangeur double envisagé au Sud de Beaufort, ce nouvel axe apportera une autre manière d'accéder au territoire du Pays d'Avesnes. Les flux routiers seront facilités en réduisant les temps de parcours et en rapprochant ainsi l'agglomération de Maubeuge et la Belgique au Pays d'Avesnes. Selon les prévisions (Lecomte & Rattier, 201), le trafic par jour moyen ouvré en 2025 serait de 16 812 véhicules par jour entre Avesnes et Maubeuge soit une augmentation de 6 428 véhicules par jour par rapport à 2006. Suite au projet, la RN2 actuelle deviendra une route départementale à vocation de desserte agricole et de parcours touristique. La nouvelle route départementale sera alors dotée d'un projet de route cyclotouristique. De plus, elle sera une desserte intéressante de la nouvelle 2x2 voies vers un coin de campagne paisible et attrayant pour de futurs propriétaires fonciers.

Les impacts du projet sont multiples. Des procédures d'acquisitions de terrains (à l'amiable ou par expropriation) ont déjà été menées. Des études et des procédures de réaménagements fonciers ont été engagées comme sur les communes de Bas-Lieu, Floursies, Semousies, Beugnies et Dourlers.

Une autre conséquence de ce projet est une possibilité de renouvellement urbain à proximité immédiate de la route départementale et des structures bâties desservies. Pour maîtriser le développement urbain, les communes devront sûrement se doter ou adapter leurs documents d'urbanisme.

Des impacts environnementaux sont également possibles. La redistribution des terres agricoles pourraient causer l'agrandissement des parcelles entraînant l'augmentation des phénomènes érosifs (ruissellement, coulées de boues). La nouvelle route risque aussi de fragmenter la haie d'Avesnes riche en biodiversité (classée en ZNIEFF de type 1) au Nord de la commune de Floursies. Des problèmes de pollution de l'eau, de pollution de l'air, de pollution des sols, l'augmentation des nuisances sonores et les problèmes d'écrasements des animaux pourraient faire de cette nouvelle route un élément fragmentant majeur et perturbateur pour l'équilibre écologique du territoire. D'ailleurs, certains s'inquiètent d'une pollution éventuelle des veines d'eau alimentant la source de la Tarsy à cause de la nouvelle route nationale 2 (annexe 11).

2.b. La boucle ferroviaire de Bachant

La construction d'une boucle ferroviaire est un projet de grande envergure du Centre Européen d'Essais Ferroviaires (CEEFF) porté par le Réseau ferré de France dont l'horizon de réalisation visé est 2017. La boucle ferroviaire est pressentie pour être implantée sur un périmètre concernant directement ou indirectement les communes d'Aulnoye-Aymeries, Bachant, Ecuélin, Leval, Limont-Fontaine, Monceau-Saint-Waast, Saint-Rémy-Chaussée et / ou Saint-Rémy-du-Nord. Le projet a pris naissance fin 2009 lorsque les communes d'Aulnoye-Aymeries et de Bachant se sont portées candidates. Elles y voyaient un vecteur de développement local pour leur territoire de tradition ferroviaire et une diversification vers des activités de services de haut niveau dont manque l'arrondissement. Pour répondre aux objectifs industriels fixés, le CEEFF devra être doté notamment d'un anneau ferroviaire (d'environ 6 km) permettant de mener des activités de recherche optimales (circulation de trains à 120 km/h sur l'intégralité du linéaire pour simuler un vieillissement accéléré des infrastructures, représentativité des infrastructures ferroviaires existantes en Europe avec des courbes plus ou moins serrées...).

Des enjeux fonciers et agricoles existent car la boucle ferroviaire s'implanterait dans la plaine agricole de Bachant, au cœur des cultures. La réalisation du CEEFF devrait entraîner des effets de coupures dans le parcellaire agricole qui pour l'instant ne semblent pas concerner un réservoir de biodiversité... Mais il faudra surveiller son impact à long terme : l'enjeu est de limiter les perturbations au maximum. Les surfaces situées à l'intérieur de l'anneau continueraient d'être exploitées. Il s'agirait d'assurer la continuité du fonctionnement de ces exploitations. En outre, des enjeux acoustiques sont également à prendre en compte. Compte tenu de la réglementation, une étude préliminaire a cherché à éloigner le plus possible l'anneau ferroviaire des zones habitées. Des protections acoustiques sont envisagées pour ne pas dépasser les valeurs données par la réglementation. Par ailleurs, une grande attention serait portée à l'intégration paysagère et architecturale des dispositifs de protection acoustique. Il faudrait garantir un cadre de vie de qualité aux habitants. Le Syndicat Mixte du Parc Naturel Régional donnera son avis sur les études d'impact des projets d'aménagement du territoire (Réseau Ferré de France, 2013). (annexe 11).

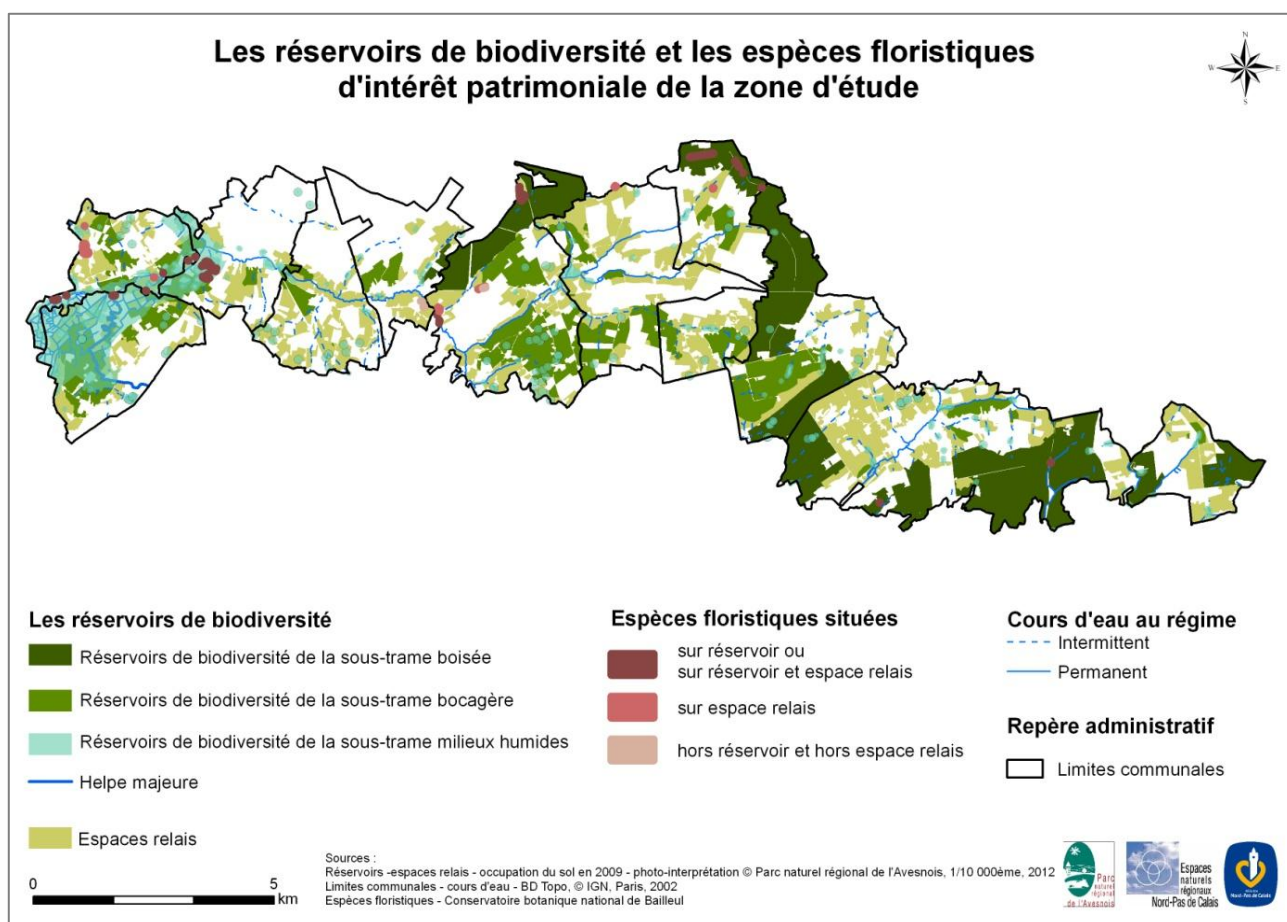


Figure 49 : Les réservoirs de biodiversité et les espèces floristiques

2.c. La liaison Avesnois-Pecquencourt : une canalisation d'eau potable

Dans le cadre de son programme de sécurisation et d'interconnexion de l'ensemble des champs captants majeurs de son territoire, Noréade engage le projet de liaison Avesnois-Pecquencourt (à l'est de Douai). Le but est de faire face à différents problèmes de qualité et de quantité d'eau dans le Valenciennois, le Cambrésis et l'Ouest-Avesnois. Les caractéristiques principales des travaux consistent en la pose canalisation d'adduction d'eau potable enterrée sur une longueur de 75 km pour un diamètre principal d'environ de 700mm dont 55% en terrain agricole privé d'Aulnoye-Aymeries à Pecquencourt avec la réalisation d'ouvrages ainsi que l'équipement de forages (Noréade, 2011).

Dans le cadre de la convention cadre de partenariat entre le Parc naturel régional de l'Avesnois et la régie SIDEN France et la régie SIAN du 10/12/2008, et de la Charte du PNR, une convention entre Noréade et le Syndicat Mixte du PNR de l'Avesnois a été signée le 15/01/2013. Elle fixe les conditions de la mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage, confiée par Noréade au Syndicat Mixte du PNR de l'Avesnois, pour la reconstitution et l'entretien du bocage consécutive aux travaux de la présente opération.

Sur la zone d'étude, la commune de Sassegnies est concernée par cet ouvrage. L'enjeu paysager y est de conserver dans la mesure du possible l'aspect bocager du site d'autant plus que des réservoirs de biodiversité bocagers et des espaces relais y sont identifiés (annexe 11).

3. L'évaluation des réservoirs de biodiversité

L'évaluation des réservoirs de biodiversité s'est faite uniquement à partir de données floristiques, les données faunistiques ponctuelles étant indisponibles. 62 espèces floristiques d'intérêt patrimonial sont ainsi localisées sur la zone d'étude (figure 49). Les années d'observations de ces espèces sont : 1991, 1996, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010 et 2012.

Sur les 62 espèces floristiques, 48 sont situées sur un réservoir de biodiversité ou à cheval sur un réservoir et un espace relais soit 77 % des espèces. De plus, 10 autres espèces se localisent sur un espace relais (16%). Les 4 espèces restantes (6%) se trouvent hors réservoirs et hors espaces relais. Néanmoins, ces dernières sont toutes très proches d'un réservoir ou d'un espace relais (annexe 10). Au vue des ces résultats, les réservoirs de biodiversité et les espaces relais identifiés semblent pertinents.

4. Les résultats des entretiens avec les acteurs locaux

Les entretiens menés ont permis de questionner les élus des onze communes (annexe 3). Neuf agriculteurs ont aussi été rencontrés, un sur chaque commune, excepté sur les communes de Semousies et Floursies où aucun des exploitants n'a pu être contacté (annexe 4). Par ailleurs, deux agriculteurs n'ont pas souhaité être interrogés par manque de temps.

4.a.Des acteurs *a priori* favorables à la TVB

D'après les entretiens, il est remarquable que la majorité des élus (7 sur 11) ne connaît peu ou pas le concept de Trame Verte et Bleue. Vulgariser ce concept à l'aide de schémas est

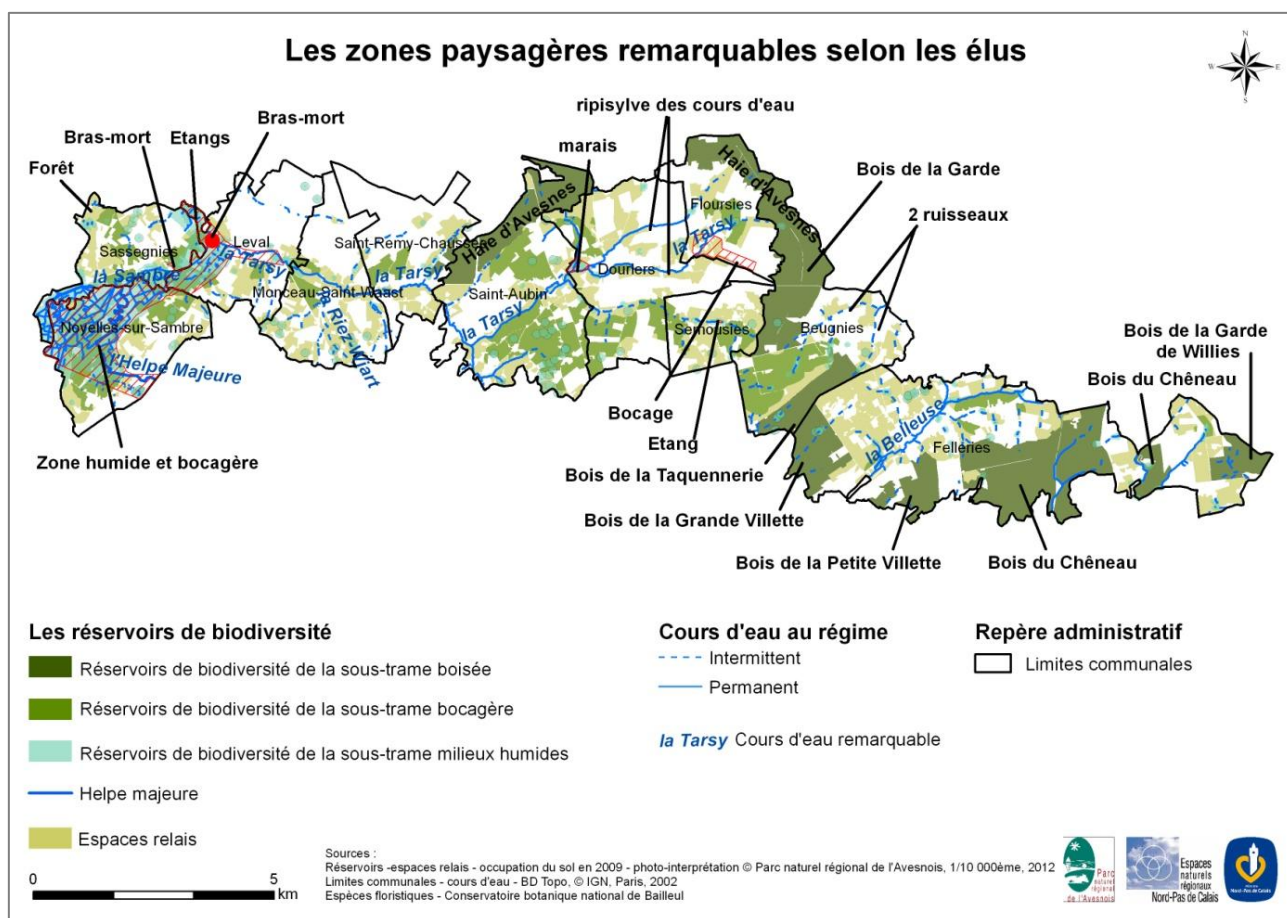


Figure 50 : Les zones paysagères remarquables selon les élus

donc une étape essentielle pour pouvoir ensuite agir en faveur de la préservation de la biodiversité. Les 4 élus qui connaissent le concept y ont été sensibilisés via la communauté de communes, l'association des maires de France et par l'intermédiaire des documents du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Un des élus propose d'informer, de sensibiliser et de développer la communication autour des continuités écologiques par exemple à travers le journal communal pour viser les agriculteurs et les habitants.

Même si tous les élus ne savent pas ce qu'est la Trame Verte et Bleue, tous disent que la biodiversité est très importante pour le cadre de vie des habitants et pour la sauvegarde des richesses faunistiques et floristiques de leur commune. Un effort est fait notamment pour sensibiliser les enfants à la préservation de la biodiversité. Sur la commune de Dourlers, l'école participe à l'opération "Nettoyons la nature" pour nettoyer la rue du village et les fossés. Sur la commune de Noyelles-sur-Sambre, les écoliers ont participé à un concours d'écriture sur le thème du papillon organisé par le Parc naturel régional de l'Avesnois lors de la campagne thématique 2012-2013. Concernant les agriculteurs, eux aussi sont sensibilisés à la conservation de la biodiversité. Ils ont conscience du rôle des haies servant par exemple à abriter les bêtes du soleil et du vent. Sept agriculteurs sur 9 précisent qu'ils ont majoritairement des haies basses sur leur exploitation avec parfois quelques arbres têtards (2 seulement possèdent des haies majoritairement hautes). Mais sur la commune de Leval, très urbanisée par rapport aux autres communes, les personnes semblent peu sensibles à la préservation de la biodiversité. Sur cette commune, l'urbanisation consomme de plus en plus de terres au détriment des agriculteurs qui manquent de terres pour cultiver.

4.b. Les zones paysagères remarquables selon les élus

Tout comme les agriculteurs, les élus ont conscience de la richesse de leur patrimoine naturel et souhaitent le préserver. En effet, les principaux éléments paysagers de la zone d'étude sont les haies bocagères citées par tous les élus et les cours d'eau cités par 7 élus. Les haies sont d'ailleurs à protéger en priorité pour 9 élus sur 11. Mais celles-ci n'ont pas été localisées précisément par les acteurs. Trois autres éléments à protéger en priorité sont les boisements, la vallée de la Tarsy et les bras-morts situés sur les communes de Leval et Sassegnies (figure 50). L'effondrement des berges de la Tarsy est un problème soulevé sur les communes de Floursies, de Monceau-Saint-Waast et de Saint-Rémy-Chaussée qui souhaiteraient y remédier. Ce problème s'explique par les allées et venues des bêtes qui viennent y boire sans passage aménagé pour protéger l'érosion des berges. Sur la commune de Monceau-Saint-Waast, un guet est en train d'être installé pour que les bêtes puissent accéder à la rivière sans faire descendre toute la terre des berges vers la rivière. En outre, au nord de la commune de Saint-Rémy-Chaussée, les haies disparaissent et les parcelles agricoles s'agrandissent pour cultiver du blé et du maïs : la plaine de Bachant s'étend. L'élue de la commune semble inquiet de cette progression de la plaine qui pourrait provoquer une diminution de la biodiversité sur les parcelles.

Les zones paysagères citées par les élus correspondent bien aux continuités écologiques identifiées ce qui facilitera la mise en place d'actions dans le futur. Les élus ont identifiés la plupart des corridors boisés. Pour la sous-trame bocagère, agriculteurs et élus ont conscience du rôle des haies sans pouvoir localiser précisément les zones les plus favorables. Quant aux cours d'eau, ces derniers sont généralement identifiés comme certaines zones humides (bras-morts). Mais les mares prairiales ne sont pas citées par les élus.

4.c.Des actions d'ores et déjà mises en place en faveur de la TVB

Elus et agriculteurs agissent déjà en faveur de la Trame Verte et Bleue. Des projets de plantation de haies et d'arbres ont été effectivement menés sur les communes de Beugnies, Monceau-Saint-Waast et Saint-Aubin. Mais les élus savent que la replantation de haies doit se faire en concertation avec les agriculteurs qui sont souvent les premiers concernés par ces replantations. Ces derniers ne veulent pas voir leur parcellaire découpé ce qui gênerait leur travail. En outre, des mares et un bras-mort qui risquait de se fermer ont été restaurés respectivement sur les communes de Beugnies et de Sassegny. Par ailleurs, 7 agriculteurs sur 9 ont souscrit une MAEt pour entretenir les haies, les mares ou gérer les prairies. Un agriculteur non engagé serait intéressé par une MAEt concernant l'entretien des haies. Concernant les mares prairiales, sur les 9 agriculteurs rencontrés, 7 en possèdent. 5 exploitants les curent régulièrement et 1 autre souhaiterait le faire. Seulement un exploitant n'entretient pas ses mares : il n'en voit pas l'intérêt puisque ces bêtes n'y boivent pas. Mais la majorité des exploitants rencontrés (7 sur 9) sont conscients qu'ils ont un rôle d'entretien des paysages.

Néanmoins, la mise en oeuvre de la Trame Verte et Bleue semble faire peur. D'après les dires d'un élu, les agriculteurs pourraient se sentir prisonnier d'une telle démarche notamment si la Trame Verte et Bleue s'inscrit à long terme dans un document d'urbanisme de la commune. La surcharge réglementaire est crainte.

Les acteurs locaux ont conscience de la richesse de leur environnement. Certains d'entre eux souhaitent agir en faveur de la Trame Verte et Bleue. Dans la partie suivante sont proposés quelques aménagements possibles à mettre en oeuvre pour maintenir, renforcer, créer des continuités écologiques.

A RETENIR

La méthode élaborée dans la partie précédente est appliquée à une zone d'étude composée de onze communes. La cartographie des continuités écologiques s'effectue sur les sous-trames bocagère, boisée, milieux humides et cours d'eau représentant les milieux constitutifs de la zone d'étude. La superficie totale des onze communes classée en réservoir de biodiversité est de 2998ha soit 36% de la zone d'étude. Au vu des données floristiques, les réservoirs de biodiversité identifiés semblent pertinents. Les corridors écologiques identifiés par la méthode de dilatation-érosion sont plus localisés qu'avec la méthode Econat. Mais des projets futurs peuvent perturber les continuités écologiques identifiées. Concernant les acteurs locaux, ceux-ci semblent favorables à la TVB et avoir conscience de la richesse de leur patrimoine paysager à préserver. Néanmoins, lors de la mise en place d'un schéma TVB, le Parc devra s'assurer de rassurer les craintes de certains acteurs.

Après avoir présenté les résultats de l'application de la méthode d'élaboration du schéma TVB, la démarche est discutée dans la partie suivante. Puis les perspectives de l'étude sont présentées.

PARTIE 4 - LES LIMITES ET LES PERSPECTIVES DE L'ETUDE

Cette dernière partie présente la discussion concernant la méthode d'élaboration du schéma TVB ainsi que les perspectives de l'étude à plus ou moins long termes.

I. La discussion de la méthode

1. L'identification des réservoirs de biodiversité

Pour l'identification des réservoirs de biodiversité de la sous-trame milieux humides, la rencontre avec 9 agriculteurs sur 56 (dont le siège d'exploitation se situe sur la zone d'étude) a permis de cartographier 12 nouvelles mares non recensées dans les bases de données du Parc et situées sur les exploitations agricoles. Dans la seconde phase de l'étude en 2014, il serait intéressant de rencontrer les 56 agriculteurs de la zone d'étude pour localiser le plus possible de nouvelles mares. En effet, ces mares sont potentiellement des zones riches en biodiversité d'autant plus si elles sont concentrées dans un même secteur. Néanmoins, il faudrait alors refaire le travail d'identification des corridors et réservoirs afin d'être le plus en cohérence avec la réalité du terrain. Cette phase devra donc être réalisée lors de la transposition à une communauté de communes et pourrait être faite par envoi de courrier aux agriculteurs. En effet, puisque que des communautés de communes comme celle du Coeur de l'Avesnois recensent 44 communes, la réalisation d'entretien individuel avec l'intégralité des agriculteurs apparaît une tâche laborieuse et peu efficiente.

Afin de compléter et d'affiner l'évaluation des réservoirs de biodiversité, il aurait été intéressant d'utiliser des données faunistiques ponctuelles pour localiser précisément la présence des espèces cibles choisies sur la zone d'étude. Les seules données faunistiques obtenues auprès du RAIN (Réseau d'Acteurs de l'Information Naturaliste du Nord-Pas-de-Calais) ne sont disponibles qu'à l'échelle communale ce qui est manque de précision pour valider ou non des réservoirs de biodiversité très localisés.

2. L'identification des corridors écologiques

Pour faciliter l'étude et au vue de la relative faible surface de la zone étudiée, une et une seule espèce cible a été choisie par sous-trame. Des espèces appartenant à la petite faune avec des déplacements réduits cohérents avec la taille du territoire d'étude ont été sélectionnées. L'avifaune et les espèces de moyenne et de grande faune ont été exclues pour agir par la suite sur le plus de ruptures possibles. Mais pour enrichir les résultats obtenus, l'étude pourrait être menée en prenant en considération les espèces de moyenne et de grande faune si les données les concernant sont disponibles. Les éléments fragmentants ne seront effectivement pas tout à fait les mêmes pour les oiseaux et les espèces à la capacité de dispersion plus importante.

Les méthodes utilisées pour l'identification des corridors écologiques possèdent des points forts et des points faibles. La méthode Econat est une méthode SIG automatisée et donc reproductible en l'état à n'importe quel territoire. Mais sa mise en oeuvre nécessite des connaissances appuyées du logiciel ArcGis et de son extension *Spatial Analyst*. L'algorithme de cette méthode permet la simulation des déplacements d'espèce apportant une vision dynamique à l'étude. Par ailleurs, la méthode Econat permet de cartographier de grands

territoires de façon automatisée ce qui pourrait être intéressant pour une transposition de l'étude à l'échelle de communautés de communes de surface importante. En outre, le choix des coefficients de résistance à attribuer à chaque type d'occupation du sol est une étape délicate. Dans l'étude TVB, les mêmes coefficients (0, 30, 50 et 100) que ceux utilisés initialement dans l'étude Econat ont été employés. En effet, ces derniers ont été fixés de manière subjective. Il aurait été intéressant de tester différentes valeurs de coefficients et de comparer ensuite les résultats obtenus.

Cette méthode permet de prendre en compte la biologie des espèces cibles en cartographiant les différents types de milieux qu'elle peut plus ou moins fréquentés (5 milieux distingués) et permet de prendre en compte sans distinction les milieux où la biodiversité est "ordinaire" et "remarquable". Enfin, la méthode Econat, par la détermination à dire d'expert des coefficient de résistance d'une espèce en fonction des données de l'occupation du sol paraît discutable. De plus, une prairie est plus attractive lorsqu'elle est bordée par une haie, ce qui est difficile à prendre en compte sous SIG étant donné qu'il y a des croisements d'éléments linéaires et surfaciques. La modélisation est donc discutable au niveau de la détermination des coefficients de résistance.

La méthode de dilatation-érosion possède elle aussi ses points forts et ses points faibles. Contrairement à la méthode Econat, elle est facilement mise en oeuvre et les résultats sont rapidement visibles. Seule la distance de dispersion de l'espèce cible est à déterminer initialement par recherche bibliographique mais la biologie de l'espèce n'est pas prise en compte. Cette méthode n'identifie que des corridors écologiques à partir des réservoirs de biodiversité, sans le "dynamisme" de la méthode Econat. De plus, il s'avère que moins de corridors écologiques sont identifiés avec cette méthode qu'avec la méthode Econat. En conséquence, les points de rupture sont alors plus facilement localisés, ce qui facilite *a posteriori* le ciblage des actions à mener.

Ces deux méthodes sont donc toutes les deux intéressantes et complémentaires. La méthode dilatation-érosion permet d'identifier les corridors principaux en les localisant précisément, sans pour autant avoir de trop grandes surfaces concernées. De plus, cette méthode, plus rapide à mettre en oeuvre et moins discutable au niveau des éléments de détermination, apparaît plus opérationnelle par rapport aux objectifs de l'étude. Les actions à mettre en place doivent être précisément localisées dans le plan d'actions afin de cibler clairement les acteurs à contacter pour leur mise en place. Enfin, la localisation de zones à enjeu précises et limitées dans l'espace est plus acceptable par les acteurs en terme de zones d'action potentielles. Néanmoins, l'information apportée par la méthode Econat permet d'affiner et de moduler les résultats de la méthode de dilatation-érosion. Dans la future mise en place de schémas TVB, l'idéal serait réaliser les deux méthodes comme ici afin de valider et de moduler les résultats de la méthode dilatation-érosion par la méthode Econat.

Afin d'évaluer la fonctionnalité des continuités écologiques identifiées, il aurait été intéressant de mener une phase de terrain pour réaliser des points d'échantillonnage réguliers le long des corridors comme cela a été fait au Parc naturel régional des Caps et Marais d'Opale. Mais la mise en place de tels protocoles implique une étude longue (prélèvements sur une à plusieurs saisons pour la pertinence des résultats...). Lors de la seconde phase d'étude en 2014, la validation des sous trames identifiées pourra être réalisée par la mise en place de protocoles adaptés à ces sous-trames.

3. La fragmentation

Dans l'analyse de la fragmentation, les passages à faune des routes, des voies ferrées et des cours d'eau n'ont pas été pris en compte dans cette étape du travail par manque de temps. Mais il est envisageable dans la seconde étape de l'étude d'aller répertorier sur le terrain ces éléments qui augmentent la perméabilité des ruptures ou simplement d'interroger les élus sur la présence éventuelle de ces passages dont ils doivent avoir connaissance.

De plus, la largeur, le débit des cours d'eau ainsi que la qualité des cours d'eau, des mares et des étangs sont des données non connues sur la zone d'étude et qui n'ont pas pu être exploitées. Une phase de terrain pourrait être utile pour estimer ces paramètres afin d'introduire un facteur qualitatif dans l'analyse de la fragmentation.

Par ailleurs, aucune distinction entre le trafic routier de jour et celui de nuit n'a été faite pour simplifier l'étude et parce que cette distinction est impossible à établir au vue des données fournies. Mais sachant que le Hérisson d'Europe et que le Triton alpestre effectuent de nombreux déplacements de nuit, un travail supplémentaire sur cette distinction pourrait affiner les résultats obtenus.

4. Autres éléments discutables

L'analyse cartographique repose en majeure partie sur des données d'occupation du sol issues de la photo-interprétation de 2009. Les données datent de quatre ans et leur interprétation est parfois imprécise. La distinction entre les prairies permanentes et les prairies temporaires n'a pas été faite dans l'étude, leur cartographie étant très subjective. De même, la typologie des haies jugée peu fiable n'a pas été utilisée. Son utilisation aurait pu introduire un facteur qualitatif dans la sous-trame bocagère. Néanmoins, l'occupation du sol est un outil très intéressant permettant de travailler selon une approche paysagère très visuelle. Par ailleurs, les données floristiques utilisées pour évaluer l'identification des réservoirs de biodiversité datent parfois de plus de 10ans. La question de leur pertinence peut se poser. Néanmoins, leur quantité (62 espèces floristiques) et leur qualité (observations fiables...) sont des atouts. Ainsi, dans l'ensemble, les données utilisées sont récentes et assez précises pour réaliser un schéma Trame Verte et Bleue cohérent et pertinent sur le territoire du Parc naturel régional de l'Avesnois. Mais d'ici quelques années, une actualisation des données sera nécessaire.

Les zonages d'inventaire et réglementaire n'ont pas été pris en compte dans l'étude. Mais si l'on transpose la méthode à un autre territoire, la question du seuil de surface à partir duquel les zonages peuvent être pris en compte se pose. Ce paramètre sera à déterminer selon les caractéristiques de la zone d'étude. De plus, la surface de la zone d'étude est un élément qui peut être aussi discutée. Cette surface relativement faible d'environ 8 300ha est dans cette première phase de travail un atout. Le travail mené y est réduit (rencontre limitée des acteurs...). Mais pour la seconde phase de l'étude qui se déroulera en 2014, il sera nécessaire de s'adapter aux surfaces plus importantes des communautés de communes sur lesquelles seront transposées la méthode (temps de traitement des données potentiellement plus important, rencontre avec plus d'acteurs...). Ainsi, la transposition en l'état de la méthode déterminée comme la plus pertinente ne paraît pas certaine. En effet, chaque zone d'étude a ses caractéristiques propres (surface de la zone d'étude, type de sous-trames, surface en zonages d'inventaire / réglementaire, espèces faunistiques), éléments nouveaux qu'il faudra prendre en compte pour réadapter au contexte la méthode utilisée. Le maintien du groupe de

travail tout au long de la mise en place de la méthode à l'échelle de nouveaux territoires apparaît donc indispensable afin de pouvoir s'adapter au cas par cas.

La question de l'échelle de temps choisie pour la réalisation du schéma TVB peut se poser. Une espèce peut avoir des déplacements plus ou moins lointains selon la période de l'année.

Les approches paysagère et espèce utilisées dans cette étude constituent un de ses points forts. Ces deux approches sont complémentaires et permettent une rigueur scientifique en terme d'identification des continuums écologiques et des enjeux du territoire, tout en s'adaptant à la perception des acteurs locaux du territoire.

Aucune réunion entre les acteurs locaux n'a été organisée lors de cette première phase de l'étude pour faciliter l'appréhension du concept. La compréhension de la thématique apparaît indispensable. En effet, lors des entretiens avec les acteurs, il est apparu que le concept de la TVB est généralement méconnu, mal compris voir assimilé à d'autres projets. La communication auprès des acteurs doit donc se faire le plus en amont possible du projet afin de faciliter leur adhésion et *in fine* leurs actions. Ce sont effectivement eux qui mettent les actions en place à l'échelle parcellaire. Leur bonne collaboration doit donc être assurée au maximum. Néanmoins, la seconde phase de l'étude devrait prendre plus en compte les acteurs du territoire notamment avec l'organisation de réunions, le plan d'actions devant être réalisé en concertation avec les acteurs locaux.

Enfin, précisons que le schéma Trame Verte et Bleue n'est pas un recensement exhaustif des continuités écologiques ou des points de conflit, il s'agit d'une synthèse des données disponibles à un instant donné.

II. Les perspectives de l'étude

1. Les perspectives à court terme

La perspective à court terme de cette présente étude est la réalisation de la deuxième partie de celle-ci en 2014. Un plan de d'actions hiérarchisées et priorisées sera mis en place pour maintenir, renforcer voire créer de nouvelles continuités écologiques.

- Le stage de 2014

La fonctionnalité des corridors écologiques n'a pas pu être évaluée. Mais des protocoles d'échantillonnage simples et peu coûteux pourront être mis en place dans cette seconde phase pour compléter l'étude.

Pour évaluer la fonctionnalité des corridors boisés, un protocole s'inspirant de la méthode utilisée par le Parc naturel régional Caps et Marais d'Opale peut être employé. Le protocole consiste à placer à une distance régulière (par exemple tous les 100m), des points d'échantillonnage le long des corridors identifiés par cartographie. Au niveau des points d'échantillonnage et dans un rayon de 50m par exemple, sont recherchés des noisettes ou autres akènes rongés par l'Ecureuil roux. En effet, l'espèce laisse des traces spécifiques sur le

Tableau 8 : Des aménagements possibles par sous-trame

AMENAGEMENTS POSSIBLES	SOUS-TRAMES CONCERNEES			
	Boisée	Bocagère	Milieux humides	Cours d'eau
Passage à faune	x	x	x	
Plantation de haies	x	x	x	
Création /restauration de mares	x	x	x	x
Conversion de culture en prairie		x		
Enlèvement d'un barrage				x
Aménagement d'une passe à poisson				x
Reboisement	x			

contour du trou percé de l'akène : il fend les noisettes verticalement en deux parties presque symétriques (Schockert, 2006). Cela permet donc de repérer la présence de l'Ecureuil roux sans l'avoir observé directement et de valider alors la fonctionnalité du corridor étudié (Boulanger, 2011).

La fonctionnalité des corridors bocagers peut être estimée par une technique simple mais qui peut être chronophage : repérer visuellement les excréments du Hérisson d'Europe qui sont d'un noir brillant (CDDP de l'Hérault, 2007). L'opération peut être menée sur un transect d'une longueur définie préalablement voire sur toute la longueur du corridor s'il n'est pas trop long.

Pour évaluer la fonctionnalité des milieux humides, il est possible d'effectuer une recherche visuelle du Triton alpestre. Pour cela, l'espèce est recherchée de nuit depuis les berges d'une mare à l'aide d'une lampe torche (Jégat, 2009 ; Clavel, 2011). La méthode est efficace si l'eau est claire. Mais elle évite d'élaborer un piège et de capturer des individus inutilement, l'objectif étant simplement de repérer si l'espèce est présente ou absente du milieu (et non d'estimer son abondance).

- Des propositions d'actions concrètes :

Par ailleurs, pour maintenir, renforcer ou créer des continuités écologiques, des aménagements pourront être réalisés sur le territoire de l'Avesnois en concertation avec les élus et les agriculteurs (tableau 8).

Afin de limiter la fragmentation due aux axes de communication, des passages à faune peuvent être construits pour permettre aux espèces animales de franchir plus aisément les obstacles. Différents types de passage existent (Carsignol, 2012 ; Herbouiller, 2009) :

- les passages simples (buses ou dalots) permettant le passage de la petite et moyenne faune,
- les passages spécialisés à amphibiens notamment (canalisation),
- les passages mixtes associant un écoulement fluvial et une zone de passage pour la faune terrestre,
- les passages agricoles ou forestiers (chemin non revêtu et de bandes végétalisées),
- les passages inférieurs ou supérieurs à grande faune (en dessous ou au dessus de la route via un pont végétalisé),
- les viaducs ou faux tunnels (ouvrages de grandes dimensions qui ne sont généralement pas faites uniquement pour la faune).

La plantation de haies est une solution pouvant servir à renforcer et restaurer les continuités bocagères ou boisées et potentiellement humides, les haies étant aussi des lieux de refuge notamment pour les amphibiens lors de migration. Le choix de la haie à planter doit se faire en adéquation avec les enjeux du territoire (haie bocagère, haie haute brise-vent, haie libre fleurie, haie basse avec des arbres têtards...). La composition des essences choisies doit refléter celle des haies voisines. Dans l'Avesnois, les haies sont généralement composées de charme, d'aubépine, de prunelliers...

Des mares peuvent être créées ou restaurées pour la préservation des milieux aquatiques. Elles peuvent servir de lieu de reproduction pour les amphibiens y compris dans les milieux boisés ou prairiaux. Une mare fonctionnelle nécessite une profondeur d'au moins

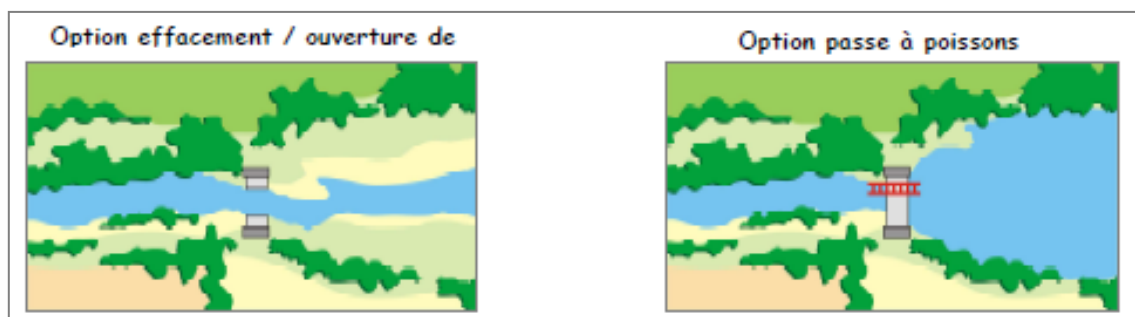


Figure 51 : Les aménagements possibles d'un cours d'eau

80cm voire 120cm de profondeur permettant de conserver des zones dépourvues de végétation aquatique (Cohez & Godin, 2003).

Pour améliorer la continuité écologique de la sous-trame bocagère, des parcelles de culture peuvent être converties en prairies si bien sûr le propriétaire est d'accord. Les cultures sont effectivement peu propices au passage de la faune. Elles n'offrent aucun abris et les produits phytosanitaires utilisés n'en font pas des milieux favorables à la biodiversité.

Pour la restauration de la continuité des cours d'eau, il serait pertinent d'établir un plan de gestion comprenant une liste d'opérations cohérentes avec les cours d'eau à mettre en place. Concrètement, il est possible d'effacer / d'ouvrir un ouvrage hydraulique ou d'aménager une passe à poissons sur l'ouvrage. L'enlèvement d'un barrage conduit à un retour à une dynamique naturelle du cours d'eau tout en permettant une libre circulation des poissons. Quant à la passe à poisson, la restauration de la circulation des espèces aquatiques est plus ou moins efficace. En outre, les surfaces situées en amont de l'ouvrage restent ennoyées c'est-à-dire qu'il n'y a pas de gains en habitats aquatiques (figure 51).

La restauration de la continuité aquatique peut se faire par une collectivité, une association agréée de pêche et protection des milieux aquatiques (AAPPMA), une Fédération des AAPPMA ou une association de riverains dans le cadre d'un plan de gestion du cours d'eau si ce dernier n'est pas réalisé. Il faudra alors prendre en compte le ou les structures en charge de l'entretien de celui-ci.

Des secteurs peuvent être reboisés. Toutefois, la structure et la composition de la forêt doivent s'adapter aux zones boisées adjacentes. Des essences locales doivent être utilisées le plus possible pour ne pas dénaturer le paysage et modifier l'écosystème.

2. Les perspectives à moyen et long termes

2.a. Le partenariat avec les communautés de communes

A moyen et long termes, un partenariat entre le Syndicat Mixte du Parc et les communautés de communes du Parc devra être mené pour réaliser des études Trame Verte et Bleue. Ces études pourront être menées au moins jusqu'à la fin de la Charte actuelle. Le Parc est actuellement en cours de rédaction d'une convention de partenariat avec la communauté de communes Coeur de l'Avesnois (dont les communes de Dourlers, Felleries, Floursies, Noyelles-sur-Sambre, Saint-Aubin, Saint-Rémy-Chaussée et Sassegnies font partie). Ces deux structures ont un certain nombre d'objectifs en commun notamment en matière d'aménagement du territoire. Le Parc réalise depuis la création de cette EPCI en 2011 l'accompagnement de la mise en œuvre des projets Trame Verte Trame Bleue. La mise en place d'un tel partenariat est actuellement en cours de discussion avec la communauté de communes du Quercitain.

2.b. Des dispositifs réglementaires : l'intégration dans les documents d'urbanisme

Le législateur a choisi de ne pas créer de régime de protection particulier pour préserver les continuités écologiques. Celles-ci sont donc protégées par les collectivités ayant réalisées un document d'urbanisme. C'est pourquoi la loi Grenelle incite ces dernières à adopter un document d'urbanisme (SCoT, PLU...).

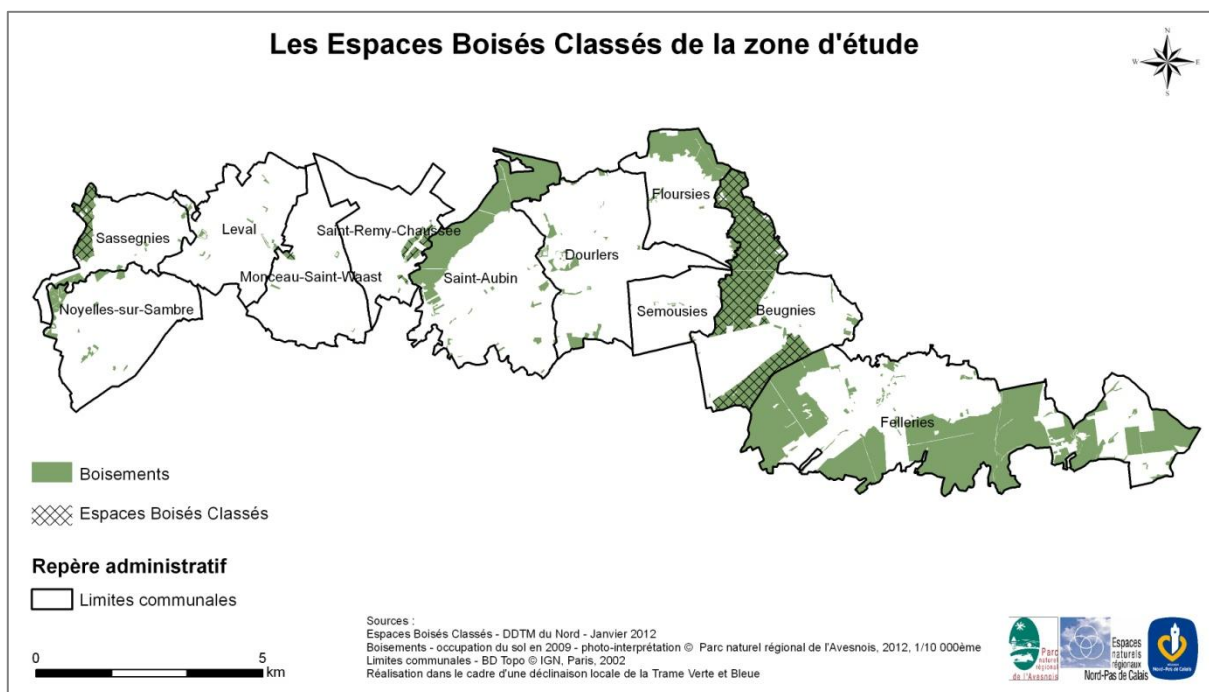


Figure 52 : Localisation des Espaces Boisés Classés

Le Schéma Régional de Cohérence Ecologique est un document qui fournit les orientations régionales de la Trame Verte et Bleue. Mais celui-ci n'est pas opposable. Néanmoins, les documents de planification comme un Plan Local d'Urbanisme (PLU) doivent le prendre en compte. En outre, il est important de noter qu'un PLU est un document opposable qui doit être compatible avec les orientations des niveaux supérieures (orientations nationales, SCoT, Charte du PNR, SRCE...). Il a donc un poids juridique non négligeable.

C'est pourquoi la loi Grenelle incite les collectivités compétentes à adopter un document d'urbanisme pour gérer au mieux les continuités écologiques et notamment à élaborer des PLU intercommunaux. En effet, ces derniers permettent de mettre en relation des communes pour une plus grande cohérence des projets et à une échelle plus fine que celle du SCoT.

Un PLU est une échelle opérationnelle pour favoriser la Trame Verte et Bleue. Il précise notamment la mise en place des continuités écologiques. Tout d'abord, ce document aide à la maîtrise du développement urbain et limite la fragmentation des milieux naturels et le mitage. Ainsi, il prévient des menaces qui peuvent peser sur les continuités écologiques. Par ailleurs, il permet de préserver des espaces naturels et participe à la protection des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques (Noiret, 2012). Par exemple, dans un PLU, des espaces agricoles à enjeux peuvent être classés en zone A (zone agricole) ou en zone N (zone naturelle et forestière) où les constructions sont limitées. Des boisements existants peuvent aussi être protégés en les classant en "Espaces Boisés Classés" dans le PLU. Sur la zone d'étude, 470ha sont déjà classés en Espaces Boisés Classés sur les communes de Beugnies (400ha), Sassegnies (48ha), Saint-Rémy-Chaussée (18ha) et Monceau-Saint-Waast (4ha) (figure 52).

Concernant le maintien du linéaire de haies, un autre outil mobilisable est la mise en place de la Préservation Concertée du Bocage (PCB) à l'initiative des communes accompagnées par le Parc naturel régional de l'Avesnois. Si la commune possède un PLU, cette démarche consiste à déterminer en concertation avec les acteurs locaux un maillage bocager à intégrer dans le document d'urbanisme lors de son élaboration. L'objectif est non pas de figer l'état actuel du bocage mais plutôt d'en maîtriser l'évolution en soumettant l'arrachage des haies notamment à une autorisation auprès du maire de la commune concernée. L'arrachage de haies est accordé s'il est compensé par de nouvelles plantations d'essences locales. Pour les communes sans document d'urbanisme ou dotées d'une carte communale, la loi Urbanisme et Habitat de 2003 indique que ces communes peuvent également protéger leurs éléments paysagers. Sur la zone d'étude, seules les communes de Leval et de Semousies n'ont pas mise en place de PCB (annexe 11).

Les communes non couvertes par un PLU peuvent préserver leur patrimoine naturel en dressant un inventaire selon l'article R 421-23 du Code de l'urbanisme. L'inventaire est validé par une délibération du conseil municipal après enquête publique (Guy *et al.*, 2010). Peuvent être ainsi protégés des haies, des alignements d'arbres, des bois, des mares...

2.c.Des dispositifs financiers

Non seulement des dispositifs réglementaires existent pour préserver certains éléments des continuités écologiques mais il est également possible de les préserver par le biais de certains dispositifs financiers.

Propositions d'actions à mener pour la sous-trame bocagère

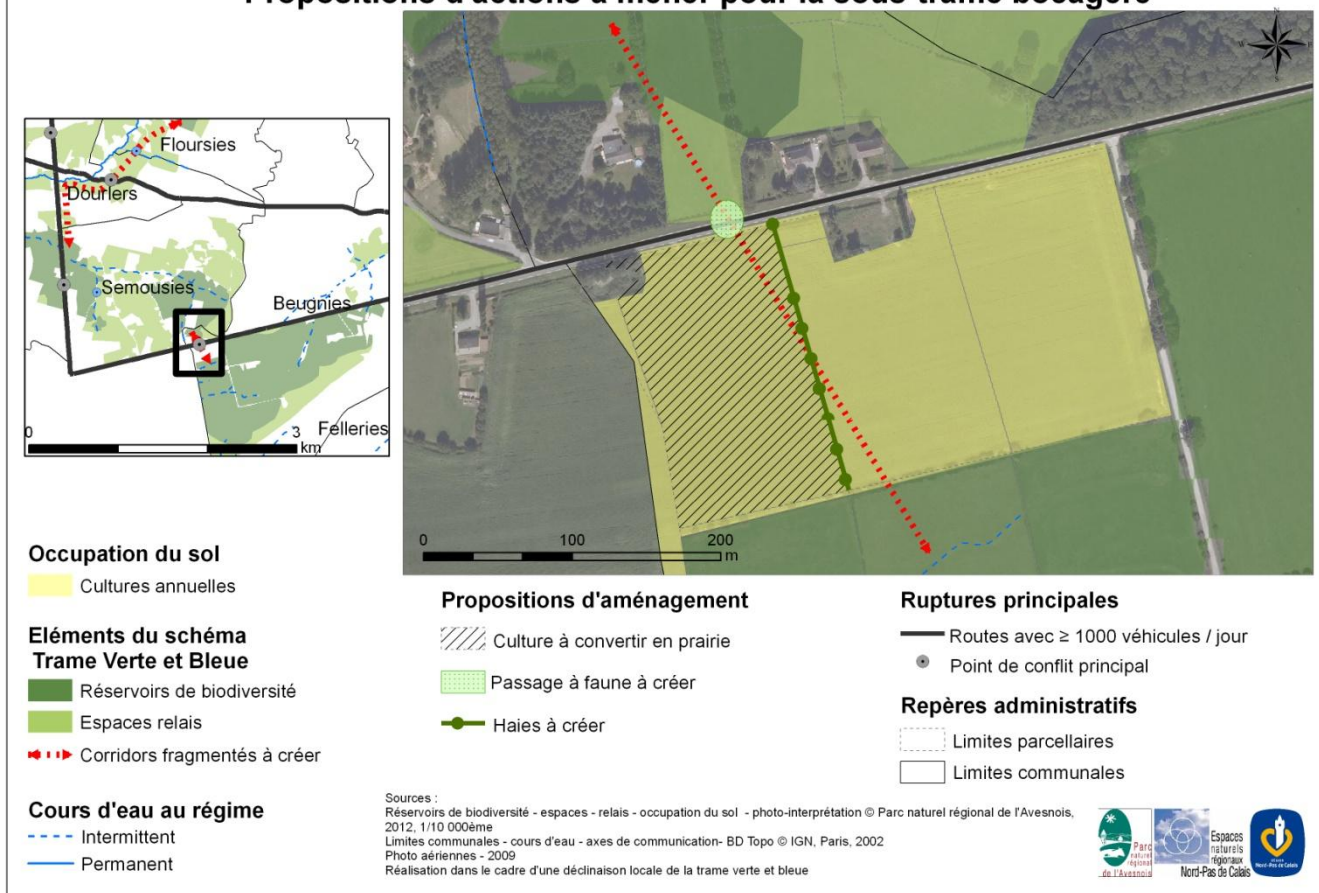


Figure 53 : Propositions d'actions à mener pour la sous-trame bocagère

Les Mesures Agro-Environnementales Territorialisées (MAEt) constituent un outil adapté à l'échelle parcellaire. Il s'agit de mesures incitatives mises en place dans le cadre de la Politique Agricole Commune. Ces mesures ont pour objectif de développer des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement permettant la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques. Sur le territoire du Parc naturel régional de l'Avesnois, certaines MAEt concernent le caractère bocager (entretien des haies arbustives non mitoyennes, entretien d'arbres têtards, gestion extensive des prairies avec suppression de fertilisation...) et d'autres les milieux aquatiques (restauration et entretien de mares).

Par ailleurs, le Conseil Général peut financer l'entretien et la plantation de haie sur terres agricoles par convention de mise à disposition du terrain d'assiette ce qui peut participer à financer les projets des agriculteurs souhaitant se mettre en cohérence avec le cahier des charges de l'Appellation d'Origine Contrôlée Maroilles (AOC Maroilles). En effet, le cahier des charges de 2011 précise que "les vaches laitières de la zone d'appellation doivent pâturer dans une zone de bocage". Il est noté également que "les haies doivent s'étendre sur au moins 100 mètres linéaires par hectare de surface fourragère principale". Les exploitations ont jusqu'au 1^{er} janvier 2017 pour répondre à cette caractéristique qui permet donc de participer au maintien du caractère bocager sur le territoire.

Enfin, le Conseil Régional peut financer la plantation de haies, la restauration de mares sur terrains privés ou publics (hors terres agricoles) dans le cadre du dispositif Pays. Ces actions ne sont néanmoins possibles à mettre en place qu'à condition que les communautés de communes financent une partie de ces projets.

2.d. Propositions d'action à mener pour la sous-trame bocagère

En limite sud des communes de Beugnies et Semousies, la création d'un corridor écologique pourrait s'effectuer entre deux réservoirs de biodiversité. Pour cela, trois aménagements sont possibles localisés aux endroits optimum (figure 53) :

- la création d'un passage à faune au niveau de la route départementale (préalablement il faudra vérifier la pertinence de sa localisation sur le terrain),
- la conversion d'une parcelle de culture de 2ha en prairie pourrait favoriser le passage de la faune,
- la création de 188m de haie d'essence locale en bordure de parcelle.

A RETENIR

La méthode d'identification des réservoirs de biodiversité donne des résultats pertinents. La méthode d'identification des corridors écologiques utilise deux méthodes complémentaires. La méthode de dilatation-érosion donne rapidement des résultats pertinents et met en évidence des zones localisées où des actions pourront être mises en place en 2014. La méthode Econat, plus longue à mettre en place, nécessitant des connaissances en SIG appuyées et se basant sur des estimations potentiellement discutables des coefficients de résistance de l'occupation du sol apparaît utile pour compléter les résultats de la méthode de dilatation-érosion. La méthode utilisée pour l'identification des continuités écologiques semble donc pertinente à l'échelle souhaitée. Elle pourra donc être transposée à des communautés de communes à long terme.

Conclusion

La déclinaison locale de la Trame Verte et Bleue à l'échelle pluricommunale sur le territoire du Parc naturel régional de l'Avesnois a pour objectif la réhabilitation et la gestion pérenne des continuums écologiques du Parc. Dans le but d'identifier une méthode pertinente de détermination des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques à l'échelle pluricommunale en assurant sa transposabilité, les méthodes identifiées ont été testées sur un territoire d'étude composé de onze communes.

Les indicateurs de compacité et de surface de la méthode de Biotopie-GREET sont utilisés pour identifier les réservoirs de biodiversité. Néanmoins, la définition des réservoirs de biodiversité est adaptée aux caractéristiques et contraintes de chacune des sous-trames. La définition des corridors écologiques peut se faire par le biais de deux méthodes distinctes nécessitant la détermination d'espèces cibles par sous-trame : l'Ecureuil roux pour la sous-trame boisée, le Hérisson d'Europe pour la sous-trame bocagère, le Triton alpestre pour la sous-trame milieux humides et la Truite fario pour la sous-trame cours d'eau. La méthode de dilatation-érosion et la méthode Econat s'avèrent toutes deux utilisables pour identifier les corridors écologiques à l'échelle pluricommunale. Néanmoins, la méthode de dilatation-érosion semble la méthode la plus pertinente pour localiser rapidement des continuités écologiques à une échelle pluricommunale. En effet, celle-ci s'avère accessible d'un point de vue technique et un seul paramètre, la distance de dispersion de l'espèce cible, est à déterminer initialement. La méthode Econat quant à elle reste subjective par la définition de coefficients de résistance de l'occupation de sol en fonction de l'espèce cible.

Les élus des onze communes et des agriculteurs ont été rencontrés au cours d'entretiens individuels pour placer les continuités écologiques au sein d'une réflexion territoriale. Les zones paysagères remarquables par les acteurs locaux correspondent aux réservoirs de biodiversité identifiés. Les acteurs locaux sont sensibilisés à la préservation de la biodiversité et ont conscience du rôle qu'ils ont à jouer dans son entretien.

En 2014, cette première phase de l'étude TVB sera complétée par une seconde phase consistant à élaborer le plan d'actions visant à maintenir, renforcer voire enrichir les continuités écologiques sur ces onze communes. A moyen et long terme, l'étude Trame Verte et Bleue a pour objectif de créer une dynamique de territoire pour transposer la méthode d'élaboration du schéma TVB à des communautés de communes avec lesquelles le Parc met en place un étroit partenariat.

Cette étude s'ancre dans une logique de préservation de la biodiversité pour enrayer son déclin. La phase d'appropriation des projets par les acteurs locaux est indispensable à une réelle dynamique de territoire et surtout à la mise en place d'actions concrètes en faveur de la biodiversité. La concertation s'avère alors inévitable et pourrait également s'accompagner par la mise en évidence des services rendus par la biodiversité. En effet, une action est actuellement mise en oeuvre sur certaines communes du Parc afin d'évaluer les services rendus par le bocage, élément identitaire du territoire. Celle-ci pourrait donc être valorisée et développée dans le cadre de la mise en place des schémas Trame Verte et Bleue du Parc naturel régional de l'Avesnois.

Bibliographie

Andrén H. et Delin A., 1994. Habitat selection in the Eurasian Red Squirrel, *Sciurus vulgaris*, in relation to forest fragmentation. *Oikos*, volume 70, Fasc. 1, 43-48p.

Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones T. et Moutou F., 2008. *Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Editions Delachaux et Niestlé. 271 p.

Aten (Atelier technique des espaces naturels). Trame verte et bleue. Centre de ressources. *International*, [en ligne].

<<http://www.trameverteetbleue.fr/documentation-outils/international>> (Page consultée le 30/06/2013).

Aten (Atelier technique des espaces naturels). Trame verte et bleue. Centre de ressources. *Le dispositif TVB*, [en ligne].

<<http://www.trameverteetbleue.fr/tout-savoir/dispositif-tvb>> (Page consultée le 30/06/2013).

Berthoud, Guy, février 2010. Guide méthodologique des réseaux *écologiques hiérarchisés*. Isère, Conseil Général. 139p.

Berthoud, Guy, juin 2011. Projet de réseau écologique départemental de l'Isère. Conseil Général de l'Isère. 74p.

Biotope - GREET Nord-Pas-de-Calais, février 2008. *Analyse des potentialités écologiques du territoire régional*. 66p.

Borloo, Jean-Louis, 2008. *Infrastructures et continuité écologiques - Étude méthodologique et application test en Alsace*. 134p.

Boulanger, A. 2011. *Identification et évaluation de la trame forestière et bocagère sur le territoire du Parc Naturel Régional des Caps et Marais d'Opale*. 63p. Stage de Master II. Parc naturel régional des Caps et Marais d'Opale : 2011.

Burel, F et Baudry, J. 1999. *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Éditions Tec & Doc, Paris. 359 p.

Carsignol, J. Janvier 2012. *Passages à faune, trame verte et bleue, statut de l'animal sauvage*. CETE de l'Est, [en ligne].

<http://www.croc-asso.org/croc/Cohabitation_resumes_files/jean_cohabitation_faune_homme_27_01_12.pdf> (Page consultée le 08/08/2013)

Cemagref, mars 2010. *Etude de l'intégration des continuités écologiques dans les SCOT en 2009 avant l'approbation de la loi Grenelle 2. Partie I : rapport de l'étude*. 154p.

Chapuis J. L. et Marmet J., 2006. *Ecureuils d'Europe occidentale : fiches descriptives*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 9p.

Cipière, M. *Etat de l'art des connaissances scientifiques actuelles concernant la mise en place de la Trame verte et bleue en milieu forestier*. 117p. Mémoire de fin d'études : Paris ; AgroParisTech-ENGREF ; GIP Ecofor : 2012.

Clavel, B. 2011. *La prise en compte de la biodiversité dans la conception de projets. Etat initial naturaliste des études d'impact : constat, analyse et recommandations*. Rapport de stage : DREAL LR. 20p.

Cohez, V. et Godin, J. 2003. Les mares :des infrastructures naturelles et utiles. Groupe Mare du Nord-Pas-de-Calais, [en ligne].
<http://www.groupemaresnpdc.org/doc/les_mares_des_infrastructures_naturelles_et_utiles.pdf>
(Page consultée le 08/08/2013)

Comité opérationnel Trame verte et bleue. *Proposition issue du comité opérationnel trame verte et bleue en vue des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques*. Editeur : MEEDDM, juillet 2010. 74p.

Conseil régional. *Projet d'actualisation du SRADDT - Préambule enjeu 5 (2013)*, [en ligne].
<http://www.nordpasdecalsais.fr/upload/docs/application/pdf/2013-01/sraddt_en_consultation_janvier_2013.pdf> (Page consultée le 18/03/2013).

Conservatoire botanique national de Bailleul. *L'observatoire de la Biodiversité du Nord-Pas-de-Calais. Analyse des indicateurs 2010*. Edition : Tanghe Printing, avril 2011. 145p.

Denöel, M., 2007. *Le Triton alpestre*. In Amphibiens et reptiles de Wallonie. Publication d'Aves – Raîgne et du Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois, 2007. 13p.

Département du développement durable et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 03/1996. *Bref historique de la Convention sur la Biodiversité*, [en ligne].
<<http://www.fao.org/sd/frdirect/EPre0009.htm>> (Page consultée le 18/03/2013).

ENRx, 2012. *Mettre en oeuvre la trame verte et bleue à l'échelle des territoires. Tome 3 - Comment intégrer la Trame verte et bleue dans les documents d'urbanisme ?* Les cahiers techniques d'espaces naturels régionaux. p. 16.

Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 2010. *Inventaire des ouvrages hydrauliques du bassin Artois-Picardie. Notice explicative de la base de données*. 41p.

Godin J., 2003. *Partez à la rencontre de la biodiversité Les amphibiens et les reptiles liés à l'eau du Bassin Artois-Picardie*. Douai : Agence de l'eau Artois-Picardie, mai 2003. 36p.

Génot, Jean-Claude. *Biodiversité naturalité et naturadiversité. Espaces NATURELS*. N°7, juillet 2004, [en ligne].
<<http://www.espaces-naturels.info/node/745>> (Page consultée le 02/08/2013)

Grasland, Claude. 2002. Agrégation de géographie. Préparation à l'épreuve écrite de commentaire de documents. Module n°4 : Classification - Régionalisation, [en ligne].
<<http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/agreg/module4/index.htm>> (Page consultée le 02/08/2013).

Guy, D., Duplessy, S., Piaskowski, N. Juillet 2010. *Trame verte et bleue et documents locaux d'urbanisme. Première synthèse suite à l'analyse de 12 PLU*. CETE Normandie-centre, [en ligne].
<http://www.cete-nord-picardie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/synthese_tvb-plu_v_doc_provisoire_cle0e4bdf.pdf> (Page consultée le 08/08/2013)

Herbouiller, Alexandre. Août 2009. *Rapport d'observations. Etude sur l'efficacité des passages inférieurs pour la petite faune*. Althis. 43p.

Hubert, Pauline. *Effets de l'urbanisation sur une population de hérissons européens*. 124p. Thèse : Université de Reims Champagne-Ardenne ; Laboratoire d'Eco-Toxicologie, UPRES-EA 2069 : 11 décembre 2008.

Huijser M. P., Bergers P. J. M. *The effect of roads and traffic on hedgehog (Erinaceus europaeus) populations*. Elsevier, August 2000, Volume 95, Issue 1, Pages 111-116.

Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. 172p.

Jégat, R. 2009. *Les lycées agricoles pour la biodiversité. Lycée de Sées (Orne), une mobilisation exemplaire en faveur du triton crêté*. [en ligne].
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_brochure-sees.pdf> (Page consultée le 05/08/2013)

Laguet, S. *L'écureuil roux (Sciurus vulgaris, Linnaeus, 1758) en forêt de montagne dans les Alpes françaises (Savoie) : morphologie, abondance et utilisation de l'espace*. Thèse : Ecole Pratique des Hautes Etudes ; 31 octobre 2012.

Laugier, Robert Laugier. Janvier 2013. *La biodiversité. Une synthèse documentaire*, [en ligne].
<http://www.cdu.urbanisme.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Biodiversite_Synthese_012013_cle55ffa1.pdf> (Page consultée le 30/06/2013).

Lecomte C., et Rattier, P, janvier 2011. *Parti d'aménagement de la RN2 entre A26 et la frontière belge*. Rapport n° : 007317-01. 55p.

Legifrance. JORF n°148 du 29 juin 1999 page 9515, texte n° 2 . *LOI no 99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire et portant modification de la loi no 95-115 du 4 février 1995 d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire (1)*, [en ligne].
<<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000760911&dateTexte=&categorieLien=id>> (Page consultée le 18/03/2013).

Maréchal C., et Libois, R., 1997. *Le hérisson d'Europe (Erinaceus europaeus)*. Édition : Service de la Conservation de la Nature et des Espaces verts du Ministère de la Région wallonne [en ligne].

<<http://old.biodiversite.wallonie.be/especes/ecologie/mammiferes/herisson.html>> (Page consultée le 22/07/2013).

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 02/07/2012. *2010, année internationale de la biodiversité*, [en ligne].

<<http://www.developpement-durable.gouv.fr/2010-annee-internationale-de-la-biodiversite>> (Page consultée le 18/03/2013).

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 02/07/2012. *Questions/réponses sur la biodiversité et la qualité des milieux*, [en ligne].

<<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Un-constat-d-erosion>> (Page consultée le 30/06/2013).

Noiret, S. 2012. *Repères de la Trame Verte et Bleue... à sa traduction dans les Schémas de Cohérence Territoriale et Plans Locaux d'Urbanisme*. DREAL Lorraine, [en ligne].

<[http://www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide - Trame verte et bleue dans les documents d urbanisme cle0cfb6d.pdf](http://www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_-_Trame_verte_et_bleue_dans_les_documents_d_urbanisme_cle0cfb6d.pdf)> (Page consultée le 09/08/2013).

Noréade. Juin 2011. *Interconnexion des champs captants. Sécurisation de l'adduction d'eau potable. Liaison Avesnois-Pecquencourt. Dossier d'Enquête Publique, d'Etude d'Impact, d'Incidence Natura 2000, Autorisation Loi sur l'Eau et d'instauration de servitudes*. 630p.

ONEMA, 2012. *Plan national pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau : un rôle majeur pour l'ONEMA*, [en ligne].

<<http://www.onema.fr/Plan-national-pour-la-restauration>> (Page consultée le 02/08/2013).

Région Nord-Pas-de-Calais. Rapport - version soumise à la consultation 6 décembre 2012. *Schéma régional de cohérence écologique Trame verte et bleue du Nord-Pas-de-Calais*. 404p.

Réseau Ferré de France, Février-mars 2013. *Dossier rendant public les objectifs et les caractéristiques essentielles du projet de Centre Européen d'Essais Ferroviaires (CEEFF)*. MD Conseil - sensee. 25p.

Services de l'Etat pour le département de l'Isère. Mai 2009. *Fiche méthodologique pour l'étude des PLU. Les espaces boisés classés*. 9p. [en ligne].

<http://www.isere.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/F_espaces_boises_classes_cle55af95.pdf> (Page consultée le 30/07/2013)

Syndicat mixte du Parc naturel régional de l'Avesnois, 2010. *Ensemble : un nouveau projet pour l'Avesnois !* 20p.

Syndicat Mixte du SCoT Sambre Avesnois, mai 2011. *Projet d'aménagement et de développement durable (PADD)*, [en ligne]

<http://www.SCoT-sambre-avesnois.fr/images/userfiles/file/SAMBRE%20AVESNOIS_PADD.pdf> (Page consultée le 09/08/2013)

Schockert, V. 2006. *A la chasse aux noisettes*. Unité de Recherches Zoogéographiques – Université de Liège -Institut de Botanique B22. 8p. [en ligne].

<http://www.zoogeo.ulg.ac.be/documents/muscardin/A%20la%20chasse%20aux%20noisettes.pdf>
(Page consultée le 05/08/2013)

CDDP de l'Hérault. Juin 2007. *Les indices et traces d'animaux*. Thémadoc. [en ligne].

http://www.crdp-montpellier.fr/themadoc/traces/p05_REP_INDICE.htm (Page consultée le 02/08/2013)

Thyriot, Céline. *Cartographie des corridors écologiques/ biologiques à l'échelle 1/ 25 000^{ème} sur l'ensemble du Parc Naturel Régional du Pilat*. 68p. Rapport de stage : Saint-Etienne : Université Jean Monnet ; CRENAM, 2007.

Université Laval. Objectif terre. Bulletin de liaison du développement durable de l'espace francophone, 2010. *10^e Conférence des Parties à la CDB*, [en ligne].

<http://www.objectifterre.ulaval.ca/10361/10e-conference-des-parties-a-la-cdb/> (Page consultée le 30/06/2013).

Vaucher, P. Y., 2013. *Petits mammifères. Le hérisson d'Europe*, [en ligne].

<http://www.oiseau-libre.net/Animaux/Animaux-sauvages/Petits-mammiferes/Herisson.html> (Page consultée le 22/07/2013).