



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

MASTER FAGE

Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement
Spécialité Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes

Etude de la connectivité des massifs

des Vosges et du Jura...



Clémentine ASSMANN

Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 05/09/2011

Nathalie Siefert, *Directrice du secteur biodiversité*

Bernard Amiaud, *Maître de Conférences*

Conseil Régional de Lorraine, *Place Gabriel Huguier* – 57036 METZ Cedex 01

Remerciements :

Je souhaite tout d'abord remercier Nathalie Siefert, ma maître de stage, qui m'a soutenu et m'a accordé sa confiance tout au long du stage. Je la remercie également pour toutes les connaissances qu'elle m'a permis d'acquérir à ses côtés, et qui me seront essentielles à l'avenir.

Je remercie vivement tous mes collègues du pôle de l'écologie qui m'ont réservé un accueil chaleureux et qui m'ont également permis d'appréhender les diverses compétences de la Région dans le domaine de l'environnement.

Je remercie Eric Marboutin, Alain Laurent et François Léger, représentants ONCFS du COPIL, dont les connaissances sur la biologie du Lynx m'ont été indispensables dans cette étude. Merci encore pour leur disponibilité, leur rigueur et les divers avis qu'ils ont pu émettre tout au long de cette étude.

Je remercie Géraldine Rogeon, chargée de mission Trame verte et bleue "Grand Est" du MNHN, pour l'intérêt qu'elle a porté à mon travail, pour ses conseils avisés et les explications qu'elle m'a apporté au sujet de la Trame Verte et Bleue.

Merci aussi à Estelle Germain, directrice de l'association CROC, pour toutes les connaissances qu'elle a bien voulu partager avec moi.

Je remercie les Régions et DREAL Alsace, Franche-Comté et Lorraine qui, par leur collaboration ont permis la réalisation de ce stage. Les données qui ont été rassemblées par leur biais ont été indispensables pour mener à bien cette étude. Merci également au PNR des Ballons des Vosges qui s'est intéressé à ce travail.

Je souhaite également remercier Jean Carsignol, du CETE de l'Est, pour les données et informations diverses qu'il m'a transmises dans le cadre de cette étude.

Enfin, je tiens à remercier vivement tous les Fagiens et Fagiennes sans qui ces deux années de Master n'auraient pas été aussi inoubliables.

Je n'oublie pas bien sûr de remercier ma famille, mes amis et l'ensemble des personnes qui ont contribué, parfois sans le savoir, à l'aboutissement de cette étude.

Note à la lecture : un atlas cartographique permettant de mieux visualiser les cartes représentées dans cette étude, est disponible en annexe 6.

Table des matières :

CONTEXTE	1
I. La Trame Verte et Bleue	1
1. Historique	1
2. Définition	1
3. La TVB dans les régions frontalières du Nord-est de la France	3
a) Le Conseil Régional de Lorraine	3
b) Le massif Vosgien	4
II. Le Lynx, une espèce déterminante pour la Trame verte et bleue	5
III. Objectifs du stage	9
PARTIE 1 : ASSEMBLAGE DES CARTES DE TRAME VERTE ET BLEUE DES REGIONS ALSACE, FRANCHE-COMTE ET LORRAINE.....	10
I. Méthode	10
1. Les zones nodales	11
2. Les zones d'extension et de développement	11
3. Les corridors	12
4. Les discontinuités	13
5. La matrice paysagère (le « fond » de carte)	13
II. Résultats et analyse	14
PARTIE 2 : CARTOGRAPHIE DES CONTINUITES FORESTIERES ENTRE LE JURA ET LES VOSGES, POUR LE LYNX.....	16
I. Méthode	16
1. Les zones nodales	16
2. Les zones d'extension et de développement	17
3. Les corridors	18
a) Analyse au 1/100 000 ^{ème}	18
b) Echelle du 1/5000 ^{ème}	19
4. La carte de la trame verte Vosges-Jura pour le Lynx.....	19
II. Résultats et analyse	20
1. Les zones nodales et les zones d'extension et de développement	20
2. Les corridors	21
a) Analyse au 1/100 000 ^{ème}	21
b) Echelle du 1/5000 ^{ème}	22
3. Assemblage de la trame verte Vosges-Jura pour le Lynx	27
III. Discussion et conclusion	27
BIBLIOGRAPHIE.....	29
ANNEXES	

Liste des photos et crédits photos :

Photos couverture :

Lynx et empreintes de Lynx (*Alain Laurent*)

Ouvrages d'art et massifs forestiers (*Clémentine Assmann*)

Photo 1 : Le massif Vosgien, des forêts sur de vastes surfaces (<i>Alain Laurent</i>)	4
Photo 2 : Le Lynx boréal (<i>Bernard Landgraf</i>)	5
Photo 3 : barres rocheuses (<i>Alain Laurent</i>)	7
Photo 4 : Milieux ouverts sur les chaumes (<i>Clémentine Assmann</i>)	7
Photo 5 et Photo 6 : Traversée de linéaires routiers (<i>Iens Aleksander et Centre Athénas</i>)	8
Photo 7 : Au loin, la vallée de la Thur, dont les zones urbaines fragmentent le paysage forestier (<i>Clémentine Assmann</i>)	15
Photo 8 : Le massif Vosgien, des surfaces forestières étendues en continuité (<i>Clémentine Assmann</i>)	15
Photo 9 : Canal du Rhône au Rhin (<i>Clémentine Assmann</i>)	23
Photo 10 : Route peu fréquentée traversant l'A36 (<i>Clémentine Assmann</i>)	24
Photo 11 : Chemin agricole sous l'A36 (<i>Clémentine Assmann</i>)	25
Photo 12 : Viaduc du Pertuis (<i>Clémentine Assmann</i>)	26
Photo 13 : Passage faune sur la route E54 (<i>Clémentine Assmann</i>)	26

Liste des acronymes :

APB : Arrêté de Protection de Biotope

APF : Arrêté de Protection de la Flore

CLC : Corine Land Cover

ENS : Espace Naturel Sensible

IFN : Inventaire Forestier National

PLU : Plan Local d'urbanisme

PNR : Parc Naturel Régional

RNCFS : Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage

RNN : Réserve Naturelle Nationale

RNR : Réserve Naturelle Régionale

SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale

SIE : Série d'Intérêt Ecologique

SRCE : Schéma Régional de Cohérence Ecologique

TVB : Trame Verte et Bleue

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

ZPS : Zone de Protection Spéciale

ZSC : Zone Spéciale de Conservation

Contexte :

I. La Trame Verte et Bleue

1. Historique :

Du fait de l'urbanisation croissante, de l'augmentation et de l'intensification des pratiques agricoles, de nombreux habitats se sont fragmentés, voire ont disparu. Face à cette érosion de la biodiversité, l'Homme s'est aperçu qu'il était nécessaire d'établir des périmètres de protection au niveau de sites naturels à forte valeur écologique. C'est ainsi qu'à partir de la fin du XIXème siècle sont nées les réserves naturelles, les parcs nationaux, ou encore le réseau Natura 2000 par la suite.

Néanmoins, ce réseau de sites naturels restait très fragmenté. Des scientifiques se sont alors aperçus de la nécessité de connecter ces sites entre eux (Debinski & Holt, 2000). De là est née la notion de réseau écologique. Ce terme, couramment utilisé en écologie du paysage désigne un ensemble d'éléments naturels interconnectés au sein d'un paysage, aussi bien d'un point de vue physique (territorial) que fonctionnel, à travers des populations d'espèces et des écosystèmes (Opdam *et al.*, 2006).

Un réseau écologique, assurant des connexions entre les habitats naturels des espèces par des corridors, est donc indispensable pour maintenir la connectivité du paysage, qui est une des conditions principales de la survie des espèces (Debray, 2011).

Les concepts de « trame » et de « réseau écologique » comme outil d'aménagement du territoire sont ainsi utilisés à partir des années 90. En Europe, la directive habitat (1992) et la directive oiseaux (1979) donnent naissance au réseau Natura 2000. En 1992, les termes de « trame » et de « réseau écologique » sont utilisés dans le contexte de la Convention sur la diversité biologique (Rio, 1992) puis en 1995, avec la stratégie paneuropéenne pour la protection de la diversité biologique et paysagère qui introduit le concept du réseau écologique paneuropéen (Conseil de l'Europe, 2007, Bonnin *et al.*, 2007).

Ce réseau marque l'apparition de la politique de Trame Verte et Bleue. En 2009, le concept de la Trame Verte et Bleue a ainsi été traduit dans le droit français via les lois Grenelle (Le Grenelle de l'Environnement, 2009).

2. Définition :

La Trame Verte et Bleue (TVB) est une mesure phare du Grenelle Environnement, qui vise à freiner le déclin de la biodiversité à travers le maintien et la reconstitution des continuités écologiques au niveau national. Son but est donc de rétablir un réseau écologique fonctionnel, permettant aux espèces de se reproduire, se déplacer et s'alimenter et garantissant ainsi la viabilité des espèces animales et végétales. C'est un véritable outil d'aménagement du territoire et de protection de la biodiversité (Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 2010).

Eléments constituant la TVB :

Ainsi, la cartographie de la TVB nécessite la prise en compte de plusieurs éléments (Girault, 2005, Jager & Bellemare, 2009, Allag-Dhuisme *et al.*, 2010) qui sont décrits ci-dessous (fig 1):

- Les **zones nodales**, (ou noyaux centraux) qui représentent des espaces où les espèces réalisent leur cycle de vie complet (alimentation, reproduction, refuge). Ce sont de véritables réservoirs de biodiversité, qui assurent la conservation des populations et permettent l'exportation de nombreux individus vers d'autres espaces vitaux potentiels. Elles sont généralement représentées par les périmètres de protection et/ou d'inventaire.
- Les **zones d'extension**, qui sont des espaces contigus aux zones nodales et qui pourront être considérés comme tel si certaines de leurs qualités ou fonctions sont renforcées.
- Les **zones de développement**, qui, à l'inverse ne sont pas contiguës aux zones nodales. Comme les zones d'extension, elles correspondent à des espaces partiellement suffisants pour l'accomplissement des phases de développement d'une population. Elles ne conservent toutefois leur valeur que si elles sont interconnectées à d'autres éléments de la trame via des corridors écologiques.
- Les **corridors** qui sont des zones de connexion reliant les différents éléments de la trame. Ils permettent le déplacement des espèces entre deux réservoirs.



Figure 1: Schéma d'un réseau écologique fonctionnel théorique (Jager, C. & Bellemare, F., 2009)

Ainsi, chaque région doit réaliser un Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) qui identifie ce réseau et le cartographie. Le SRCE est un document d'aménagement du territoire et de protection de la biodiversité, réalisé sous l'autorité du Président du Conseil régional et du Préfet de région. Pour assurer la cohérence de la TVB au niveau national, un comité régional TVB est créé dans chaque région. Ce comité « est associé à l'élaboration, à la mise à jour et au suivi du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (...) et s'assure de la prise en

compte des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques » (décret n°2011-738 du 28 juin 2011). Ce SRCE est ensuite décliné au niveau des SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) et des PLU (Plan local d'urbanisme) pour aboutir à une mise en œuvre opérationnelle.

3. La TVB dans les régions frontalières du Nord-est de la France :

Figure 2 : Les régions frontalières du Nord-Est de la France :



Le Nord-est de la France, dont font partie les régions Alsace, Franche-Comté et Lorraine, est un véritable carrefour écologique. En effet, de par leur position frontalière avec plusieurs autres pays européens (Belgique, Luxembourg, Allemagne et Suisse), ces trois régions ont un rôle important pour le maintien des continuités écologiques au niveau international. La Lorraine, notamment, est la seule région française à partager ses frontières avec trois autres pays (fig 2).

L'Alsace, la Franche-Comté et la Lorraine font partie des premières régions qui ont engagé une démarche TVB sur leur territoire. Elles ont ainsi élaboré une cartographie régionale de leur réseau écologique (ECOSCOPI, 2006, ECOSCOPI, 2003, ESOP-SEMAPHORE, 2009, Coulette, 2007).

Ces cartes ont toutefois été réalisées avant l'adoption par décret des orientations nationales, et les méthodes employées sont de ce fait plus ou moins différentes selon les régions. Or, pour assurer une cohérence du réseau écologique au niveau national, il est nécessaire de garantir la compatibilité des différentes cartographies régionales TVB entre elles. De plus, les continuités écologiques interrégionales revêtent souvent une grande importance, comme c'est le cas pour ces trois régions limitrophes, au niveau du massif Vosgien.

a) Le Conseil Régional de Lorraine :

Le Conseil Régional est une institution qui a pour origine le transfert de compétences de l'état aux collectivités territoriales. Cette décentralisation a permis de renforcer les pouvoirs et les compétences de la Région qui possède une autonomie de décisions et son propre budget. La Région intervient dans de nombreux domaines de la vie quotidienne : le développement économique, l'aménagement du territoire, l'éducation, la santé ou encore la culture. Au sein du Conseil Régional de Lorraine, ces compétences sont organisées par pôles. Le pôle de l'écologie instruit les dossiers liés à l'environnement et au développement durable. En effet, ce pôle intervient auprès des particuliers et des entreprises ou organismes publics dans le cadre de la maîtrise de l'énergie, du développement des énergies renouvelables, de la préservation de la nature, ou encore de la sensibilisation de la population au principe d'écocitoyenneté.

Pour cela, il est organisé en 4 secteurs qui sont : le secteur biodiversité, le secteur après mines et conversion, le secteur actions transversales de développement durable et le secteur maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables.

Le secteur biodiversité du pôle de l'écologie se consacre à la protection et conservation du patrimoine naturel de la région. Des réserves naturelles régionales ont ainsi été créées et sont suivies par ce secteur. Un programme Life Tétràs a également été monté par la Région et vise à maintenir et à protéger les populations de Grand Tétràs du massif Vosgien.

Au niveau des démarches TVB, la Région Lorraine a anticipé sur le Grenelle de l'environnement en engageant une étude Trame verte et bleue sur son territoire en 2009. Cette étude a ensuite été complétée l'année dernière par une trame thermophile. Le présent travail s'intègre dans cette démarche.

b) Le massif Vosgien :

Le massif Vosgien est un territoire de moyenne montagne s'étalant sur une longueur de 180 kilomètres. Il est occupé à 60% de forêt et son point culminant atteint 1424m d'altitude, au niveau du Grand Ballon (préfecture de Région Lorraine). Le paysage qui le caractérise est une véritable mosaïque de stations : forêts anciennes, lacs glaciaires, prairies humides, falaises et tourbières qui alternent avec des zones plus artificielles, dans les vallées (Martin, 2006).



Photo 1 : Le massif Vosgien, des forêts sur de vastes surfaces



Figure 3 : Carte du massif Vosgien

Tour à tour alsacien, lorrain ou franc-comtois, ce massif se situe sur pas moins de 7 départements : la Meurthe et Moselle, la Moselle, le Bas-Rhin, le Haut-Rhin, la Haute-Saône, les Vosges et le Territoire de Belfort (fig 3). Le territoire du massif Vosgien inclut plusieurs zones naturelles protégées (Réserves Naturelles nationales et régionales, périmètres Natura 2000, ZNIEFF, ...) ainsi que deux Parcs Naturels Régionaux (le PNR des Vosges du Nord classé réserve naturelle de biosphère par l'UNESCO, et le PNR des Ballons des Vosges).

Avec entre autres la présence du Lynx, du Grand Tétràs et du Chamois, le massif Vosgien présente une grande diversité qui témoigne du milieu naturel exceptionnel qu'il constitue. Le Lynx y a effectivement été réintroduit au début des années 80.

Ce massif est traversé par de nombreuses espèces dont les déplacements ne se limitent pas aux frontières régionales et la cohérence interrégionale de la cartographie de ses continuités écologiques est donc très importante.

II. Le Lynx, une espèce déterminante pour la Trame verte et bleue

Depuis une trentaine d'années, le massif Vosgien est repeuplé par un mammifère très discret : le Lynx. Ce félin est une espèce déterminante pour la TVB. En effet, ses nombreux déplacements et son vaste domaine vital en font une espèce très impactée par la fragmentation du paysage.

❖ Des caractéristiques particulières...

Le Lynx est un mammifère qui fait partie de l'ordre des carnivores, et plus particulièrement de la famille des félidés, dont appartiennent également les chats (=avec canines pointues et griffes acérées). Il existe 4 espèces de Lynx dans le monde (Raydelet, 2006) :

- le Lynx boréal ou Lynx européen (*Lynx Lynx*) qui est présent en Europe et en Asie.
- le Lynx pardelle ou Lynx ibérique (*Lynx pardinus*) qui est présent uniquement en Espagne et au Portugal.
- Le Lynx du Canada (*Lynx canadensis*) présent comme son nom l'indique, en Amérique du Nord.
- Le Lynx roux ou bobcat (*Lynx rufus*) d'Amérique du Nord et Centrale.

Photo 2 : Le Lynx boréal



C'est le Lynx boréal qui est présent dans nos massifs. Il mesure entre 50 et 75 cm au garrot et pèse une vingtaine de kilos (Stahl & Vandel, 1998). Le Lynx est un animal haut sur pattes, qui possède une petite tête arrondie et un cou bref. Son pelage, moucheté, varie entre le gris beige et le fauve roussâtre. En outre, il possède trois caractéristiques particulières : des pinceaux auriculaires, qui sont de petites touffes de poils surmontant les oreilles, une petite queue qui se termine par un manchon noir, et enfin des favoris, longues franges de poils qui entourent la face du félin (Raydelet, 2006).

Au niveau international, le Lynx est protégé par la convention de Berne et la CITES. Depuis 2002, il est classé dans la liste rouge de l'UICN comme espèce « quasi menacée ». Il est également inscrit en annexes II et IV de la directive habitat. En France, le Lynx boréal est une espèce protégée depuis 1981, par arrêté ministériel.

❖ L'histoire d'une réintroduction...

Pour comprendre la situation du Lynx en France, il faut tout d'abord s'intéresser à son histoire. Le Lynx n'a pas toujours été présent dans nos forêts. En effet, cet animal s'est éteint

en France à la fin du XIX^{ème} siècle (Kratochvil, 1968). Cette extinction a tout d'abord touché les Vosges, puis le Jura, le massif Central et les Alpes. Les causes de ce déclin sont la chasse, la fragmentation croissante des forêts, mais également la raréfaction des Ongulés sauvages liée à la déforestation (proies principales du Lynx). Ainsi, le milieu de vie de l'espèce s'est peu à peu réduit et le dernier Lynx a disparu entre 1910 et 1930 (Stahl & Vandel, 1998). Puis, dans les années 60, la restauration des milieux forestiers a permis le retour d'un habitat favorable pour le Lynx et ses proies favorites.

➤ **Dans les Vosges....**

L'habitat étant alors à nouveau favorable au Lynx, des discussions ont été engagées pour réintroduire le félin dans les forêts françaises (Fernex, 1979). Ce n'est qu'à partir de 1983 que des réintroductions ont été organisées en France, dans le massif des Vosges. 21 Lynx (12 mâles et 9 femelles) ont été lâchés dans les Vosges du Sud, sur une période de 10 ans (Vandel & Stahl, 2005 ; Laurent, 2009). Peu d'entre eux ayant survécus (du fait de braconnage, maladie ou d'inadaptation), seuls 10 Lynx ont en fait réellement constitués la souche de la population vosgienne actuelle (Vandel *et al.*, 2006).

➤ **Et dans le Jura...**

La population jurassienne quant à elle, provient des réintroductions réalisées en Suisse en 1970. Ces réintroductions ont permis la colonisation naturelle du Jura français quelques années plus tard (Breitenmoser, 2007a).

❖ **Situation du Lynx boréal en France :**

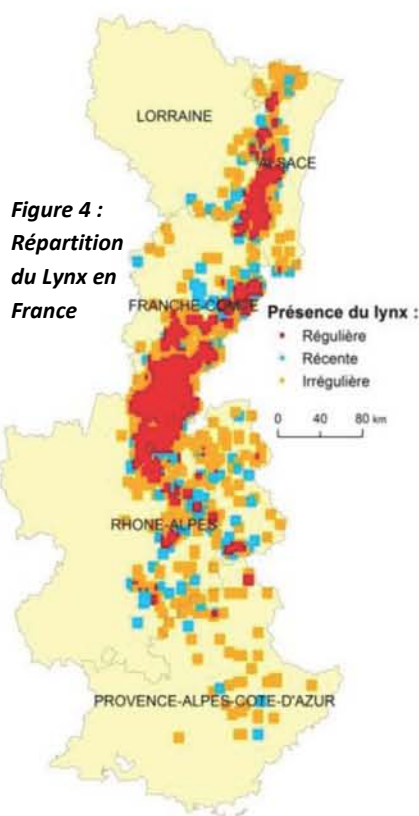


Figure 4 :
Répartition
du Lynx en
France

En France, le Lynx boréal est essentiellement présent au niveau du massif du Jura, des Vosges ainsi que depuis peu dans les Alpes (fig 4). Il occupe actuellement une superficie de 3600 km² dans le massif Vosgien, de 9000 km² dans le Jura et de 4700 km² dans les Alpes (Bilan triennal 2005-2007, bulletin du réseau Lynx). Le noyau de population principal est situé sur le massif Jurassien, et est démographiquement très actif. A l'inverse, les noyaux vosgiens et alpins sont plus restreints. Le noyau vosgien est essentiellement limité à la partie Sud du massif, et ses effectifs stagnent depuis quelques années. D'après les données de 2007, il y aurait environ une vingtaine de Lynx dans les Vosges, contre un peu moins d'une centaine dans le Jura (Bulletin n°14 du réseau Lynx). La remontée d'individus du Jura vers les Vosges serait donc très bénéfique à la population vosgienne. D'après Vandel & Stahl (2005), les deux noyaux seraient distants d'environ 40km. La fragmentation forestière entre les deux massifs pourrait toutefois empêcher cette remontée. Néanmoins, de plus en plus d'indices de présence sont collectés dans une zone intermédiaire entre les deux massifs et laissent penser qu'une connexion des deux populations est envisageable dans un futur prochain (Bulletin n°14 du réseau Lynx).

❖ *La forêt comme milieu de vie...*

Le Lynx est une espèce forestière, qui est principalement associée aux grands massifs forestiers (Stahl & Vandel, 1998). Le type de forêt importe peu, tant qu'un couvert lui est garanti. Ce couvert forestier est notamment très important lors de la mise-bas et de la chasse (Capt, 1994). De plus, il est indispensable que ces forêts soient continues sur de grandes surfaces, le Lynx étant un animal qui se déplace beaucoup. En effet, les distances parcourues en une nuit - sa période d'activité principale - peuvent aller jusqu'à 45km (Raydelet, 2006). Les paysages accidentés, barres rocheuses et zone pentues sont également très appréciées (Basille, 2008, Zimmermann, 2007), et lui servent de gîte pour ses siestes journalières ou d'observatoire pour repérer ses proies.

Photo 3 : barres rocheuses



Photo 4 : Milieux ouverts sur les chaumes



Le félin évite les zones ouvertes, car il ne s'y sent pas en sécurité. Il peut toutefois faire preuve d'une certaine plasticité de milieux dans certains cas. Ainsi, il peut par exemple évoluer dans les prairies bordant les zones forestières, pour se nourrir. Il chasse essentiellement les ongulés (chevreuils, chamois et plus rarement biches) mais peut également se nourrir de plus petites proies telles que des renards, des lapins, ou encore des oiseaux (Herrenschmidt & Leger, 1987). Les forêts à effet de lisières sont donc très favorables à sa présence, car elles lui procurent une densité d'ongulés importante. A l'inverse, les zones urbanisées sont évitées par l'espèce, et plus particulièrement les autoroutes (Basille, 2008).

❖ *Une vie en solitaire...*

Les Lynx sont des animaux très solitaires, qui ne tolèrent pas la présence d'un autre individu dans leur domaine vital, sauf pendant la saison des reproductions. Le domaine vital d'un Lynx représente l'espace qui lui permet de satisfaire l'ensemble de ses besoins. On distingue dans ce domaine vital, le noyau central, qui représente la partie du domaine vital la plus utilisée par l'animal, et qui concentre donc la majorité de ses activités (chasse, repos, marquage). Le reste du domaine vital est exploité de façon plus irrégulière (Raydelet, 2006).

Le domaine vital d'un Lynx peut avoir une superficie de 100km² à 400km² (Raydelet, 2006). Pour éviter l'intrusion d'un autre congénère sur leur territoire, les Lynx communiquent par messages olfactifs. En effet, le territoire est marqué régulièrement par dépôt d'urine, ou encore de poils sur des branches ou des tas de bois. Les domaines vitaux des mâles ne se chevauchent jamais, alors que souvent le territoire d'un mâle couvre celui de plusieurs femelles (Breitenmoser *et al.*, 1993).

❖ *Quelques jours de compagnie...*

La période de rut s'étend de fin février à début avril (Stahl & Vandel, 1998). Durant cette période, les mâles peuvent se déplacer sur d'importantes distances pour trouver des

femelles. Ainsi, lors de la saison de reproduction et uniquement lors de celle-ci, ils visitent les domaines vitaux des femelles et vont passer plusieurs jours avec celles-ci. 10 semaines plus tard, la femelle donne naissance à deux à trois petits en moyenne et les élève jusqu'à ce qu'ils atteignent l'âge de 10 mois environ. C'est à ce moment-là, que la mère se sépare de ses petits.

❖ *La conquête d'un nouveau territoire...*

Les jeunes vont ainsi quitter le territoire de leur mère, et vont devoir trouver leur propre domaine vital. Ainsi, ils peuvent se déplacer sur de grandes distances pendant cette période, et parcourent parfois jusqu'à 100km avant de s'installer (Raydelet, 2006). La période de dispersion a le plus souvent lieu entre la fin mars et la mi-avril (Stahl & Vandel, 1998). La dispersion se fait généralement de proche en proche, les jeunes se faisant chasser des territoires déjà occupés et se déplaçant donc jusqu'à la découverte d'une zone inoccupée, non loin de la population sédentaire. Lors de cette phase de dispersion, le renard constitue une ressource alimentaire importante pour les jeunes encore inexpérimentés (Zimmermann, 1998).

❖ *Des freins à l'expansion de l'espèce...*

De ce fait, la continuité de grandes surfaces forestières est indispensable pour la dispersion de ces jeunes individus. En effet, ceux-ci vont se déplacer principalement dans les zones forestières. La fragmentation des forêts par de vastes surfaces agricoles et/ou artificielles, ainsi que par les infrastructures linéaires constitue donc un frein important à l'installation de l'espèce (Klar, 2006).



**Photo 5 et Photo 6 :
Traversée de linéaires
routiers**

Les discontinuités linéaires telles que routes, autoroutes ou encore voies ferrées peuvent donc constituer un obstacle conséquent lors de leurs déplacements. Les autoroutes grillagées sont quant à elles parfois absolument infranchissables (barrières de 2m de haut). Il est toutefois arrivé qu'un Lynx parvienne à franchir ce type d'autoroute (Zimmermann, 2007). Toutefois, c'est un cas isolé et les collisions ne sont donc pas rares, et induisent une forte mortalité de l'espèce. Il ne faut également pas négliger la mortalité causée par le braconnage. Globalement, il a été démontré dans le Jura que l'Homme était responsable de 50 à 70% des mortalités (collision et braconnage compris) (Breitenmoser *et al.*, 2007a).

Enfin, étant donné que les ressources alimentaires sont largement suffisantes au félin et que l'habitat du massif est également propice à son installation, l'élément qui perturberait l'expansion des populations de Lynx serait donc plutôt lié à la mortalité causée par les activités humaines (Breitenmoser *et al.*, 2007a). De nos jours, l'Homme comprend néanmoins le rôle indispensable que jouent les continuités forestières pour la survie de cet animal.

III. Objectifs du stage :

Afin de tester la cohérence des travaux déjà effectués sur la TVB dans le Nord-Est de la France, les trois régions concernées (Alsace, Franche-Comté et Lorraine) ont décidé de mettre en commun les Trames vertes déjà cartographiées dans des études précédentes. Cela permettra de caractériser la trame forestière à l'interface des trois régions, et plus particulièrement au niveau du massif Vosgien. De plus, face à l'isolation de la population de Lynx du massif Vosgien, les partenaires ont également souhaité que cette carte de Trame verte obtenue soit utilisée pour analyser les connectivités entre les massifs Vosgien et Jurassien, dans le but d'aboutir à une définition des corridors forestiers pour le Lynx.

L'étude présentée dans ce rapport vise donc dans un premier temps à assembler les cartes de TVB régionales, au niveau du continuum forestier. Cet assemblage permettra de palier aux difficultés d'analyse des continuités écologiques forestières du massif Vosgien, liée à la présence des limites régionales. Cette agrégation des 3 cartes régionales sera le produit d'une réflexion fine d'analyse et de comparaison des différentes méthodes cartographiques utilisées par chaque région.

Dans un deuxième temps, et en s'appuyant sur la carte de trame verte interrégionale précédemment obtenue, les connexions forestières entre massifs Vosgien et Jurassien seront étudiées. Afin de garantir la viabilité de la population vosgienne de Lynx, le brassage génétique de ce noyau avec le noyau jurassien est nécessaire (Bulletin n°16 du réseau Lynx, Zimmermann & Breitenmoser, 2007). C'est pour cette raison que des corridors forestiers spécifiques à cette espèce seront recherchés et détaillés. L'objectif étant de proposer des mesures de conservation, voire de récréation de ces corridors pour favoriser le déplacement de l'espèce entre les deux massifs. D'autant plus que cette étude pourra également être profitable à de nombreuses autres espèces forestières.

Le stage s'est donc déroulé en deux étapes : une phase d'assemblage des cartes de TVB des 3 régions puis une étape d'analyse des connexions forestières entre les Vosges et le Jura. Pour cette raison, ce rapport est divisé en deux grandes parties relatant ces deux phases de travail.

Partie 1 : Assemblage des cartes de Trame verte et bleue des régions Alsace, Franche-Comté et Lorraine.

I. Méthode

La première partie de cette étude vise à rassembler les cartographies de TVB des trois régions (Alsace, Franche-Comté et Lorraine), au niveau de la **trame forestière**. Cette étude de TVB a été réalisée avec l'appui d'un comité de pilotage. Les membres de ce comité, constitué des régions et DREAL Lorraine, Alsace et Franche-Comté, du MNHN, de l'ONCFS, du Parc des Ballons des Vosges et de l'association CROC, ont été consultés et ont apporté leur expérience et expertise scientifique.

L'analyse et la comparaison des méthodologies de cartographie de la TVB de chacune des régions justifient les choix méthodologiques pris lors de la réalisation de l'assemblage des cartes. Ainsi, cette analyse et les choix en découlant seront traités ensemble ci-après.

L'analyse s'est basée sur les études (Coulette, 2009, ESOPE-SEMAPHORE, 2009 et ECOSCOPI, 2006 et 2003) et les cartes (annexe 1) réalisées dans ces régions. Puis, l'assemblage de la trame verte des 3 régions a été effectué sous système d'information géographique (SIG), à partir des couches cartographiques de TVB des 3 régions (mises à dispositions par les Régions et DREAL). Le logiciel SIG utilisé est Arcgis 9.3.1 d'ESRI.

Pour respecter les choix méthodologiques de chaque région, les données cartographiques de base qui constituent les cartes TVB régionales n'ont pas été modifiées (sauf certaines couches de la Région Lorraine, qui a donné son accord). L'assemblage des 3 cartes s'est fait sur des choix de symbologie, et via l'affichage (ou non) de certains éléments des couches sur la carte finale. Le but étant d'homogénéiser un maximum les représentations cartographiques (et non de recréer ou de modifier les éléments des couches déjà réalisées).

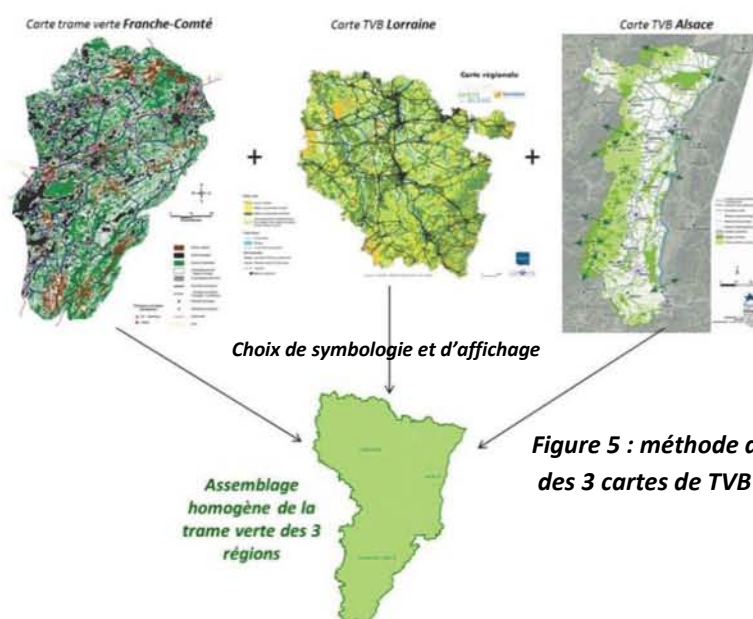


Figure 5 : méthode d'assemblage des 3 cartes de TVB régionales

❖ Les méthodes régionales de cartographie de la TVB et la méthode d'assemblage en découlant :

Chacune des composantes de la TVB fait ci-dessous l'objet d'un paragraphe qui décrit la manière dont elles sont représentées dans chaque région, et la méthodologie d'assemblage des cartes en découlant. Les zones d'extension et les zones de développement ont été regroupées car leur fonctionnalité est plutôt similaire.

Il est également important de préciser que les régions Lorraine et Franche-Comté se sont basées sur une **approche « espèce »**, avec la prise en compte d'espèces forestières (chevreuil et/ou sanglier et cerf) pour modéliser le continuum forestier alors que les continuités écologiques alsaciennes sont basées sur une approche paysagère. Un tableau récapitulatif de l'analyse des 3 cartes TVB se trouve en annexe 2.

1. Les zones nodales

Les zones nodales correspondent aux **ZNIEFF1, ZPS, ZSC, APB, RNN et RNR** pour les 3 régions considérées. Néanmoins, selon les régions, d'autres zones de protection et d'inventaire sont aussi désignées en tant que zones nodales (voir annexe 3). Ainsi, à titre d'exemple, on peut noter la présence des ENS et des sites du CSL dans les zones nodales de Lorraine, ou encore les APF pour l'Alsace.

Il apparaît également qu'au niveau des régions Alsace et Lorraine, les zones nodales sont constituées de la surface totale des périmètres de protection, sans distinction du type de milieu. Dans certains cas, en plus des zones forestières, cela peut également comprendre des prairies, des étangs ou même de petites zones urbaines. Au contraire, en Franche-Comté n'a été représentée que la **surface des noyaux présents sur des zones forestières**. Cette méthode est intéressante, car elle permet de séparer les zones nodales selon le continuum considéré.

Méthode : Toutes les zones nodales identifiées dans chacune des régions ont été représentées sur la carte finale de la Trame verte.

2. Les zones d'extension et de développement :

En Lorraine, ces zones sont représentées par les « milieux structurants » qui sont les milieux forestiers non recensés en zones de protection.

En Franche-Comté, elles ont été cartographiées à l'aide de cartes de « coût-déplacement », élaborées par une étude précédente (Fabien Ponchon, 2006). Ces « coûts-déplacements » sont déterminés par une rasterisation des couches d'occupation du sol (mailles de 25m, à partir de la CLC 2000 améliorée par des données de falaises, vergers et zones humides). Chaque maille est affectée d'une valeur qui traduit la capacité de l'espèce cible à se déplacer, en fonction de l'occupation du sol principale. Les zones d'extension et de développement sont ainsi représentées par des zones à très faible coût-déplacement : ce sont des zones où l'occupation du sol est favorable aux espèces forestières considérées dans

l'étude, donc des surfaces forestières essentiellement. Les méthodologies de ces deux régions, bien que différentes, sont **très complémentaires au niveau interrégional**.

En Alsace, il n'y a pas eu de distinction entre les milieux, et les zones d'extensions et de développement sont alors représentées par tous les milieux naturels non recensés en zones de protection : les milieux forestiers, prairiaux, rupestres et aquatiques.

Méthode : La méthode utilisée pour assembler ces zones a été la suivante : en Alsace, uniquement les milieux forestiers identifiés sur leur carte TVB ont été représentés en tant que zone d'extension et de développement. Pour les deux autres régions, elles ont été représentées par les « milieux structurants » Lorrains et les zones à très faible coût-déplacement de Franche-Comté.

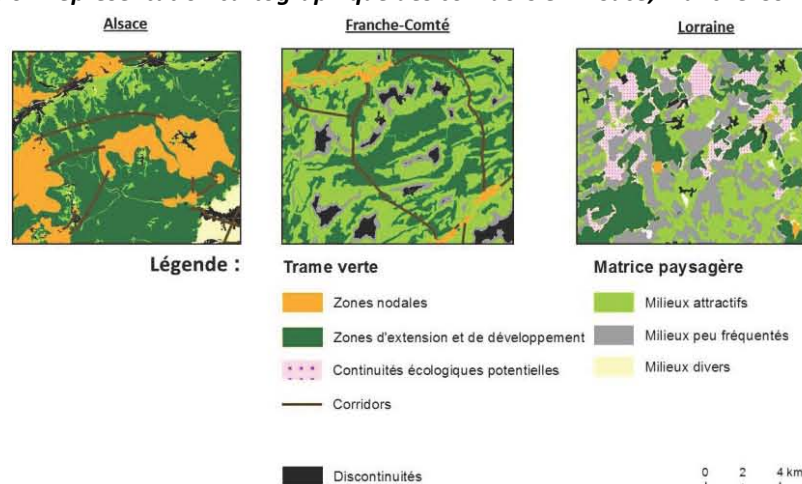
3. Les corridors:

En Franche-Comté, les corridors ont été créés à partir de la **modélisation des coûts-déplacements** puis soumis à confirmation par des experts naturalistes. Ils sont représentés sous forme de traits reliant les zones nodales et les zones d'extension et de développement entre elles (figure 6 – Franche-Comté).

En Lorraine, une autre procédure de modélisation a été utilisée : les continuités écologiques sont identifiées par une **phase de dilatation** autour des zones d'extension et de développement (zone tampon d'un kilomètre*) puis une **phase d'érosion** de ces zones tampon (d'un kilomètre également)**. Cette méthode permet de révéler les zones connectées dont les précédentes zones tampon se superposaient, et de constituer les continuités forestières potentielles (figure 6 - Lorraine).

En Alsace les corridors ont été tracés sous formes de traits par **interprétation visuelle**, à partir de critères de distance, de type et de structuration des milieux entre les deux zones connectées mais également sur dires d'experts (figure 6 – Alsace). Les zones reliées par ces corridors sont des zones nodales ou des zones d'extension et de développement.

Figure 1 : Représentation cartographique des corridors en Alsace, Franche-Comté et Lorraine.
Figure 6 : Représentation cartographique des corridors en Alsace, Franche-Comté et Lorraine.



*Distance de déplacement de l'espèce forestière considérée (chevreuil)

**Cette méthodologie est notamment réexpliquée en page 18 de ce rapport

Méthode : Sur la carte finale de la Trame verte, les corridors sont représentés par les axes simplifiés des corridors alsaciens et francs-comtois (des tracés plus précis de ces corridors ayant également été réalisés). Les corridors lorrains ne pouvant pas être représentés de la même manière (étant donné qu'ils sont surfaciques), ils ont été légendés différemment.

4. Les discontinuités :

- **Surfaciques :**

En Lorraine les discontinuités surfaciques sont représentées par les plans d'eau, lacs ou étangs ainsi que les zones urbaines. Au contraire, la région Alsace ne tient pas compte de ces surfaces en eau et considère uniquement les zones urbaines en tant que discontinuité surfacique. Enfin, la Franche-Comté définit ces zones comme des zones de coût-déplacement très fort, intégrant principalement les milieux urbains, les surfaces en eau, et les milieux d'agriculture intensive.

- **Linéaires :**

Globalement pour les 3 régions, les discontinuités linéaires sont les mêmes : autoroutes, LGV, réseau routier et ferré.

Méthode : La totalité des discontinuités identifiées par chaque région a été assemblée dans la carte finale de la Trame verte.

5. La matrice paysagère (le « fond » de carte) :

Pour prendre en compte le déplacement des espèces en dehors de toutes les zones décrites précédemment, les régions Lorraine et Franche-Comté ont également défini des zones de « **matrice paysagère** ».

En Lorraine, il s'agit de milieux plus ou moins perméables pour le chevreuil : des **milieux attractifs** représentés par les zones prairiales, et des **milieux peu fréquentés** pour les zones d'agriculture intensive, marais et tourbières.

En Franche-Comté, la matrice paysagère est cartographiée à partir des couches de calculs de coût-déplacement : les **zones de coût-déplacement faible à moyen** majoritairement représentées par les milieux prairiaux, et les **zones de coût-déplacement fort**.

La région Alsace n'a, quant à elle, pas défini ces milieux.

Méthode : Pour assembler la matrice paysagère de manière homogène sur la carte de Trame verte finale, la méthode suivante a été employée :

- D'après leurs caractéristiques, les milieux attractifs (Lorraine) peuvent être apparentés aux zones de coût-déplacement faible à moyen (Franche-Comté), et les milieux peu fréquentés (Lorraine) aux zones de coût-déplacement fort (Franche-Comté). Ainsi, une symbologie semblable a été utilisée pour ces zones. Dans la légende, l'appellation utilisée en Lorraine a été conservée.
- Au niveau de l'Alsace, les milieux prairiaux (identifiés en tant que zones d'extension et de développement sur la carte de TVB alsacienne) ont été utilisés pour représenter les milieux attractifs de cette matrice. Les zones « blanches » restantes ont été distinguées en tant que « milieux divers » (car elles représentent aussi bien des vergers que des zones d'agriculture intensive, etc...).

II. Résultats et analyse :

La carte obtenue après traitement est la suivante :

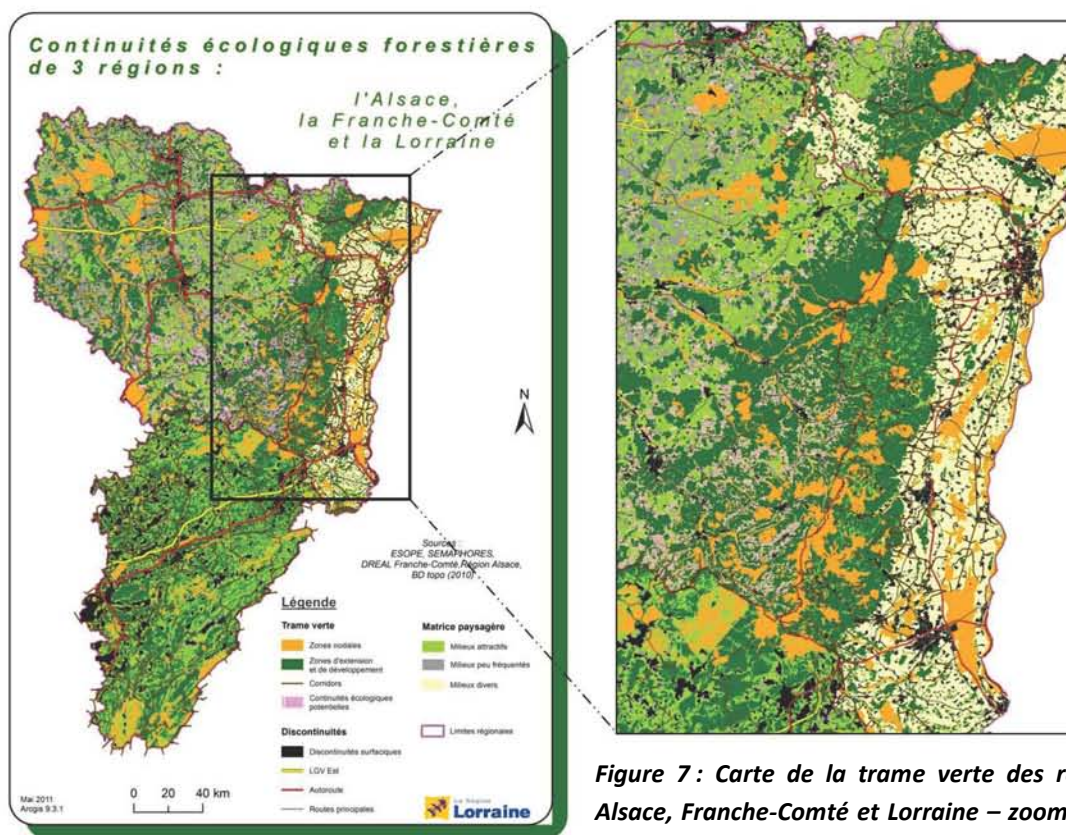


Figure 7 : Carte de la trame verte des régions Alsace, Franche-Comté et Lorraine – zoom sur le massif Vosgien.

L'assemblage des cartes de la Trame verte de ces 3 régions nous permet de zoomer sur les continuités forestières du massif Vosgien.

Le massif Vosgien :

Globalement, au niveau du massif Vosgien, on observe une **bonne homogénéité des zones nodales**, avec un ensemble continu de noyaux centraux au niveau des crêtes. Plus au nord, les noyaux sont plus dispersés. On note en Alsace une présence plus importante de noyaux en fond de vallées.

Ce massif apparaît également **très structurant** pour les espèces forestières, avec de nombreuses zones d'extension et de développement très étendues, reliant les différents noyaux. Certaines vallées plus larges morcellent néanmoins le massif, surtout du côté Lorrain où il apparaît plus fragmenté (ex : vallée de la Haute-Meurthe). Ces zones sont toutefois attractives pour les espèces forestières qui peuvent les utiliser pour leurs déplacements.

Le frein principal au déplacement des espèces dans ces vallées est essentiellement constitué des zones urbanisées qui concentrent la majorité de l'habitat et de la population. Le massif Vosgien est également traversé par quelques routes à fort trafic (nationales notamment), mais la plus grande partie de ces discontinuités linéaires est plutôt représentée par des routes peu fréquentées pouvant être franchies plus facilement par la faune (données des cartes de trafic des DREAL 2009, CETE de l'Est).

A cette échelle, on observe donc une **connectivité Nord/Sud importante** se prolongeant jusqu'au Nord de la Franche-Comté. En effet, des corridors relient les zones nodales de crêtes jusqu'aux noyaux franc-comtois à travers de vastes zones structurantes. Des corridors intra-vallées sont également présents en grande quantité du côté des vallées alsaciennes. Néanmoins, plus au Nord, un bémol est à apporter au niveau du col de Saverne où les continuités forestières forment un goulot difficilement franchissable au niveau de l'A36.

Malgré ces trois approches différentes, on constate tout de même une assez bonne cohérence entre les trois cartographies, qui semble traduire une trame forestière de bonne qualité sans élément bloquant pour la faune forestière. L'approche plus détaillée qui va être menée sur le Lynx permettra de confirmer ou non cette première analyse au niveau de la connexion Vosges-Jura. Ainsi, c'est la partie Sud du massif Vosgien qui va être analysée dans la suite de cette étude.



Photo 7 : Au loin, la vallée de la Thur, dont les zones urbaines fragmentent le paysage forestier.



Photo 8 : Le massif Vosgien, des surfaces forestières étendues en continuité.

Partie 2 : Cartographie des continuités forestières entre le Jura et les Vosges, pour le Lynx.

I. Méthode :

A partir des réflexions précédentes, il est maintenant possible d'analyser plus précisément les connexions entre massifs Jurassien et Vosgien, pour le Lynx.

Dans un souci de cohérence avec les démarches TVB déjà engagées avec les 3 régions concernées, la cartographie des continuités forestières entre les Vosges et le Jura pour le Lynx a été élaborée de façon à être conforme aux méthodologies employées dans le cadre de la TVB. Cela passe donc par la représentation de zones nodales, de zones d'extension et de développement, et enfin de corridors (Girault, 2005).

La zone d'étude se situe sur les départements suivants : Vosges, Haut-Rhin, Haute-Saône, Doubs et Territoire de Belfort (fig 8).

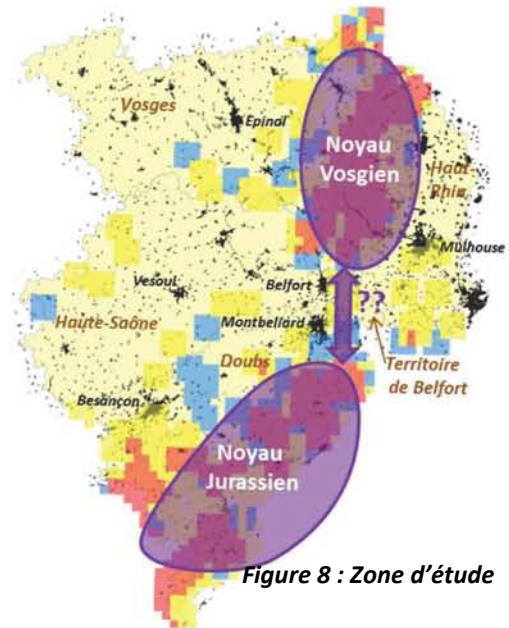


Figure 8 : Zone d'étude

1. Les zones nodales :

Habituellement, les périmètres de protection et/ou d'inventaires sont utilisés pour représenter ces zones (Allag-Dhuisme *et al.*, 2010). Si on appliquait cette méthodologie au Lynx, on représenterait en tant que zone nodale toutes les zones forestières concernées par ces mesures de protection.

Or, les zones nodales représentent des zones de réservoir et ont donc la capacité d'exporter des individus. Ces zones doivent donc comporter une population de Lynx. Ce n'est cependant pas le cas dans toutes les zones de protection recensées au niveau des massifs Vosgien et Jurassien. Ces périmètres de protection n'ont donc pas été pris en compte dans notre analyse.

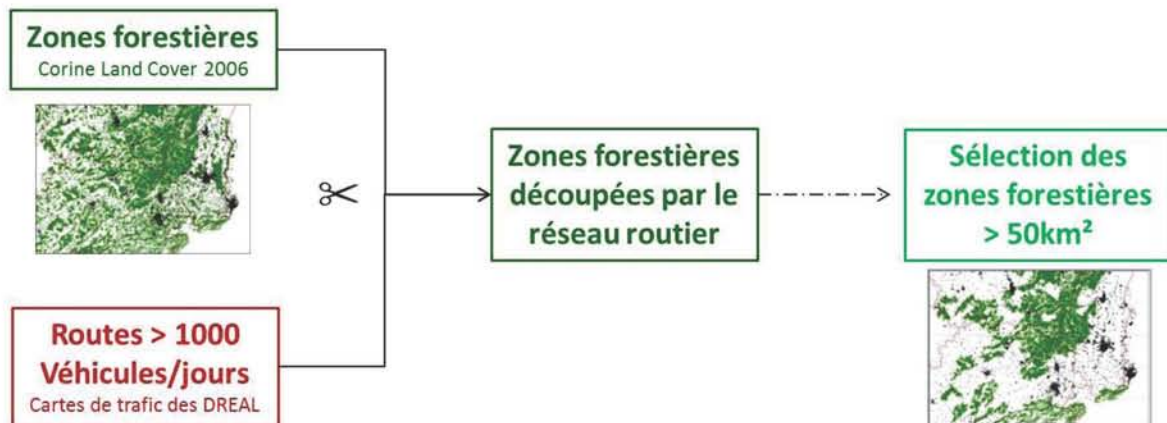
Les zones nodales sont donc déterminées de la façon suivante :

- 1- Le domaine vital d'un Lynx est caractérisé par la présence obligatoire de couvert forestier (Stahl & Vandel, 1998) → **Sélection des zones forestières de la couche Corine Land Cover 2006 (CLC06).**
- 2- Les zones nodales représentent des milieux continus, non fragmentés. Or, de nombreuses routes fragmentent les zones forestières. D'après Iuell *et al.* (2003), les routes dont le trafic représente plus de 1000 véhicules/jours, « sont perméables pour quelques espèces mais évitées par les espèces les plus sensibles ». Par espèces sensibles, l'auteur désigne les « espèces rares comportant une population locale et de

vastes domaines vitaux, comme les grands carnivores ». Il semblerait donc que le Lynx fasse partie de cette catégorie → **Les surfaces forestières sont découpées par les routes de plus de 1000 Véhicules/Jours** (cartes de trafic des DREAL 2009, données CETE de l'Est 2009).

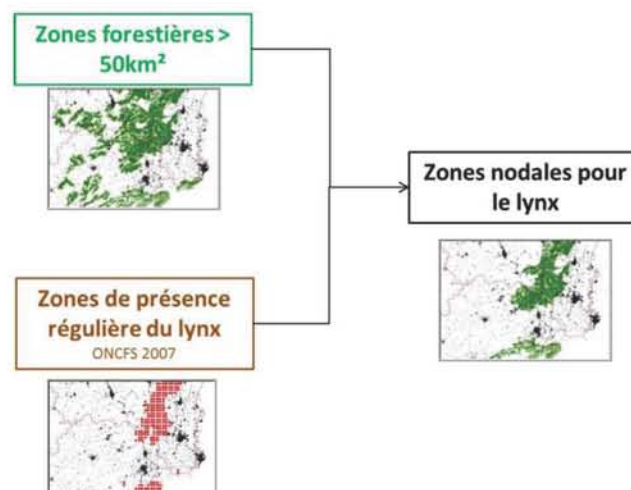
- 3- Le Lynx établit son territoire sur un vaste domaine → **Sélection des surfaces forestières de plus de 50km²** (seuil considéré par Zimmermann & Breitenmoser, 2007).

Figure 9 : Schéma des étapes de cartographie des zones nodales – 1^{ère} partie



- 4- Enfin, pour prendre en compte la distribution récente du Lynx → **ces zones forestières de plus de 50km² sont croisées avec les zones de présence régulière du Lynx** (ONCFS, données de présence 2007).

Figure 10 : Schéma des étapes de cartographie des zones nodales – 2^e partie



2. Les zones d'extension et de développement :

Ces zones sont représentées par toutes les surfaces forestières qui ne sont pas comprises dans les zones nodales, le Lynx pouvant potentiellement les utiliser pour ses déplacements.

3. Les corridors :

a) Analyse au 1/100 000^{ème} :

Dans un premier temps, une analyse grossière des continuités écologiques forestières entre les deux massifs est nécessaire. En effet, elle nous permettra d'évaluer de façon globale la qualité des continuités forestières de cette zone intermédiaire entre les deux massifs. D'autre part, elle permettra d'analyser si, à cette échelle, une connexion des zones forestières de ces deux massifs est observée. Dans le cas contraire, les principales zones de rupture de continuité pourront être identifiées.

Pour déterminer ces continuités, la méthode par dilatation/érosion a été utilisée :

- Les zones forestières de la CLC 2006 sont dilatées par une zone tampon (fig 11 et 12). Cette valeur de tampon représente la distance que peut parcourir un Lynx en dispersion en dehors des zones forestières. Selon Zimmermann & Breitenmoser (2007), un Lynx en dispersion ne se déplace pas plus de 400 à 500m dans une zone ouverte, depuis une zone forestière. Toutefois, plusieurs valeurs de zones tampon ont été testées (zone tampon de 100m à 600m maximum).



Figure 11 : Surfaces forestières



Figure 12 : Dilatation des surfaces forestières

- Ensuite, ces zones tampons subissent une érosion (application d'une zone tampon négative), de la même distance que celle considérée précédemment. Cette méthode permet de révéler les zones potentiellement connectées (flèches rouges sur la figure 13), où l'animal pourra éventuellement se déplacer. En effet, les zones où les précédentes zones tampon se superposaient ne vont pas disparaître après érosion.

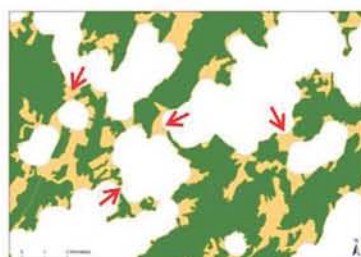


Figure 13 : Continuités potentielles dévoilées par l'érosion des zones tampon

Il est important de vérifier par la suite quelle est l'occupation du sol sur ces zones de déplacement et de leur soustraire les zones où le type d'occupation du sol est considéré comme infranchissable par l'animal.

Pour le Lynx, les zones urbaines ne sont pas franchissables et seront donc exclues des zones de déplacement. Cette modélisation ne prend cependant pas en compte les routes et autoroutes qui fragmentent les deux massifs, car ils seront pris en compte dans un deuxième temps, à une échelle plus fine. Elle va essentiellement servir à observer les fragmentations des surfaces forestières par les zones ouvertes (agricoles, urbaines, ou autres).

b) Echelle du 1/5000^{ème} :

La recherche et la modélisation de corridors affinés à l'échelle du 1/5000^{ème} a été réalisée à partir de plusieurs ressources :

- ✓ Les principaux axes de déplacement entre les deux massifs identifiés sur la carte de trame verte précédemment réalisée ont été pris en compte.

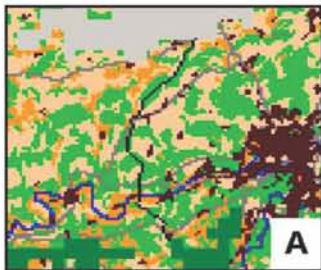


Figure 14 : Corridor « Lynx »
(Zimmermann & Breitenmoser, 2007)

- ✓ Un corridor « Lynx » modélisé par Zimmermann & Breitenmoser (2007) et situé entre les Vosges et le Jura a également été considéré (fig 14). Ce corridor, représenté grâce à une régression logistique suivie d'une modélisation coût-déplacement (raster de 250m) a été repris dans cette étude. Il a été sélectionné par les auteurs en comparant les caractéristiques des différents corridors modélisés par cette méthode (longueur, nombre de barrières et coût).

- ✓ Les continuités forestières précédemment obtenues au 1/100 000^{ème} ont également servi à « diriger » la recherche des corridors vers les zones où la connectivité des surfaces forestières était effective au 1/100000^{ème}.
- ✓ D'autre part, les publications, avis d'experts et les connaissances sur l'habitat et le comportement du Lynx ont permis d'identifier d'autres axes de passages potentiels qui ont ensuite été validés (ou non) par les experts Lynx.
- ✓ La présence de passages faune, de boviducs, ou encore de chemins forestiers sur les autoroutes et routes à fort trafic a été localisée sous Arcgis à partir d'orthophotographies et d'études précédemment menées (Loisy, 2008, Salamon, 2010). Ces passages ont ainsi été pris en compte pour le tracé des corridors.

Les corridors identifiés ont été tracés sous Arcgis à partir de la BD TOPO et de la BD OCS puis dilatés par une zone tampon de 250m (de part et d'autre du tracé). La présence de ruptures sur ces corridors a ensuite été étudiée. Une analyse de terrain a permis de confirmer ou non la présence de ces ruptures et des passages faune observés sur la cartographie.

4. La carte de la trame verte Vosges-Jura pour le Lynx

Cette carte se constituera des zones nodales, zones d'extension et de développement, corridors et discontinuités.

II. Résultats et analyse :

1. Les zones nodales et les zones d'extension et de développement :

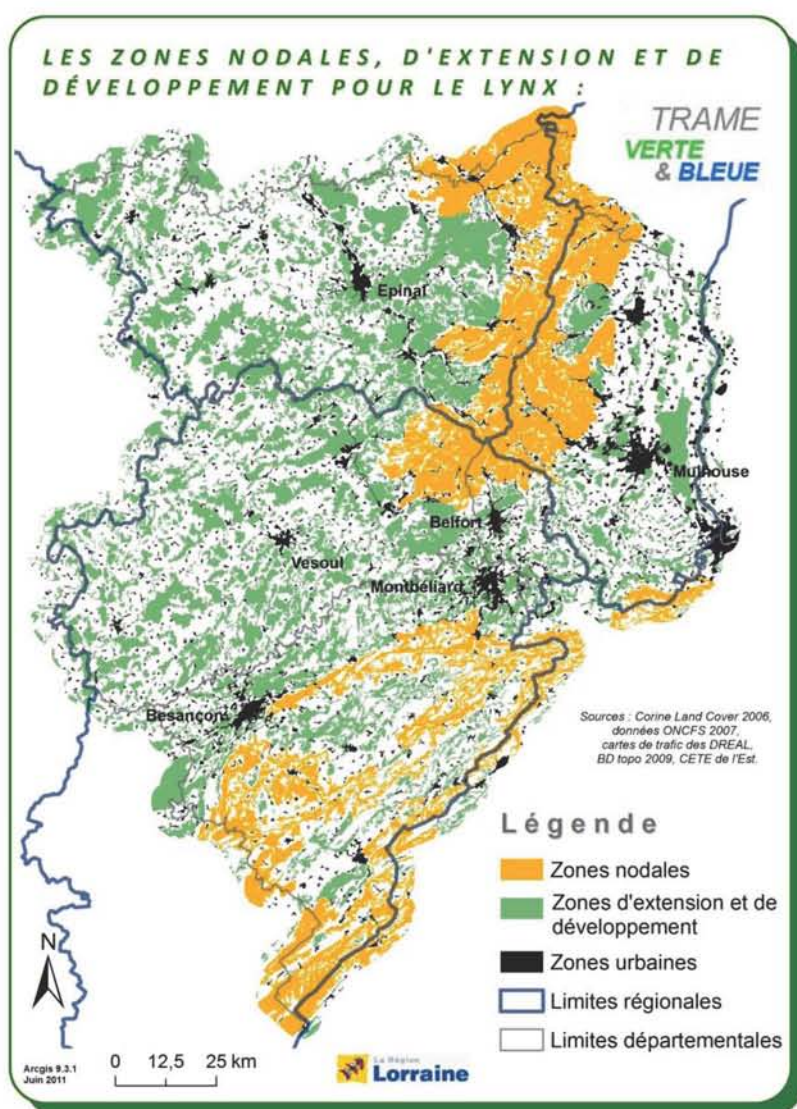


Figure 15 : Carte des zones nodales, d'extension et de développement pour le lynx.

Globalement, on observe deux grandes zones nodales : une vaste zone dans le Sud du massif Vosgien, et une autre dans le Nord du massif Jurassien. Une troisième zone nodale plus petite se situe au niveau du Jura alsacien. Après analyse de cartes d'occupation du sol Suisse, il est fort probable que la zone nodale du Jura alsacien communique directement avec la grande zone nodale jurassienne. Enfin, la zone nodale du Jura apparaît plus fragmentée que celle du massif Vosgien dont les zones forestières sont au contraire très continues.

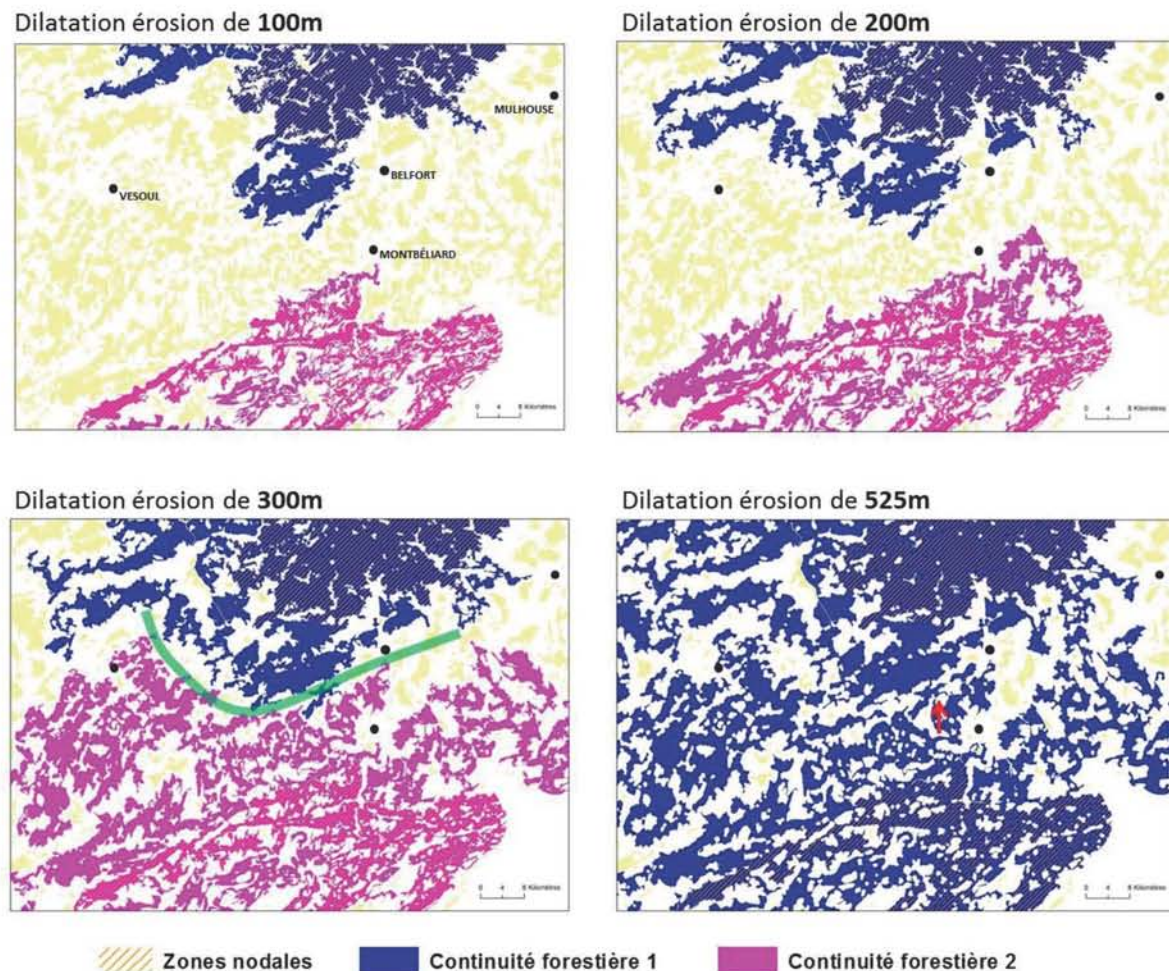
Au niveau des zones d'extension et de développement, on les retrouve sur de grandes surfaces à l'Ouest de Belfort, et au Sud de Vesoul. Dans la vallée du Doubs, elles sont également nombreuses mais de plus petite surface et donc plus fragmentées.

2. Les corridors :

a) Analyse au 1/100 000^{ème}

Les continuités forestières ont été modélisées en utilisant plusieurs distances de tampon. Ci-dessous sont présentés les résultats pour des distances de tampon de 100m, 200m, 300m et 525m. Chaque entité colorée (bleue ou rose) représente une continuité forestière, donc une zone où tous les espaces forestiers sont connectés.

Figure 16 : Continuités forestières entre les Vosges et le Jura en fonction de la distance de déplacement considérée



On observe ainsi deux grandes continuités forestières : la première partant du massif Vosgien et la deuxième du Nord du Jura. Plus on augmente la distance de déplacement du Lynx, plus elles s'étendent. Ce n'est qu'en effectuant une dilatation-érosion de 525m que les zones forestières de ces deux massifs parviennent à se connecter. Or, cette zone de connexion est unique et très étroite (flèche rouge fig 16). Lorsqu'on augmente cette valeur de tampon jusqu'à 600m (ce qui semble encore réaliste selon l'avis des experts), ces connexions s'élèvent au nombre de 4. La zone la plus fragmentée au niveau forestier se situe au Sud du massif Vosgien, au niveau de la ligne verte (sur la figure 16), où les continuités forestières manquent. Malgré ce bémol, et en dehors de cette zone, les espaces forestiers sont plutôt continus entre les deux massifs.

Comme on le voit, les continuités au 1/100 000^{ème} ne suffisent pas à définir des corridors mais permettent d'identifier la zone où se situe la principale fragmentation liée à la présence des milieux ouverts (agricoles ou artificiels).

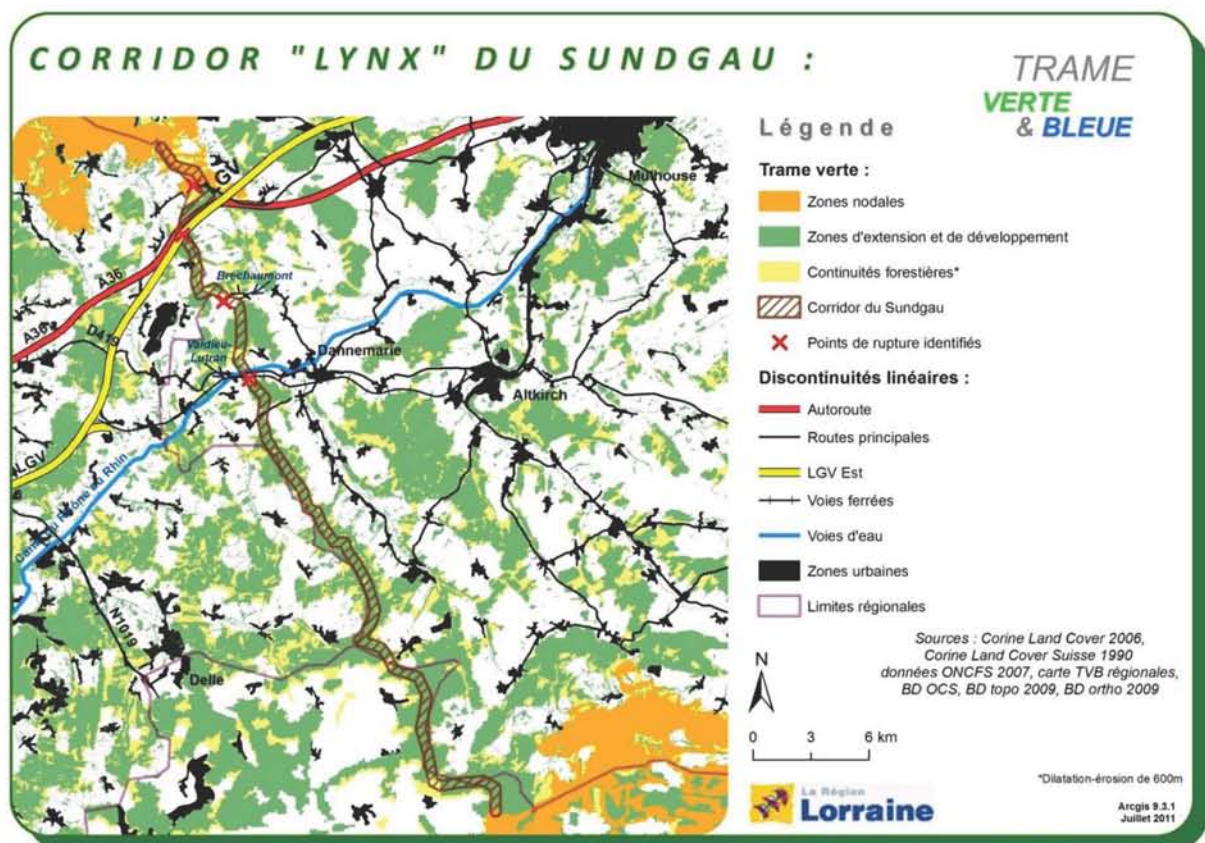
b) Echelle du 1/5000^{ème}

Au 1/ 5000^{ème}, 4 corridors ont été représentés. Pour chacun de ces corridors, des notes ont été calculées selon plusieurs critères (voir annexe 4 et 5). Plus le nombre de points est élevé, plus il est difficile à l'animal d'emprunter le corridor. Les 2 corridors dont la note était la moins importante ont été retenus et sont décrits ci-dessous.

❖ Le corridor du Sundgau

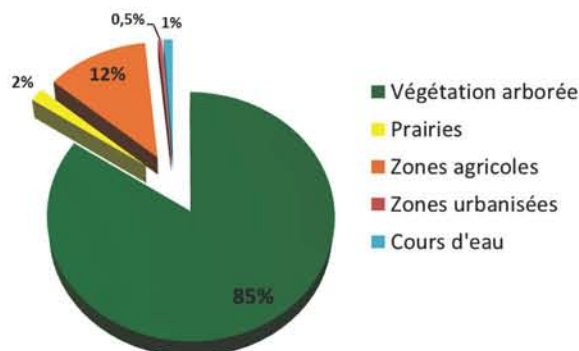
Le premier corridor retenu est un corridor qui se situe au niveau des limites départementales entre le Haut-Rhin et le Territoire de Belfort, dans le Sundgau.

Figure 17 : Carte du corridor du Sundgau



Son tracé représente 45km de long, et, après application d'une zone tampon de 250m de part et d'autre du tracé, on observe l'occupation du sol suivante (fig 18) :

Figure 18 : Type d'occupation du sol sur le corridor du Sundgau (CLC06)



Ce corridor, formé de 85% de zones forestières est exceptionnellement bien boisé et « dirigé » dans un axe Nord/Sud. En totalisant la surface des continuités forestières de ce corridor (dilatation-érosion de 600m), on atteint presque 100% (95%) de sa surface totale. Néanmoins, en dehors des zones forestières le sol est occupé principalement par des surfaces agricoles, qui ne sont pas très favorables pour l'espèce (Basille, 2008).

Les ruptures :

Après confrontation avec le réseau routier, ferroviaire et les fragmentations forestières, on observe les ruptures de continuités suivantes (en partant du Sud vers le Nord - se référer aux croix rouges, figure 17) :

- Une première rupture apparaît au niveau de la commune de Valdieu-Lutran. Elle se caractérise par la présence de plusieurs obstacles : une voie ferrée, suivie d'une route à fort trafic et d'un canal, qui fragmentent les deux zones forestières situées de part et d'autre de ces barrières. Par ailleurs, le canal comporte des écluses tous les 100m. Au niveau du canal, les zones forestières forment un goulot d'une largeur de 200m. A cet endroit, le canal est bétonné et il n'est pas possible pour un animal de remonter de l'autre côté. Néanmoins le pont étroit au niveau des écluses permet de le traverser si l'animal est assez confiant. Sinon, 50m plus à l'Est une partie du canal n'est plus bétonné et une traversée à la nage est donc possible (mais à cet endroit les forêts ne bordent plus le canal).



Photo 7 : Canal du Rhône au Rhin

- Une fois arrivé au niveau de la commune de Bréchaumont, les zones forestières se font plus fragmentées. A cet endroit, une rupture des continuités forestières est visible au 1/100 000^{ème}. Toutefois, on observe qu'au 1/5000^{ème} une zone forestière d'environ 10 hectares est présente 450m plus loin et peut servir de relais. Toutefois la zone ouverte les séparant ne comporte aucune végétation (buisson, haie ou arbre isolé). Cet espace forestier de 10 hectares est donc indispensable au passage de l'animal et sa conservation est primordiale.

- Enfin, la dernière rupture est la plus importante : il s'agit du passage de l'A36, de la future LGV et de la nationale 83 (dont la fréquentation s'élève à plus de 8000 véhicules/jours). A ce niveau, l'A36 et la RN83 ne possèdent aucun passage à faune. Après prospection terrain, une route peu fréquentée passe au-dessus de l'autoroute et pourrait peut-être permettre à l'animal de traverser à cet endroit. Cependant, l'animal doit traverser une zone ouverte sur une centaine de mètres avant de pouvoir y accéder.



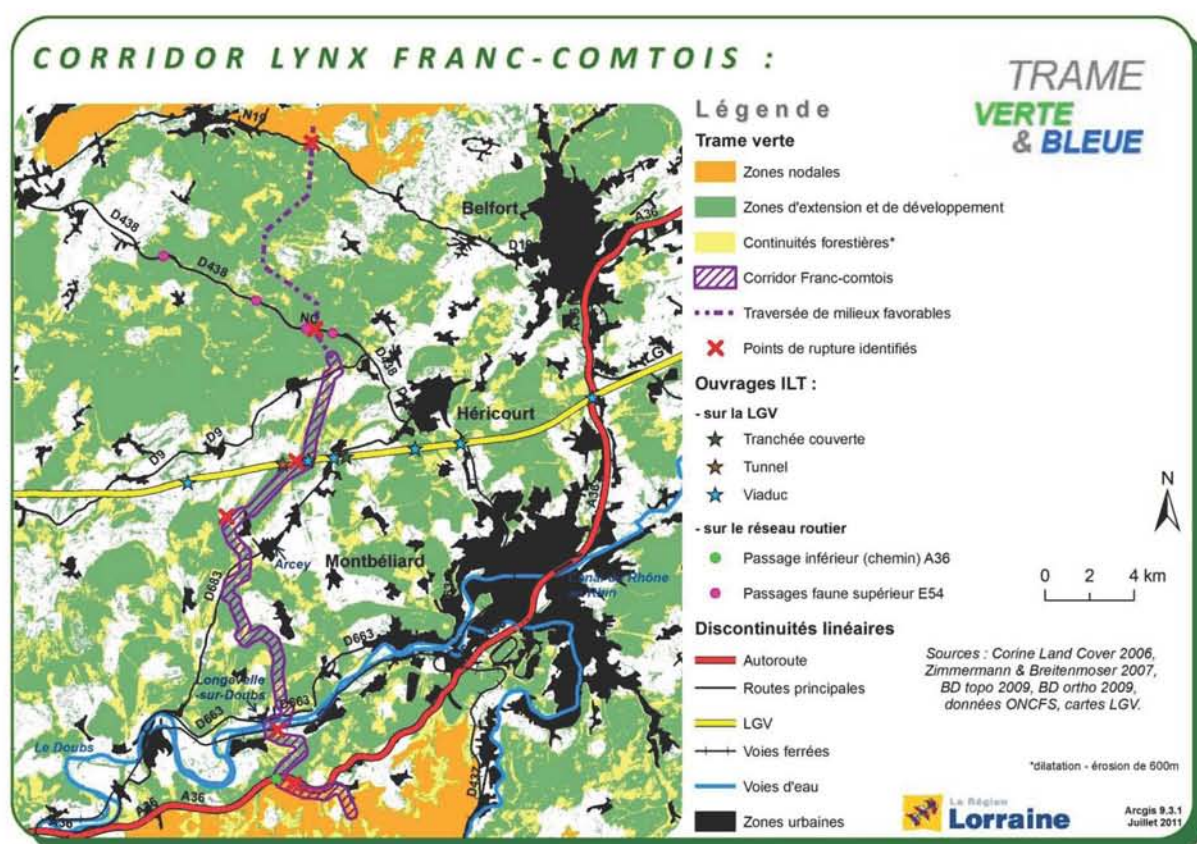
Photo 8 : Route peu fréquentée traversant l'A36

accéder. Le tracé de la future LGV Est se situant au niveau de l'A36, il est possible qu'un écopont franchissant ces deux infrastructures soit mis en place (bureau d'étude ECOSCO, com. pers.). La présence d'un écopont permettrait effectivement de garantir la traversée de ces deux barrières et paraît donc indispensable pour que cette connexion soit effective. Toutefois, la mise en place de cet ouvrage est encore à l'étude et n'est donc pas assurée.

❖ Le corridor Franc-comtois

Le second corridor retenu est celui modélisé par Zimmermann & Breitenmoser (2007), dont le tracé a été légèrement modifié et précisé au 1/5000^{ème}.

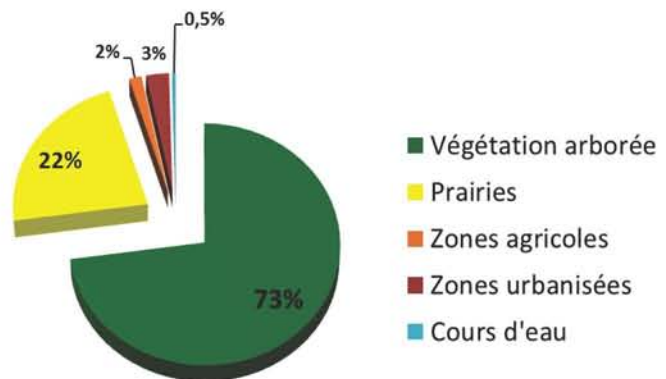
Figure 19 : Carte du corridor Franc-comtois :



D'une longueur de 30km, il se situe à l'Ouest de Belfort et Montbéliard, et chemine sur un axe Nord-Sud à travers la vallée du Doubs.

En attribuant une zone tampon de 250m de part et d'autre de son tracé, on observe l'occupation du sol suivante (fig 20) :

Figure 20 : Type d'occupation du sol sur le corridor Franc-comtois (CLC06)



Les zones forestières sont donc bien représentées puisqu'elles sont présentes sur presque $\frac{3}{4}$ de la surface du corridor. La faible proportion de zones agricoles et urbanisées est également fortement favorable au déplacement de l'animal sur cet axe. En effet, en dehors des zones forestières, les surfaces sont principalement représentées par des prairies, qui peuvent servir aux déplacements du Lynx sur de petites distances (Vandel & Stahl, 2005).

Le tracé représenté en pointillé sur la carte relie le corridor Franc-comtois aux zones nodales vosgiennes. C'est une zone tout à fait propice au déplacement du Lynx car elle traverse de vastes zones d'extension et de développement contigües aux zones nodales.

Les ruptures :

Après confrontation avec le réseau routier, ferroviaire et les fragmentations forestières, on observe les ruptures de continuité suivantes (en partant du Sud vers le Nord - se référer aux croix rouges sur la figure 19) :

- Une première rupture au niveau de l'A36, autoroute grillagée dont le trafic important constitue une barrière quasiment infranchissable pour l'animal. De part et d'autre de cet axe, on retrouve de grandes zones forestières. On note toutefois la présence d'un chemin agricole qui passe sous l'autoroute. Ce chemin, entouré de milieux forestiers, peut être attractif pour la faune. En 2010, le passage d'un Lynx y a notamment été observé grâce à un piège photo disposé à sa sortie (Rogeon, com. pers.). Cette première rupture peut donc éventuellement être franchie à condition que l'animal trouve cet accès et ose s'y engager.

Photo 9 : Chemin agricole sous l'A36



- Au niveau de la commune de Longeville-sur-Doubs, la présence d'une voie ferrée, du canal du Rhin au Rhône, du Doubs, d'une route fortement fréquentée (5000V/J), ainsi qu'un manque de continuité forestière, forme une rupture importante. C'est notamment au niveau de cette ligne ferroviaire qu'un Lynx percuté par un train avait été retrouvé (Laurent, 2009). Néanmoins, son trafic est suspendu la nuit. Le canal est facilement franchissable car il n'est pas bétonné et l'animal peut donc le traverser à la

nage. Entre le canal et le Doubs, on note la présence d'un unique petit espace forestier, qui se poursuit sous forme de haies tout le long du Doubs. Cette zone forestière est donc très importante pour offrir un peu de repos à l'animal avant la traversée du Doubs qui est facilement franchissable à la nage. Néanmoins, de l'autre côté de la rivière, les zones forestières sont également très étroites et la traversée de la D663 ne peut se faire qu'à partir d'un espace forestier large de 400m. Les zones relais que constituent tous ces petits espaces forestiers ont donc un rôle très important au niveau de ce corridor et doivent être préservés.

- Une rupture des continuités forestières au niveau de la commune d'Arcey, est causée par la présence de deux carrières et de surfaces agricoles qui fragmentent les espaces forestiers. C'est à cet endroit que les continuités forestières au 1/100 000^{ème} ne sont plus effectives (en considérant une dilatation-érosion de 500m). Néanmoins, si la zone de dilatation-érosion est élevée à 600m, deux connexions forestières se forment. Elles traversent toutes deux des milieux cultivés (principalement du maïs au moment de la visite sur le terrain) qui comportent également quelques haies et arbres isolés.



Photo 10 : Viaduc du Pertuis

- Enfin, une dernière rupture est causée par la LGV : elle est toutefois franchissable car des passages ont été réalisés pour le déplacement de la faune. Le viaduc du Pertuis ou le tunnel de Chavanne peuvent ainsi permettre le passage de l'animal sous ou au-dessus de la LGV.

A partir de là, l'animal va pouvoir poursuivre son chemin jusque dans les vastes zones forestières des Vosges Comtoises. Le déplacement jusqu'aux zones nodales sera plus facile car ces zones forestières sont étendues et très peu fragmentées. Dans ces espaces forestiers, les principales barrières sont représentées par deux routes bordées de zones forestières, la D438/E54 et la N19 qui ont respectivement un trafic de 10000 et 7000 véhicules/jours. Toutefois, la présence récente de plusieurs passages à faune supérieurs et de 2 passages inférieurs sur la D438/E54 permettent sa traversée. Cependant la N19 ne semble pas être pourvue de passages à faune, son franchissement est donc périlleux pour les animaux et elle constitue donc une barrière importante.



Photo 11 : Passage faune sur la route E54

3. Assemblage de la trame verte Vosges-Jura pour le Lynx :

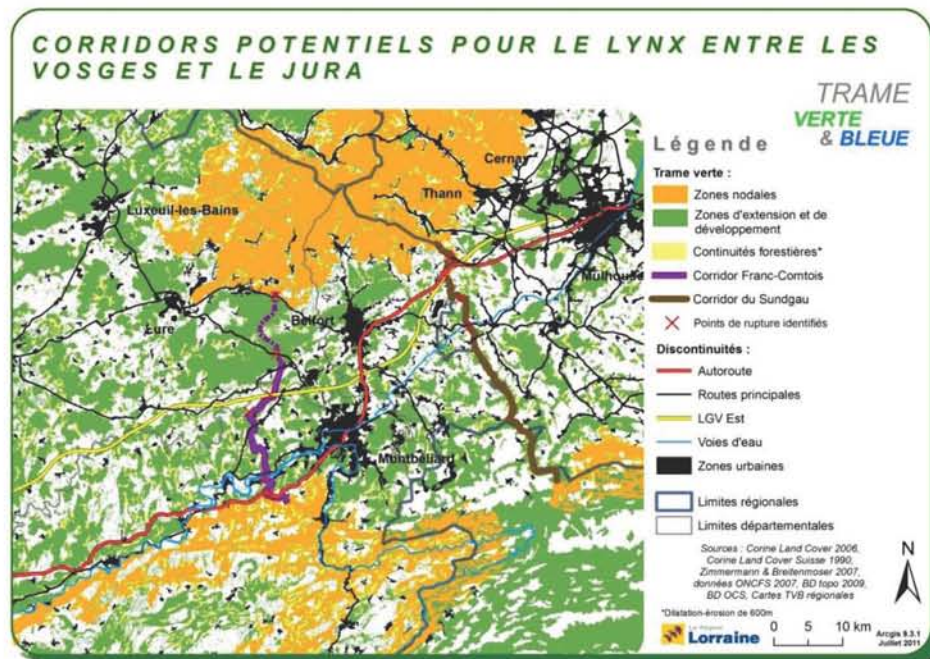


Figure 21 : Carte de la Trame verte entre les Vosges et le Jura pour le Lynx

La Trame verte entre les Vosges et le Jura pour le Lynx se compose donc des vastes zones nodales vosgiennes et jurassiennes, ainsi que sur une plus petite surface, des zones nodales du Jura alsacien (qui communiquent probablement avec les zones nodales jurassiennes). Ces zones nodales sont connectées par deux corridors forestiers traversant un certain nombre de barrières que le Lynx peut franchir de façon plus ou moins aisée. Les principales barrières sont notamment l'autoroute A36 et la LGV.

III. Discussion et conclusion :

Le Lynx est un animal dont les mécanismes de dispersion sont encore peu connus. En effet, ce n'est que récemment que des études ont été menées, notamment grâce au suivi de Lynx équipés de colliers GPS lors des réintroductions. Ainsi, il est important de mettre des réserves sur les résultats de cette étude qui se sont basées sur les quelques connaissances dont l'on dispose actuellement. C'est notamment le cas pour le corridor Franc-comtois dont la représentation est valable uniquement sous l'hypothèse que les conditions du modèle de Zimmermann & Breitenmoser (2007) soient valides.

Pour cette connexion Vosges-Jura, on se situe loin des conditions optimales de dispersion du félin. Cette reconnexion ne se fera donc pas facilement et sera progressive. En effet, le Lynx colonisant généralement de proche en proche, il n'est pas impossible que les individus en dispersion s'installent tout d'abord sur les zones intermédiaires entre les deux massifs.

Bien que les zones nodales du massif Jurassien apparaissent plus fragmentées que les zones nodales vosgiennes, la population de Lynx des zones nodales jurassiennes est plus active sur le plan démographique. En effet, le noyau jurassien plus au Sud exerce sur eux une pression

considérable les poussant donc à se disperser plus au Nord. Ainsi, il est plus probable que ce soit des Lynx jurassiens qui empruntent ces corridors vers le massif Vosgien. Cependant, il n'est toutefois pas exclu qu'un Lynx provenant du noyau vosgien tente cette traversée vers le Sud.

Le corridor Franc-Comtois présente l'avantage de comporter de vastes zones forestières qui peuvent apporter une quiétude plus importante à l'animal. Le corridor du Sundgau est au contraire composé de zones forestières plutôt étroites et ne comporte donc pas de grandes zones de repos pour le félin. Néanmoins, ce corridor a l'avantage d'être dirigé. En effet, le Lynx traversant ces zones ne pourra pas dévier de sa trajectoire Nord/Sud car les zones forestières de ce corridor ne communiquent pas directement avec d'autres espaces forestiers vers l'Est ou l'Ouest.

D'autre part, plus l'animal passe du temps sur ces milieux défavorables, et plus sa chance de survie s'amointrit. Or, on peut estimer que de tels corridors pourraient être franchis en une nuit, le félin pouvant se déplacer sur de grandes distances en peu de temps.

Globalement, les deux corridors retenus dans cette étude semblent franchissables par les Lynx en dispersion, malgré les nombreuses barrières existantes. Les animaux se déplaçant principalement la nuit, ces barrières s'amointrissent de façon importante à ces moments-là. De plus, un animal en dispersion est beaucoup moins sélectif sur l'habitat qu'il traverse et ces barrières ne stopperont peut-être pas sa progression. Néanmoins, cette traversée n'est pas aisée et plusieurs individus tenteront peut-être le passage avant que l'un d'entre eux y parvienne.

La présence de passages à faune au niveau des points de rupture des linéaires routiers (notamment A36) est donc cruciale pour cette espèce. En effet, sans l'aide de ceux-ci la traversée est difficile et peut engendrer de nombreux cas de mortalité du félin. Malgré tout, aucune barrière « strictement » hermétique n'est présente et on constate que plusieurs voies sont possibles, ce qui multiplie les chances de réussite. De plus, la ligne LGV prochainement construite entre Belfort et Mulhouse peut permettre, via la réalisation d'ouvrages pour le passage de la faune, de rendre plus perméable la zone la plus au Nord du corridor du Sundgau, comme c'est le cas pour le secteur franc-comtois.

Des pièges photographiques disposés au niveau de certains points de passages identifiés dans cette étude (passages faune, chemins forestiers...) permettraient de vérifier la fonctionnalité des corridors pour le Lynx ou encore d'autres espèces forestières.

Les Vosges et le Jura font partie d'un ensemble bien plus vaste qui comprend l'Arc Alpin (de la France à la Suisse, l'Italie, l'Autriche et la Slovénie) mais également plus au Nord, une grande entité forestière qui s'étend jusqu'en Allemagne (Vosges du Nord-Pfälzerwald). Ce grand ensemble forme un corridor international qui est particulièrement stratégique, notamment pour les grands carnivores. Les connexions « réduites » mais existantes qui ont été mises en évidence dans cette étude doivent donc être à minima conservées voire étendues pour connecter durablement ces massifs.

Bibliographie

1. **Allag-Dhuisme F., Amsallem J., Barthod C., Deshayes M., Graffin V., Lefeuvre C., Salles E. (coord), Barnetche C., Brouard-Masson J, Delaunay A., Garnier CC, Trouvilliez J. (2010).** Choix stratégiques de nature à contribuer à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques – premier document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France. Proposition issue du comité opérationnel Trame verte et bleue. MEEDDM ed.
2. **Allag-Dhuisme F., Amsallem J., Barthod C., Deshayes M., Graffin V., Lefeuvre C., Salles E. (coord), Barnetche C., Brouard-Masson J, Delaunay A., Garnier CC, Trouvilliez J. (2010).** Guide méthodologique identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques et comportant un volet relatif à l'élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique – deuxième document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France. Proposition issue du comité opérationnel Trame verte et bleue. MEEDDM ed.
3. **Allag-Dhuisme F., Barthod C., Bielsa S., Brouard-Masson J., Graffin V., Vanpeene S. (coord), Chamouton S., Dessarps P-M., Lansiait M., Orsini A. (2010).** Prise en compte des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques par les grandes infrastructures linéaires de l'État et de ses établissements publics – troisième document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France. Proposition issue du comité opérationnel Trame verte et bleue. MEEDDM ed.
4. **Basille, M., Calenge, C., Marboutin, E., Andersen, R. & Gaillard, J.M., 2008.** Assessing habitat selection using multi-variate statistics: some refinements of the ecological-niche factor analysis. *Ecol. Model.* 211: 233-240.
5. **Bonnin, M., Bruszk, A., Delbaere, B., Lethier, H. & Richard, D., 2007.** The Pan-European ecological network: taking stock. *Nature and Environment.* 146: 116p.
6. **Breitenmoser, U., Kaczensky, P., Dötterer, M., Breitenmoser-Würsten, C., Capt, S., Bernhart, F. & Liberek, M., 1993.** Spatial organization and recruitment of Lynx (*Lynx Lynx*) in a re-introduced population in the Swiss Jura Mountains. *Journal of Zoology* (London) 231: 449-464.
7. **Breitenmoser-Würsten, C., Zimmermann, F., Stahl, P., Vandel, J.M., Molinari-Jobin, A., Molinari, P., Capt, S. & Breitenmoser, U., 2007:** Spatial and social stability of an Eurasian Lynx (*Lynx Lynx*) population - a valuation of 10 years of observation in the Jura Mountains - *Wildlife Biology* 13: 365-380.
8. **Breitenmoser-Würsten, C., Vandel, J.M., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U., 2007a.** Demography of Lynx Lynx Lynx in the Jura Mountains. *Wildlife Biology* 13: 381-392.
9. **Capt, S., 1995.** « La place du Lynx dans un écosystème forestier, l'exemple du jura suisse », in La forêt dans l'espace montagnard vers un nouvel équilibre ? Rencontres européennes 5 au 7 avril 1993, Grenoble. *SNICEF, suppl. Forestier*, 1995, 25: 92-93.
10. **Conseil de l'Europe, 2007.** Réseau Ecologique Paneuropéen: l'état d'avancement. *Environment for Europe.* 103p.
11. **Coulette, S., 2007.** Proposition d'une cartographie de réseau écologique régional pour la Franche-Comté, *rapport de stage*. DIREN Franche-Comté. 56p.
12. **Debinski, D.M. & Holt, R.D., 2000.** A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology.* 14: 342-355.
13. **Debray, A., 2011** « La notion de réseau écologique en France : construction scientifique, appropriation par les politiques publiques et traduction territoriale », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*.
14. **ECOSCOOP, 2003.** Cartographie d'une trame verte en plaine d'Alsace. Région Alsace. 121p.
15. **ECOSCOOP, 2006.** Cartographie de la Trame Verte de la partie alsacienne des Vosges et le Jura Alsacien. Région Alsace. 111p.

16. **ESOPE –SEMAPHORES**, 2009. Trame verte et bleue de Lorraine, méthode résultats et préconisations. Conseil Régional de Lorraine. 222p.
17. **Fernex, M.**, 1979. Problèmes soulevés par une éventuelle réintroduction du Lynx dans les Vosges. Sites envisageables. *Bull. Mens. Off. Natl. Chasse, No. Sp. Scien. Tech.* Le Lynx, novembre 1979, pp. 139–150.
18. **Girault, V.**, 2005. Mise en œuvre des corridors écologiques et /ou biologiques sur le territoire des parcs naturels régionaux. Définition d'une méthodologie commune et recueil d'expérience. *Rapport de stage*, Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France. 269p.
19. **Herrenschmidt, V. & Leger, F.**, 1987. Le Lynx *Lynx Lynx* dans le nord-est de la France. La colonisation du massif jurassien français et la réintroduction de l'espèce dans le massif vosgien. *Ciconia* 11: 131-151.
20. **Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavac, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N., Wandall, B., le Maire, (Eds)**. 2003. Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. *COST 341*. 172p.
21. **Jager, C. & Bellemare, F.**, 2009. Méthode, résultats et préconisations, cahier des unités paysagères et Atlas cartographique. *Etude préalable visant à mettre en œuvre une politique de trame verte et bleue en région Lorraine*.
22. **Klar, N., Hermann, M. & Kramer-Schadt, S.**, 2006. Effects of roads on a founder population of Lynx in the biosphere reserve "Pfälzerwald-Vosges du Nord". *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38: 330–337.
23. **Kratochvil, J.**, 1968. Survey of the distribution of populations of the genus Lynx in Europe. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae Brno*, 2: 5–12.
24. **Laurent, A.**, 2009. Sur la piste du Lynx. Editions St-Brice, Illfurth. 168p.
25. **Le Grenelle de l'Environnement**, 2009. Groupe II: Préserver la biodiversité et les ressources naturelles. 124p.
26. **Loisy, A.**, 2008. Recensement et proposition d'une organisation pour le suivi des aménagements faunistiques et des points noirs en Franche-Comté, *rapport de stage*. DIREN Franche-Comté. 50p.
27. **Martin, J.**, 2006. Histoires naturelles de la forêt vosgienne. Editions Coprur, Strasbourg. 89p.
28. **Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer**, 2010. Comité Opérationnel n°11, Trame Verte et Bleue. 59p.
29. **Opdam, P., Steingrover, E., van Rooij, S.**, 2006. Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75: 322–332.
30. **Ponchon, F.**, 2006. Réseau écologique régional : mise en place d'une méthodologie pour la définition d'un réseau écologique, *rapport de stage*. DIREN Franche-Comté. 62p.
31. **Raydelet, P.**, 2006. Le Lynx boréal, Editions Delachaux et Niestlé, Lausanne et Paris. 191p.
32. **Réseau Lynx**. Bulletins d'information n°1 à n°16, ONCFS.
33. **Salamon, Y.**, 2010. Etude et mise à l'essai de techniques de suivi des déplacements de la faune sauvage le long de l'autoroute A36, *rapport de stage*. DREAL Franche-Comté. 25p.
34. **Stahl, P. & Vandel, J.M.**, 1998. Le Lynx boréal. *Encyclopédie des carnivores de France*. Société française pour l'étude et la protection des mammifères (SFEPM).
35. **Vandel, J.M., Stahl, P.**, 2005. Distribution trend of the Eurasian Lynx *Lynx Lynx* populations in France. *Mammalia* 69: 145–158.
36. **Vandel, J.M., Stahl, P., Herrenschmidt, V., Marboutin, E.**, 2006. Reintroduction of the Lynx into the Vosges mountain massif: from animal survival and movements to population development. *Biol. Conserv.* 131: 370–385.
37. **Zimmermann, F.**, 1998. Dispersion et survie des Lynx (*Lynx Lynx*) subadultes d'une population réintroduite dans la chaîne du Jura. *KORA Bericht*, 4: 1–50.
38. **Zimmermann, F. & Breitenmoser, U.**, 2007. Potential distribution and population size of the Eurasian Lynx *Lynx Lynx* in the Jura Mountains and possible corridors to adjacent ranges. *Wildlife Biology* 13: 406-416.

ANNEXES

Annexe 1 : Les cartes TVB régionales

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des cartographies TVB des 3 régions.

Annexe 3 : Tableau des zones de protection considérées en tant que zones nodales en fonction des régions.

Annexe 4 : Carte initiale des 4 corridors

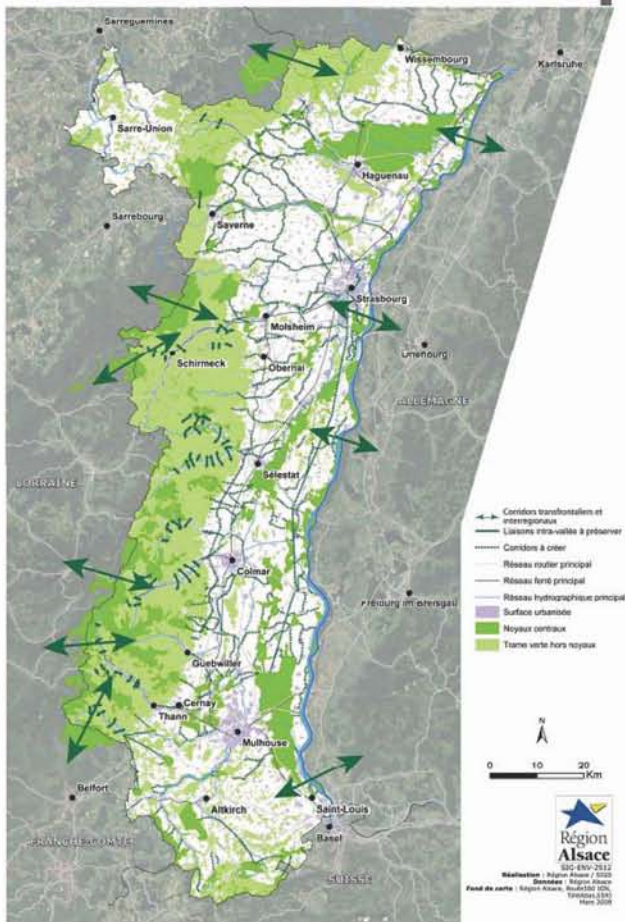
Annexe 5 : Critères de sélection des corridors

Annexe 6 : Atlas cartographique

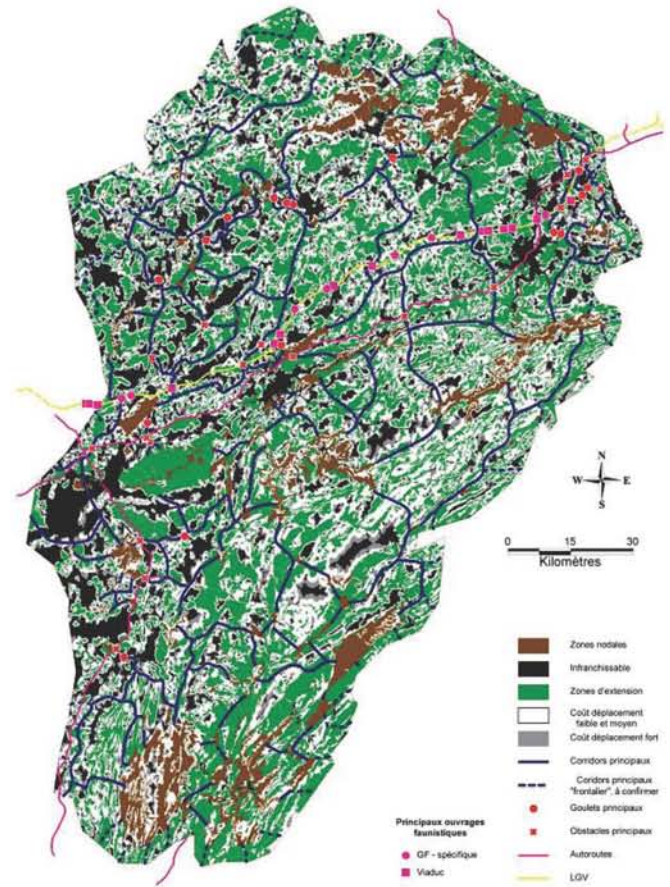
- *Carte des continuités forestières des régions Alsace, Franche-Comté et Lorraine.*
- *Carte des zones nodales, d'extension et de développement pour le Lynx*
- *Carte du corridor du Sundgau*
- *Carte du corridor Franc-comtois*
- *Carte de la trame verte entre les Vosges et le Jura pour le Lynx*

Annexe 1 : Les cartes TVB régionales

Stratégie de "Trame verte et bleue" en Alsace

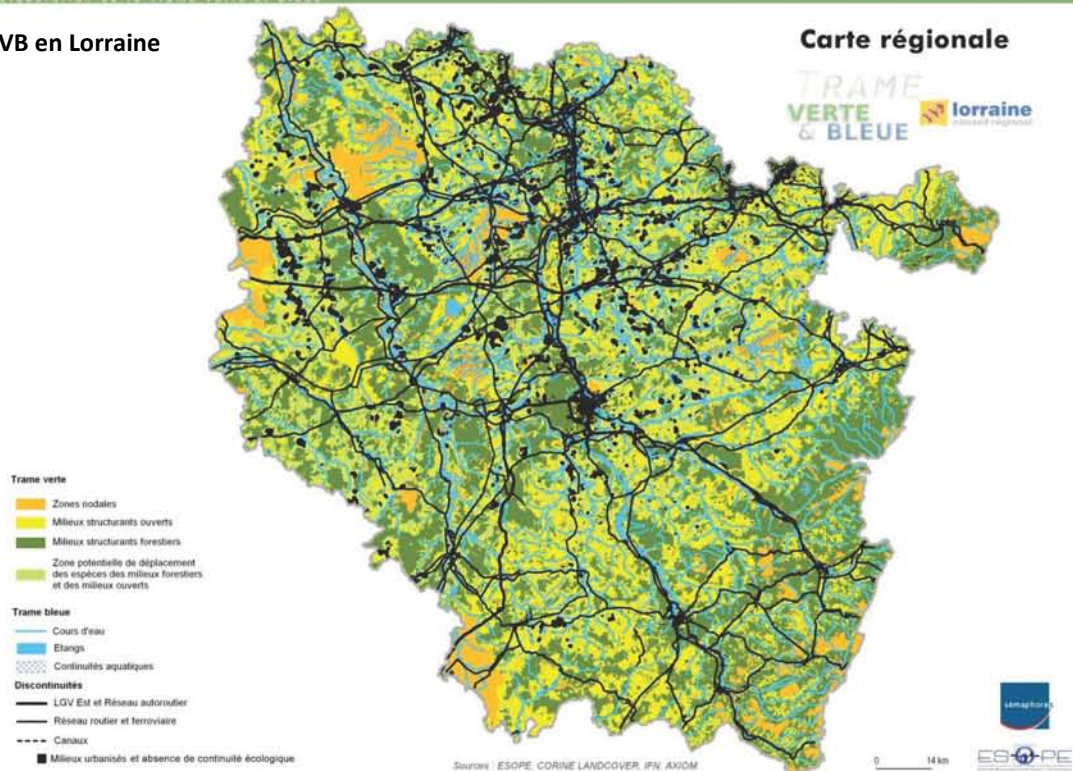


Carte du réseau écologique de Franche-Comté pour les continuités forestières



Elaboration de la Trame Verte et Bleue

Carte de la TVB en Lorraine



Annexe 2 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des cartographies TVB des 3 régions.

	ALSACE	FRANCHE-COMTE	LORRAINE
<u>Maître d'ouvrage</u>	Région Alsace	DREAL Franche-Comté	Région Lorraine
<u>Prestataire</u>	ECOSCOPE	DREAL Franche-Comté	ESOPÉ-SEMAPHORE
<u>Date de réalisation des études TVB</u>	2003 (plaine) 2009 (massif)	2007	2009
<u>Echelle</u>	1/250 000	1/125 000	1/100 000
<u>Données utilisées*</u>	BD OCS (2002) BD Carto (1998) CLC (90) GERPLAN (CCPR) Cartes SERTIT (1992) DDAF	CLC (2000) Données de falaises, vergers et zones humides.	CLC (2000) IFN
<u>Méthodologie*</u>			
<u>Approche</u>	Approche Paysagère.	Approche espèce.	Approche espèce.
<u>Zones nodales</u>	Tous types de milieux	Milieux forestiers uniquement	Tous types de milieux
<u>Zones d'extension et de développement</u>	Milieux forestiers, prairiaux, rupestre et aquatiques hors périmètre de protection.	Milieux forestiers hors périmètre de protection.	Milieux forestiers hors périmètre de protection.
<u>Corridors</u>	Tracé des corridors par interprétation visuelle, selon des critères écologiques, paysagers et sur dires d'experts.	Tracé des corridors à partir de calculs coûts-déplacements puis confirmation par consultation d'experts.	Pas de tracé des corridors mais analyse des continuités écologiques à partir de la méthode de dilatation-érosion.
<u>Modélisation de la matrice</u>	Pas de modélisation.	Modélisation de zones de perméabilités (à partir des calculs de coûts-déplacement).	Modélisation de zones de perméabilités.
<u>Sous-trames étudiées</u>	Milieux forestiers, prairiaux et intermédiaires.	Milieux forestiers, agricoles extensifs, humides et thermophiles.	Milieux forestiers, ouverts, et humides. (et récemment thermophiles**)

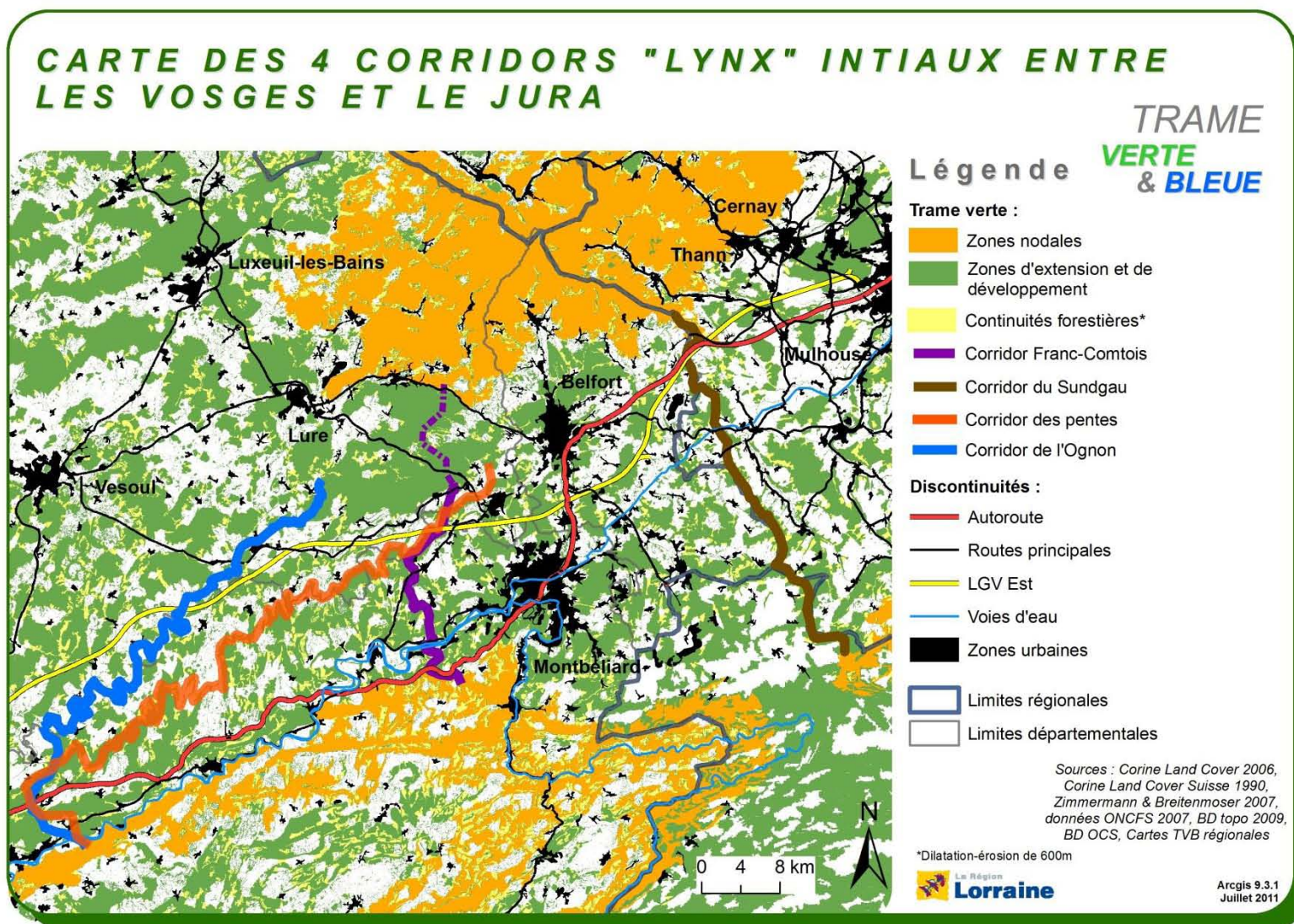
* Continuum forestier

** Emilie Lagarde, 2009

Annexe 3 : Tableau des zones de protection considérées en tant que zones nodales en fonction des régions.

	Alsace	Lorraine	Franche-Comté
<i>ZNIEFF1</i>	X	X	X
<i>ZPS (Natura 2000)</i>	X	X	X
<i>ZSC (Natura 2000)</i>	X	X	X
<i>APB</i>	X	X	X
<i>RNN</i>	X	X	X
<i>RNR</i>	X	X	X
<i>Sites Ramsar</i>		X	
<i>ENS</i>		X	
<i>Sites du CSL</i>		X	
<i>APF</i>	X		
<i>ZICO</i>			X
<i>SIE</i>	X		
<i>Inventaires de zones humides</i>	X		X
<i>RNCFS</i>	X	X	
<i>Mesures agri-environnementales</i>	X		
<i>Schéma Directeurs (2003)</i>	X		
<i>Réserves biologiques</i>	X	X	
<i>Forêts de protection</i>			X
<i>Réserve forestière intégrale transfrontalière</i>	X		

Annexe 4 : Carte initiale des 4 corridors



Annexe 5 : Critères de sélection des corridors

Tableau des points attribués en fonction des critères :

Critères	Seuils	Points attribués	
Pourcentage de milieux forestiers sur le corridor	<50%	6	
	Entre 50 et 75%	3	
	>75%	1	
Fréquentation des routes à franchir (en véhicules par jours)	>10 000 V/J	6	Points multipliés par le nombre de routes
	Entre 4000 et 10 000 V/J	3	
Présence de zones de repos (grandes surfaces forestières)	Non	3	
	Oui	1	
Longueur	>50km	6	
	Entre 30 et 50km	3	
	<30km	1	

Pour chaque critère, plus les caractéristiques du corridor sont défavorables au déplacement de l'espèce, plus le nombre de points attribués à ces derniers augmente. Pour tous ces critères, l'échelle de points suivante a été considérée : 1 point au niveau le plus favorable, 3 pour le niveau intermédiaire et enfin 6 pour le niveau le plus défavorable. Cette notation a été choisie afin d'obtenir des notes bien contrastées entre les différents corridors. Pour le critère de fréquentation des routes, seules deux notes ont été retenues (la note de 1 a été supprimée) car ce critère est particulièrement impactant pour le déplacement des espèces. Plus la note finale est basse et plus le corridor est perméable.

Tableau des notes de chaque corridor :

Critères	Corridor Franc-comtois	Corridor du Sundgau	Corridor de l'Ognon	Corridor des pentes
Pourcentage de milieux forestiers sur le corridor	3	1	6	3
Fréquentation des routes à franchir :				
>10 000 V/J	6	6	6	12
Entre 4000 et 10 000V/J	9	3	12	6
Présence de zones de repos (grandes surfaces forestières)	1	3	3	1
Longueur	1	3	6	6
Note totale	20	16	33	28

Le corridor possédant la meilleure note (le moins de points) est celui du Sundgau, suivi de près par le corridor Franc-comtois. Le corridor Franc-comtois traverse un grand nombre de routes ce qui le pénalise plus fortement. Ces deux corridors se démarquent bien des corridors de l'Ognon et des pentes qui totalisent presque deux fois plus de points. C'est surtout leur longueur qui impacte les corridors de l'Ognon et des pentes, mais également la présence de nombreuses routes devant être franchies par l'animal.

Il a donc été décidé de sélectionner les deux premiers corridors pour une analyse plus précise de terrain.

Annexe 6 : Atlas cartographique

Continuités écologiques forestières de 3 régions :

*l'Alsace,
la Franche-Comté
et la Lorraine*



TRAME
VERTE
& BLEUE



Sources :
ESOPE, SEMAPHORES,
DREAL Franche-Comté, Région Alsace,
BD topo 2009

Légende

Trame verte

- Zones nodales
- Zones d'extension et de développement
- Corridors
- Continuités écologiques potentielles

Discontinuités

- Discontinuités surfaciques
- LGV Est
- Autoroute
- Routes principales

Matrice paysagère

- Milieux attractifs
- Milieux peu fréquentés
- Milieux divers

- Limites régionales

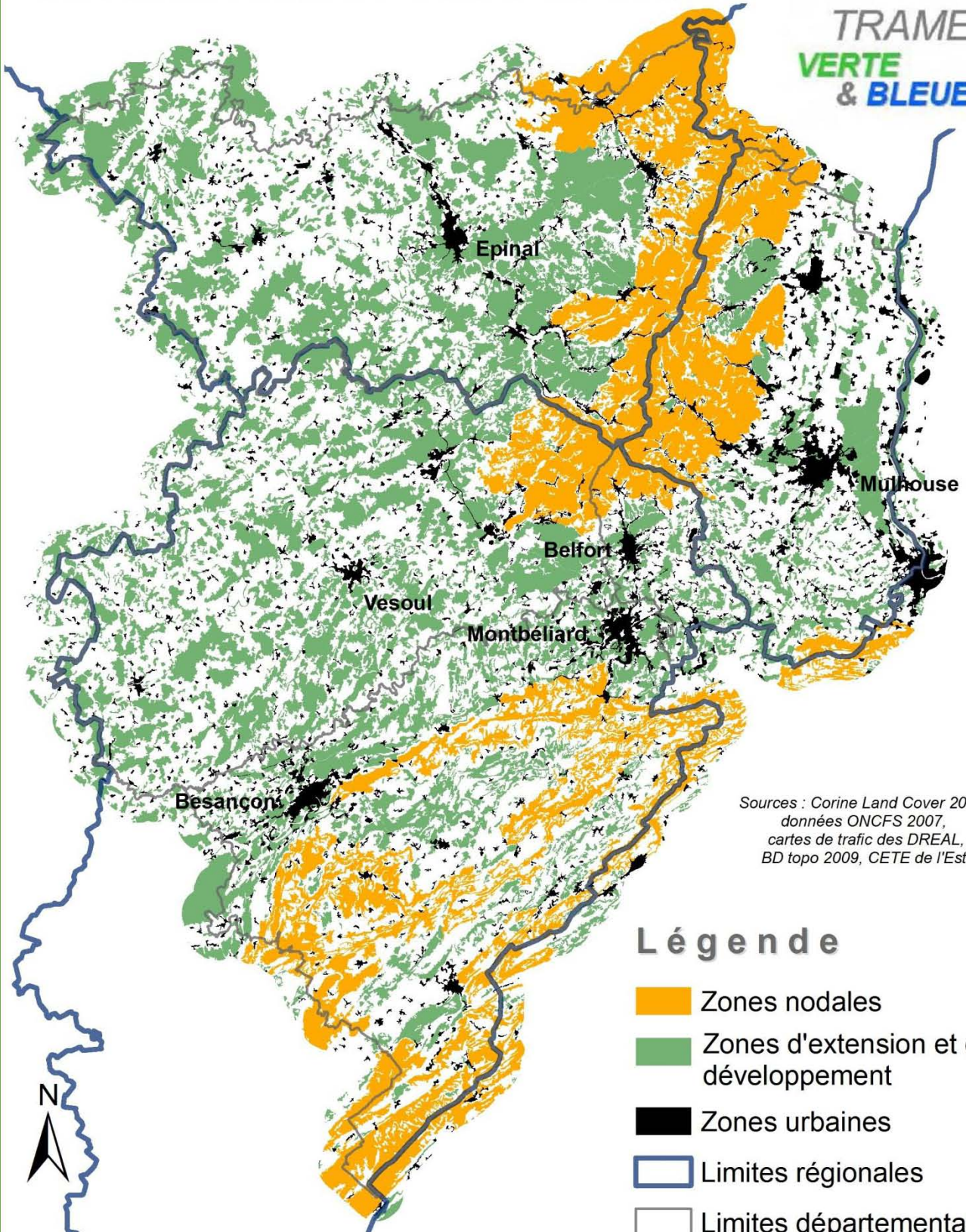
Mai 2011
Arcgis 9.3.1

0 20 40 km



LES ZONES NODALES, D'EXTENSION ET DE DÉVELOPPEMENT POUR LE LYNX :

TRAME
VERTE
& BLEUE



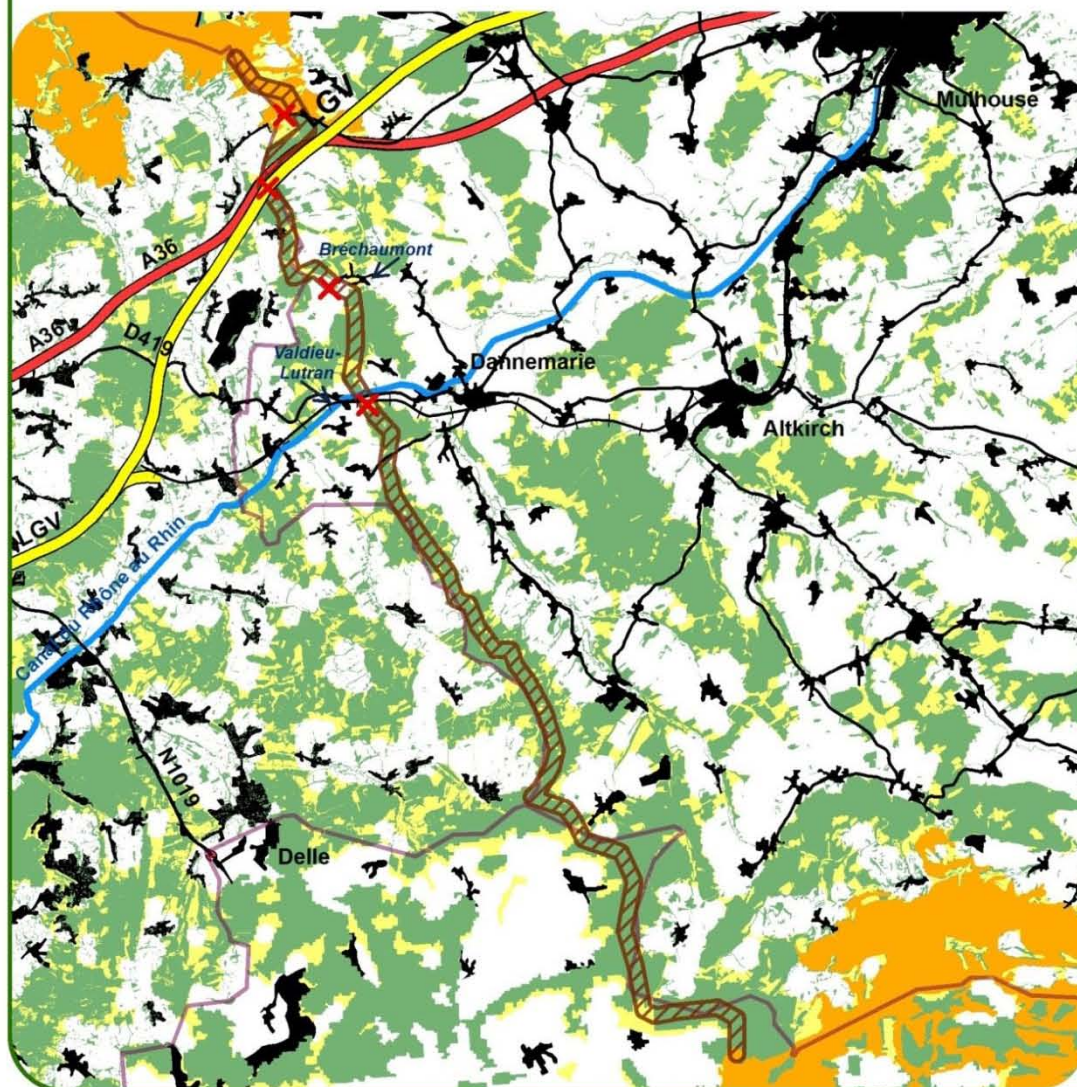
Arcgis 9.3.1
Juin 2011

0 12,5 25 km

La Région
Lorraine

CORRIDOR "LYNX" DU SUNDGAU :

TRAME VERTE & BLEUE



Légende

Trame verte :

- Zones nodales
- Zones d'extension et de développement
- Continuités forestières*
- Corridor du Sundgau
- X Points de rupture identifiés

Discontinuités linéaires :

- Autoroute
- Routes principales
- LGV Est
- Voies ferrées
- Voies d'eau
- Zones urbaines
- Limites régionales



0 3 6 km



Sources : Corine Land Cover 2006,
Corine Land Cover Suisse 1990
données ONCFS 2007, carte TVB régionales,
BD OCS, BD topo 2009, BD ortho 2009

*Dilatation-érosion de 600m

Arcgis 9.3.1
Juillet 2011

CORRIDOR LYNX FRANC-COMTOIS :

TRAME
VERTE
& BLEUE

Légende

Trame verte

- Zones nodales
- Zones d'extension et de développement
- Continuités forestières*
- Corridor Franc-comtois
- Traversée de milieux favorables
- ✕ Points de rupture identifiés

Ouvrages ILT :

- sur la LGV

- ★ Tranchée couverte
- ★ Tunnel
- ★ Viaduc

- sur le réseau routier

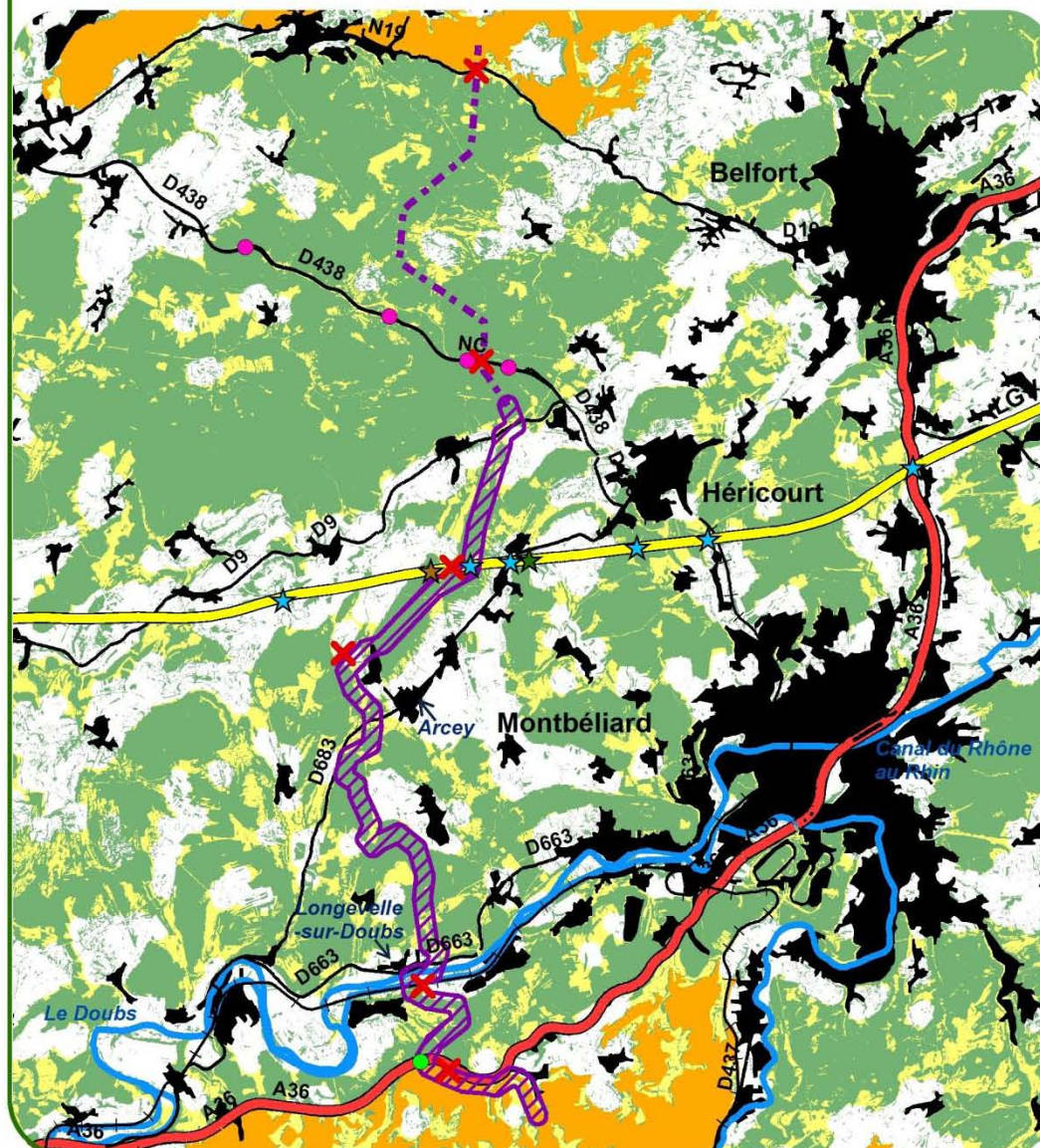
- Passage inférieur (chemin) A36
- Passages faune supérieur E54

Discontinuités linéaires

- Autoroute
- Routes principales
- LGV
- Voies ferrées
- Voies d'eau
- Zones urbaines

Sources : Corine Land Cover 2006,
Zimmermann & Breitenmoser 2007,
BD topo 2009, BD ortho 2009,
données ONCFS, cartes LGV.

*dilatation - érosion de 600m



CORRIDORS POTENTIELS POUR LE LYNX ENTRE LES VOSGES ET LE JURA

TRAME
VERTE
& BLEUE

Légende

Trame verte :

- Zones nodales
- Zones d'extension et de développement
- Continuités forestières*
- Corridor Franc-Comtois
- Corridor du Sundgau
- Points de rupture identifiés

Discontinuités :

- Autoroute
- Routes principales
- LGV Est
- Voies d'eau
- Zones urbaines
- Limites régionales
- Limites départementales

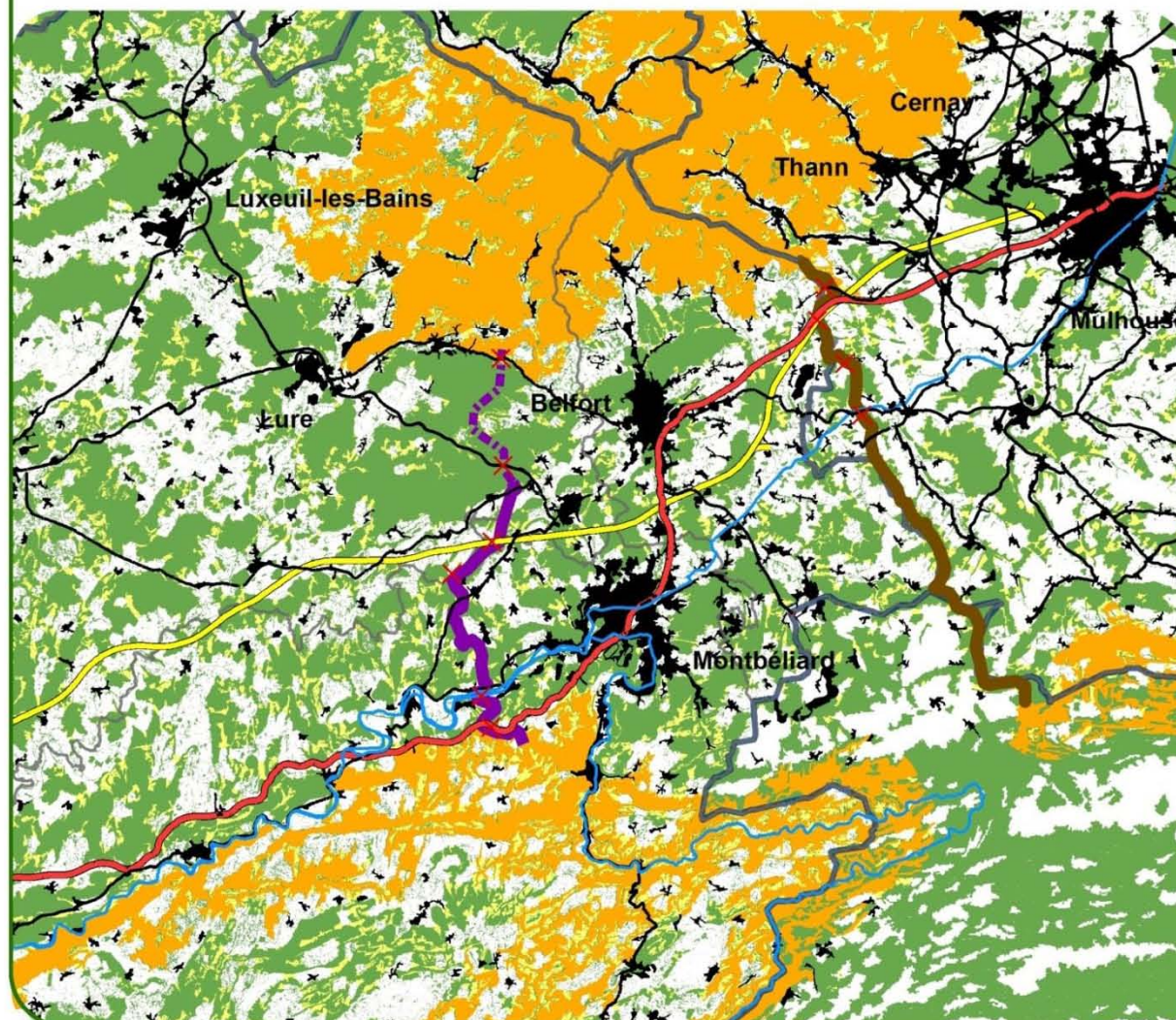
Sources : Corine Land Cover 2006,
Corine Land Cover Suisse 1990,
Zimmermann & Breitenmoser 2007,
données ONCFS 2007, BD topo 2009,
BD OCS, Cartes TVB régionales

*Dilatation-érosion de 600m



0 5 10 km

Arcgis 9.3.1
Juillet 2011



Résumé :

L'étude des continuités forestières entre grands massifs est très importante dans le cadre de la démarche de Trame Verte et Bleue. Ces continuités assurent le déplacement des espèces forestières entre populations et permettent donc des échanges génétiques entre celles-ci.

C'est notamment le cas pour le Lynx, espèce typiquement forestière, dont les deux principaux noyaux de population se situent dans les massifs Vosgien et Jurassien. Une connexion entre ces deux populations permettrait d'assurer la viabilité du noyau vosgien, dont la dynamique s'est stabilisée ces dernières années.

La recherche et la cartographie de corridors forestiers pour le Lynx entre ces deux massifs a donc été réalisée dans cette étude. Deux corridors ont été représentés de façon précise au 1/5000^{ème} et les ruptures de continuité ont été analysées.

L'analyse de ces corridors montre que de nombreuses barrières existent encore entre ces deux massifs, mais qu'une connexion des deux populations semble néanmoins réalisable. Le suivi des points de passages identifiés dans cette étude permettrait de vérifier leur fonctionnalité pour le Lynx, ou encore pour d'autres espèces forestières. Les secteurs à enjeu ciblés dans cette étude pourront ensuite être éventuellement considérés lors de la prise en compte de la Trame verte dans les documents d'urbanismes.