

UNE CARTE DE FRANCE DE CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES BOCAGÈRES D'IMPORTANCE NATIONALE POUR LE PROJET TVB

Romain SORDELLO, Jacques COMOLET-TIRMAN, Horace DA COSTA, Guillaume GRECH,
Patrick HAFFNER, Jean-Christophe DE MASSARY, Géraldine ROGEON,
Jean-Philippe SIBLET & Julien TOUROULT¹

SUMMARY.— *Mapping nationally important bocage ecological continuities in France for the “Trame verte et bleue” project.*— Maintaining a dense ecological network for different habitats is a challenge to guarantee persistence of ecological processes at national scale. As cultural landscape favourable for biodiversity, bocage represents an important stake in terms of connectivity. In the context of the “Trame verte et bleue” project and the definition of its guidelines, we carried out a survey to propose a map of bocage ecological continuities of national significance. The process is based on a cartographic crossing between three data sources: two existing maps of land use and crop diversity, and an indicative map of ecological quality. The latter was produced representing specific richness of 11 bocage-dependent species in a grid. When the three criteria were visually satisfied in the manual cartographic crossing, structural and functional continuity was identified. The obtained map highlights 9 main indicative continuities. The results were confronted to local data and expertise to assess map relevance. The main objective of this work is to facilitate national coherence of regional ecological networks.

RESUMEN.— *Cartografía en Francia, para el proyecto “Trame verte et bleue”, de las continuidades ecológicas de importancia nacional que constituyen los setos.*— La conservación de una red nacional de corredores ecológicos que sea lo suficientemente densa y que incluya diferentes tipos de sistemas naturales es un gran desafío a la hora de asegurar la perennidad de los procesos ecológicos que se desarrollan a gran escala. Entre estos corredores ecológicos, destacan por su importancia los setos y otras formaciones vegetales que aparecen en los paisajes cultivados. Estas formaciones vegetales permiten conciliar la actividad agrícola con la conservación de la biodiversidad. Para el proyecto “Trame verte et bleue” y la definición de sus grandes orientaciones, proponemos un mapa de Francia que incluye continuidades ecológicas importantes a nivel nacional. Para ello, hemos combinado manualmente tres fuentes cartográficas: un mapa de la densidad de setos, otro con la diversidad de cultivos y otro mapa que indica la presencia en una cuadrícula de once especies habituales de los setos y que tienen requerimientos ecológicos estrictos. Los grupos vegetales que destacaban visualmente siguiendo estos tres criterios cartográficos se han considerado como continuidades ecológicas nacionales relevantes desde un punto de vista funcional y estructural. El mapa obtenido presenta nueve grandes corredores a la escala nacional. Estos resultados han sido confrontados con estudios regionales y con cuestionarios a expertos. Esperamos que este mapa permita favorecer la coherencia de las tramas regionales de redes ecológicas en Francia.

RÉSUMÉ.— Le maintien d'un réseau suffisamment dense de continuités écologiques à l'échelle nationale couvrant différents types de milieux est un enjeu majeur pour assurer la pérennité des processus écologiques qui se déroulent à large échelle. Les bocages, milieux agricoles favorables à la biodiversité, sont concernés par ce défi. Dans le cadre du programme « Trame verte et bleue » et de la définition de ses orientations nationales, nous avons mené une réflexion afin de proposer une carte de grandes continuités écologiques bocagères. La démarche repose sur un croisement cartographique manuel entre : une carte de la densité de haies, une carte de la diversité des assolements et une carte indicatrice d'une certaine qualité écologique. Cette dernière carte représente la richesse spécifique par maille pour un ensemble de 11 espèces associées aux bocages et écologiquement exigeantes. Les ensembles présentant visuellement un fort intérêt

¹ Service du Patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle. Adresse du premier auteur : SPN/MNHN, 4 avenue du Petit Château, F-91800 Brunoy. E-mail : sordello@mnhn.fr

selon ces trois critères cartographiques ont été considérés comme des continuités à la fois structurelles et fonctionnelles. Le résultat obtenu se présente sous la forme d'une carte indiquant 9 grandes continuités à l'échelle nationale. Une confrontation à l'expertise et à des études locales et régionales a permis de valider la pertinence de cette carte destinée à favoriser la cohérence nationale des trames écologiques régionales.

LE PROJET « TRAME VERTE ET BLEUE »

Depuis plusieurs décennies, le phénomène de fragmentation est identifié comme l'une des causes d'érosion de la biodiversité (Wilcox & Murphy, 1985). Ce processus contraint les espèces dans leurs déplacements (Wiens *et al.*, 1993) et peut entraîner des conséquences néfastes immédiates (Hels & Buchwald, 2001) comme de long terme (Luiselli & Capizzi, 1997). Dans ce contexte, la préservation et/ou la restauration de réseaux écologiques est une réponse de plus en plus développée dans les stratégies de conservation (Gilbert-Norton *et al.*, 2010 ; Gilman *et al.*, 2010). En France, le ministère chargé de l'écologie met en place depuis 2007 un nouveau programme intitulé « Trame verte et bleue » (TVB).

LES ORIENTATIONS NATIONALES DU PROGRAMME TVB : IDENTIFIER DES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES D'IMPORTANCE NATIONALE

Le programme Trame verte et bleue s'articule autour de trois échelles territoriales : nationale, régionale, infrarégionale (Allag d'Huisme *et al.*, 2010). Cette subsidiarité permet de considérer des processus écologiques qui eux-mêmes diffèrent selon ces échelles (Baudry *et al.*, 2001 ; Brooks, 2003 ; Morin, 2006). Des orientations nationales ont pour vocation d'assurer la prise en compte, par l'échelon régional lors de la co-construction de Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE), d'un socle d'enjeux identifiés à l'échelle du pays (Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement).

Sollicité par le ministère en charge de l'écologie (MEDDE) lors de l'élaboration des orientations nationales, le Service du patrimoine naturel (SPN) du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) a conduit un travail d'identification de continuités écologiques d'importance nationale pour différents types de milieux (Sordello *et al.*, 2011). Cette approche par « milieux » permet de s'affranchir des notions d'espèces ou d'habitats naturels en visant indirectement tous les cortèges d'espèces associés par exemple aux forêts ou aux milieux ouverts thermophiles. Dans ce travail, la notion de continuité écologique est distinguée de la notion de corridor par son caractère englobant : alors que les corridors sont généralement considérés comme des « conduits » physiques utilisés pour un déplacement (exemple une haie) (Hess & Fischer, 2001), les continuités écologiques relèvent plutôt d'enveloppes écologiquement fonctionnelles. La notion de fonctionnalité est utilisée ici pour qualifier un réseau effectivement emprunté par la faune et la flore dans ses déplacements, réseau qui ne repose donc pas uniquement sur une connectivité structurelle ou paysagère.

ÉLABORER UNE CARTE SUR LES BOCAGES

Les bocages : supports de vie et de déplacement exposés à la fragmentation

Les bocages peuvent être définis comme des paysages ruraux façonnés par les sociétés humaines et constitués par des haies entourant des parcelles cultivées ou des prairies (Ramade, 1993). Bien qu'il n'existe pas d'espèces inféodées au bocage, un certain nombre a trouvé dans ces milieux complexes des caractéristiques correspondant à leurs exigences : lisières forestières que constituent les haies, cavités des arbres creux, humidité des fossés, couvert herbacé des talus. Il en résulte que les bocages sont favorables à la fois à la présence de nombreuses espèces animales (Boissinot, 2009) et à leurs déplacements (Graitson, 2008).

Le fait que les éléments du bocage offrent des possibilités de mobilité pour la faune a été démontré chez des insectes (Burel, 1989), des oiseaux (Clergeau & Burel, 1997) ou encore des micromammifères (Merriam & Lanoue, 1990).

Les bocages sont particulièrement concernés par le phénomène de fragmentation. Sous l'effet de l'évolution des pratiques agricoles, ces paysages ont subi de fortes transformations à partir des années 1950 du fait de la mécanisation, de l'augmentation de la taille des pâtures, de la progression des cultures fourragères et industrielles, ou de la construction d'infrastructures de transport ayant conduit à des remembrements (Baudry & Jouin, 2003 ; Huchet, 2003).

Les bocages à l'échelle nationale

Malgré cette réduction substantielle du linéaire de haies constatée en France, il restait approximativement, en 2004, 617 000 ha d'espaces considérés bocagers dans notre pays soit 11 % du territoire national et 21 % de la surface agricole utilisée (Pointereau & Coulon, 2006a). À l'échelle de l'Europe, la France possède, après les îles britanniques, le bocage le plus étendu et le plus continu (Touret, 2002). Cette responsabilité ne peut être traitée qu'en menant une réflexion idoine sur les bocages parce qu'ils sont intermédiaires entre des milieux forestiers et des milieux ouverts.

À notre connaissance, la représentation des bocages français sous l'angle des continuités écologiques n'a jamais été réalisée. Les cartes nationales existantes illustrent de grandes zones bocagères sous la forme « d'aplats » (Noirfalise *in* CEMAGREF & IPAMAC, 2011 ; Brunet & Dionnet *in* CEMAGREF & IPAMAC, 2011 ; Huchet, 2003 ; Meeus, 1995 *in* Daniel, 1998 ; Pointereau & Coulon, 2006a). La mise en évidence de diverses grandes régions bocagères françaises (Nord-Ouest de la France, Massif central et sa périphérie, etc.) soulève alors la question de leurs relations à l'échelle nationale. L'échelle nationale est le support de nombreux processus écologiques : migrations à longue distance de la faune, ajustement des aires de répartition en fonction du climat et capacité d'adaptation aux changements globaux (Morin, 2006 ; Rouget *et al.*, 2003). Le maintien de grandes continuités conditionnant le bon déroulement de ces processus écologiques est déterminant dans les stratégies de conservation à l'échelle continentale (Rouget *et al.*, 2005). Par exemple, des maillages reliques peuvent constituer des zones relais précieuses pour maintenir une liaison entre des régions au maillage bocager plus dense. Enfin, préserver un réseau national de bocage peut permettre en même temps d'identifier des impacts potentiels lors de grands projets d'infrastructures et de prioriser certaines actions locales de restauration du maillage par exemple.

De telles démarches sont également visibles dans les politiques de préservation de réseaux écologiques frontaliers comme en Suisse (Berthoud *et al.*, 2004) où deux continuums intègrent les bocages (agricoles extensifs et prairiaux thermophiles).

MÉTHODOLOGIE

DONNÉES UTILISÉES

Pour identifier des continuités écologiques bocagères autant structurelles que fonctionnelles, nous avons réalisé un croisement cartographique de trois sources de données :

- la carte de la densité de haies en France réalisée par l'Inventaire forestier national (IFN) à partir de données 2005, 2006 et 2007.

La densité de haies est source de richesse spécifique pour plusieurs groupes biologiques comme les coléoptères carabiques, les diptères ou encore les oiseaux [on dénombre par exemple 40 espèces de passereaux nicheurs dans un bocage dense contre 32 lorsqu'il est ouvert (Burel *et al.*, 1998)]. Par ailleurs, pour les déplacements des espèces, il est logique de supposer que plus la densité du maillage est élevée plus les possibilités structurelles de mobilité sont nombreuses.

- une carte issue de l'étude Solagro 2006 (Pointereau & Coulon, 2006b) rapportant la diversité d'assolement par commune en France en 2000.

Cet indicateur de diversité d'assolement considère la durabilité du système de production agricole et le maintien des prairies permanentes. Les calculs ont été réalisés à partir des données des 660 000 exploitations du Recensement agricole réalisé en 2000 (avec une pondération du score des fermes en fonction de leur surface agricole utile (SAU)), afin d'obtenir une valeur de diversité d'assolement par commune selon 9 classes de valeur. Le résultat discrimine ainsi

les exploitations agricoles à rotation très simplifiée (zone de monoculture de maïs) ou de cultures permanentes (vigne) et les régions dominées par les pâturages.

De nombreux travaux font état des variations de la composition faunistique en fonction des différents assolements des parcelles cultivables : par exemple, des cultures de céréales peuvent réduire les surfaces ensoleillées disponibles le long des haies que recherche la Vipère péliade (*Vipera berus*) dans un paysage de bocage (Guiller & Legentilhomme, 2006). Nous avons donc considéré ici que des cultures diversifiées dans le temps et l'espace dans un paysage de bocage influent positivement sur la biodiversité de ce paysage et participent de sa fonctionnalité écologique.

- *la chorologie de quelques espèces, sélectionnées pour être associées aux bocages et constituer de bons indicateurs d'une qualité de ces paysages.*

Du fait de leurs exigences écologiques, la présence de certaines espèces peut être utilisée comme un indicateur de la qualité des milieux (par ex : Lemarchand, 2007). Cette démarche a été mise en œuvre concrètement pour l'identification de réseaux écologiques dans un travail mené par le Conservatoire des sites naturels de Picardie intitulé « Réseaux de sites & réseau d'acteurs » (François *et al.*, 2006).

Ici, nous avons sélectionné des espèces (cf. Tab. I) permettant de témoigner :

- de certaines caractéristiques des haies et des milieux environnants au sein des paysages de bocage pris comme milieux de vie. Par exemple, la présence du Triton marbré (*Triturus marmoratus*) dans un paysage de bocage témoigne d'une concentration de points d'eau à végétation aquatique, éléments relais dans un réseau bocager (Boissinot, 2009) ;

- de certaines caractéristiques des haies et des milieux environnants, garantissant une structure et une connectivité des paysages de bocage pris comme supports de déplacement. La façon dont les haies sont spatialement disposées, la répartition des mares, la proportion de haies connectées, sont autant de facteurs qui déterminent la capacité d'un paysage de bocage à permettre un fonctionnement en métapopulations en fournissant dans l'espace des couloirs perméables à la dispersion (exemple des prairies) (Boissinot, 2009). Par exemple, le Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) renseigne sur la présence de haies connectées constituant un linéaire structuré en réseau que les animaux utilisent comme routes de vol (Billington & Rawlinson, 2006).

Les données de répartition des taxons choisis ont été extraites de l'Inventaire national du Patrimoine naturel (INPN). Ces données peuvent être considérées comme indépendantes car elles appartiennent à 4 groupes taxinomiques distincts, provenant d'inventaires eux-mêmes distincts, ce qui évite un cumul des biais de prospection. Les données ont été digitalisées à l'aide du Système d'information géographique Map Info afin de produire une seule carte présentant un dégradé de nombre d'espèces présentes par maille de 10 km x 10 km (cf. Fig. 1).

MÉTHODE DE CROISEMENT

Les trois sources de données sont croisées à l'aide du logiciel de Publication assistée par ordinateur (PAO) Adobe Illustrator CS5. Ce faisant, ce croisement cartographique est manuel, il consiste en une superposition des trois calques redimensionnés à la même échelle. Les continuités écologiques d'importance nationale sont ensuite tracées sous le même logiciel, à l'aide de l'outil « plume » par appréciation visuelle du produit du croisement. Pour qu'une continuité écologique soit envisagée il est nécessaire que les conditions s'avèrent visuellement optimales pour les trois calques superposés. En outre, l'exercice ayant pour objectif d'identifier des continuités, cela induit que ces conditions optimales soient retrouvées sur plusieurs mailles contiguës ou proches ; l'existence d'une seule maille remplissant ces conditions mais largement isolée d'autres mailles de ce type n'est pas suffisante.

Le résultat obtenu a ensuite été confronté à :

- *l'expertise*. Un groupe d'experts ayant suivi notre démarche d'élaboration des différentes cartes nationales a été consulté. D'autres chercheurs et experts ont également été sollicités pour leur compétence et leur expérience sur les bocages (J. Baudry, H. Brustel). La Fédération nationale des conservatoires botaniques (FCBN) a consulté son réseau des conservatoires pour apporter son expertise locale ;

- *des études régionales et locales identifiées grâce à une recherche bibliographique*. De nombreuses régions et de nombreux acteurs (Directions régionales ou départementales de l'agriculture et de la forêt, Conseils Régionaux, Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), Associations, etc.) s'intéressent à la problématique du bocage et il existe ainsi de multiples études sur ce sujet. La mutualisation de ces études au niveau national, qui ne saurait être exhaustive, a ainsi permis d'obtenir une vision d'ensemble, d'effectuer une vérification « post-construction » de la carte résultat et de décrire sommairement les différentes continuités nationales identifiées.

RÉSULTATS

CHOIX DES ESPÈCES

Onze espèces ont été retenues (cf. Tab. I) : 2 amphibiens (1 urodèle et 1 anouère), 4 oiseaux et 4 mammifères (3 chiroptères et 1 rongeur) et 1 insecte (coléoptère).

CARTE DE CHOROLOGIE

Le résultat proposé se présente sous la forme d'une carte de France maillée (10 km x 10 km) indiquant la richesse spécifique de chaque maille parmi le pool des 11 espèces sélectionnées (cf. Fig. 1).

TABLEAU I

Espèces sélectionnées pour le croisement cartographique

Espèces	Caractéristiques principales suggérées par la présence de l'espèce dans un paysage de bocage
Vertébrés, Amphibiens Triton marbré (<i>Triturus marmoratus</i>) Rainette verte (<i>Hyla arborea</i>)	<p>Nombreux points d'eau à végétation aquatique Présence d'un habitat terrestre favorable et notamment : présence de prairies ainsi que de boisements autour des biotopes de reproduction Longueur du linéaire de haies Faible densité de routes locales dans le paysage Faible part des cultures dans le paysage Sources : <i>Boissinot & Grillet, 2010 ; Boissinot, 2009 ; ACEMAI, 2003</i></p> <p>Présence d'un fossé humide bordant la haie pouvant servir de refuge Présence de strates végétaives arborée, arbusive et herbacée Présence de points d'eau stagnants ensoleillés et riches en végétation aquatique Déplacements liés aux structures paysagères linéaires telles que les haies Probabilité de présence et d'abondance conditionnée par la présence de prairies de grandes surfaces autour des biotopes de reproduction Faible concentration de routes locales dans le paysage Sources : <i>Boissinot & Grillet, 2010 ; Boissinot, 2009 ; ACEMAI, 2003</i></p>
Vertébrés, Oiseaux Chouette chevêche (<i>Athene noctua</i>)	<p>Présence d'arbres creux et d'arbres à cavités Présence de proies (rongeurs, petits amphibiens, insectes, etc.) Bocage constitué de haies, prairies, murets, arbres isolés et bosquets Paysage hétérogène et en mosaïque de parcelles et d'espaces toujours en herbe avec réseau de haies bien structuré Sources : <i>Svensson & Grant, 2008 ; Génot et al., 2001</i></p>
Pie-grièche écorcheur (<i>Lanius collurio</i>)	<p>Présence de haies à strates arbusive et buissonnante dans des milieux ouverts (prairies de fauche, pâtures) ponctués de buissons Présence de proies (invertébrés) Sources : <i>Svensson & Grant, 2008 ; Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994</i></p>
Tourterelle des bois (<i>Streptopelia turtur</i>) Pic mar (<i>Dendrocopos medius</i>)	<p>Présence de haies à strates arbusive et buissonnante Présence de bosquets, arbres isolés et broussailles touffues Présence d'une grande variété de graines disponibles (spontanées comme cultivées) mais aussi petits escargots Sources : <i>Svensson & Grant, 2008 ; Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994</i></p> <p>Présence de bosquets, arbres isolés, et haies à strate arborée Présence de vieux arbres, notamment feuillus, d'un diamètre d'au moins 60 cm Présence d'insectes Sources : <i>Svensson & Grant, 2008 ; Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994</i></p>

<p>Vertébrés, Mammifères</p> <p>Grand Rhinolophe (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)</p> <p>Murin de Bechstein (<i>Myotis bechsteini</i>)</p> <p>Murin de Daubenton (<i>Myotis daubentonii</i>)</p> <p>Muscardin (<i>Muscardinus avellanarius</i>)</p>	<p>Présence de grandes haies denses et arborescentes permettant : une chasse à l'affût par suspension aux branches, des abris contre les prédateurs (juvéniles notamment) et une prolifération d'insectes nocturnes</p> <p>Présence de proies : insectes notamment lépidoptères et coléoptères (genres <i>Geotrupes</i> et <i>Melolontha</i> ainsi que des coléoptères coprophages du genre <i>Aphodius</i> (bousiers) indiquant un élevage de bovins non traités contre les parasites)</p> <p>Linéaire de haies structuré</p> <p>Source : <i>Aulagnier et al., 2010 ; Arthur & Lemaire, 2009</i></p> <p>Présence de haies et de boisements à vieux feuillus</p> <p>Présence d'arbres creux pour la mise-bas et l'hibernation</p> <p>Présence de proies : insectes très variés notamment diptères de genre <i>Tipulidae</i>, coléoptères et lépidoptères mais aussi araignées et opilions</p> <p>Possibilités d'accomplir des déplacements très fréquents entre gîtes</p> <p>Source : <i>Aulagnier et al., 2010 ; Arthur & Lemaire, 2009</i></p> <p>Présence d'un réseau de haies bien structuré à strate arborée</p> <p>Présence d'arbres creux pour la mise-bas</p> <p>Présence de milieux humides et points d'eau</p> <p>Présence de proies, notamment larves aquatiques et insectes diptères <i>Chironomidae</i></p> <p>Source : <i>Aulagnier et al., 2010 ; Arthur & Lemaire, 2009</i></p> <p>Présence de bosquets et de haies diversifiés avec sous-bois denses et buissonnants permettant un abri notamment contre les prédateurs, pour le passage de l'hiver ou pour la construction du nid</p> <p>Micromammifère arboricole indiquant par conséquent une pluristratification de la végétation</p> <p>Présence de cavités et d'arbres creux pour la nidification</p> <p>Présence d'une végétation riche en bates (ronciers, noisetiers, etc.)</p> <p>Sources : <i>Aulagnier et al., 2010 ; Menage, 2011</i></p>
<p>Invertébrés, Insectes</p> <p>Pique-prune (<i>Osmoderma eremita</i>)</p>	<p>Présence d'arbres à grosses cavités où se fait le développement larvaire ; ces cavités sont souvent trouvées dans des arbres très âgés pluricentennaires.</p> <p>Espèce parapluie pour de nombreux insectes coléoptères</p> <p>Témoignage ainsi d'une continuité spatiale et temporelle de l'habitat</p> <p>Sources : <i>Dubois, 2009 ; Ramus et al., 2009</i></p>

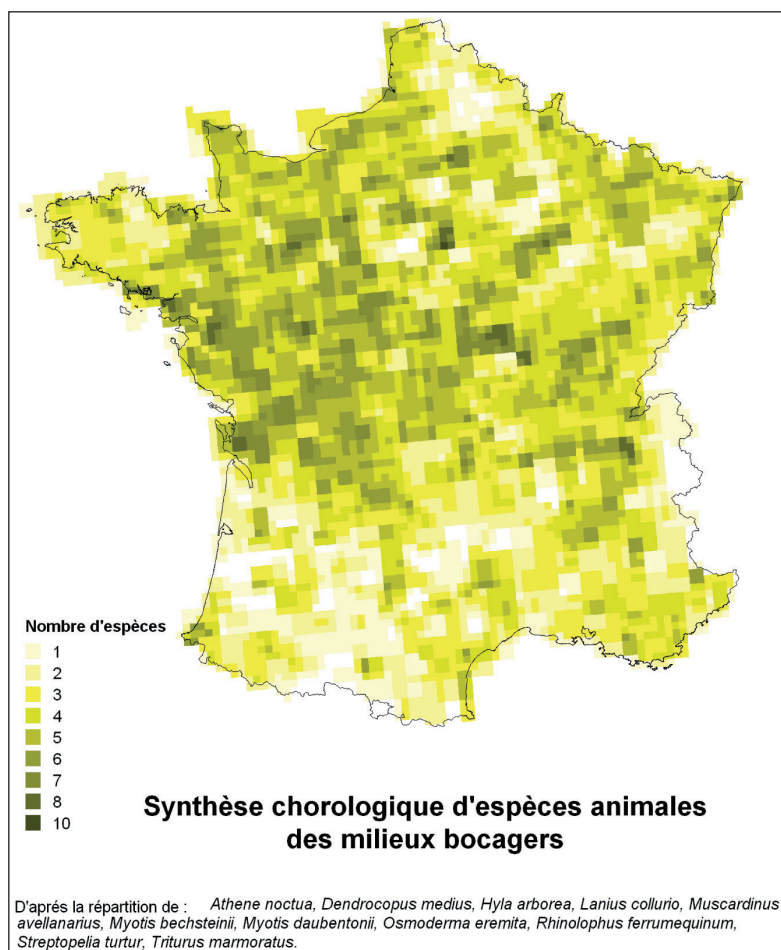


Figure 1.— Résultat de la synthèse chorologique d'espèces animales associées au milieu bocager. Le dégradé de présence d'espèces est matérialisé par un dégradé de couleur du plus clair (moins d'espèces) au plus foncé (plus d'espèces). Le score maximum atteint est de 10 espèces dans une maille. Source : MNHN-SPN.

CARTE DE FRANCE DES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

Le résultat proposé se présente sous la forme d'une carte figurant un certain nombre de traits qui matérialisent des continuités écologiques bocagères d'importance nationale (cf. Fig. 2). Ces continuités forment 9 ensembles numérotés et nommés.

Pour être en accord avec le degré de précision que notre démarche, nationale, permet de revendiquer :

- nous avons utilisé des traits volontairement diffus, au regard de l'impossibilité d'en préciser de manière stricte la largeur et la localisation et de notre volonté de ne pas le faire ;
- nous n'avons pas indiqué d'échelle sur la carte ;
- nous avons opté pour un fond basé uniquement sur le relief en nuances de gris, ce qui de plus permet d'assurer un certain confort visuel par contraste avec les traits ;
- nous n'avons pas renseigné de repères géographiques tels que le cours des rivières, le nom des villes ou les limites administratives régionales pour ne pas inciter à une lecture géolocalisée des continuités écologiques.

DISCUSSION

CHOIX DES ESPÈCES

Notre sélection d'espèces concerne des groupes variés (micromammifères, chiroptères, amphibiens, etc.). En ce sens, il est possible de supposer que les continuités écologiques identifiées sont perméables pour les caractéristiques de chacun de ces groupes et notamment leur mode de déplacement (rampant, volant, sautant, etc.). Chaque espèce porte une information différente alors que le choix de deux espèces fréquemment associées sur le terrain aurait amplifié des caractéristiques similaires sans apporter davantage d'information.

Plusieurs critères ont guidé notre sélection : il était nécessaire de cibler des espèces pour lesquelles la littérature scientifique est suffisante, dont la répartition nationale est connue précisément et enfin dont l'aire de répartition française est large pour limiter les biais biogéographiques.

Les écueils à éviter étaient de choisir trop de taxons ou de choisir des espèces indiquant une structure particulière de la haie tout en étant très largement répandue ou en fréquentant une palette trop large de milieux. Cela aurait limité les possibilités de discrimination des secteurs bocagers véritablement fonctionnels.

D'autres espèces caractéristiques d'un bocage de qualité auraient pu être sélectionnées, notamment végétales, comme la Gagée jaune (*Gagea lutea*), espèce protégée appréciant les réseaux de haies (Conservatoire botanique national de Franche-Comté, 2011). Toutefois, l'intégration d'espèces animales permet indirectement de viser aussi la présence d'espèces végétales du fait du caractère structurant de la flore (habitat d'espèce). Par ailleurs, les espèces étant utilisées ici pour une bio-indication sur la structure et le fonctionnement du milieu, un petit panel semble suffisant.

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DE LA CARTE NATIONALE

Nous aurions pu choisir de nous en tenir à un croisement cartographique des différentes données. Toutefois, la demande du ministère en charge de l'écologie était d'individualiser et de matérialiser sur une carte des continuités écologiques. Aboutir à un dégradé de perméabilité n'aurait donc pas répondu aux objectifs fixés et l'étape de tracés était incontournable.

Ce faisant, pour envisager l'existence d'une continuité écologique bocagère à caractère aussi bien structurel que fonctionnel, la réunion des trois conditions évoquées précédemment (maillage dense de haies, pratiques agricoles variées, structure satisfaisante des haies et du paysage au regard du nombre d'espèces) était nécessaire. Le seuil à partir duquel ces trois conditions étaient jugées satisfaites est un seuil visuel, laissé à l'appréciation du concepteur dans un compromis qui doit permettre de conserver le statut d'importance nationale des continuités de la carte. Ce choix a été fait essentiellement pour ne pas surinterpréter des données dont le degré de précision excluait l'option d'un croisement automatique via un algorithme informatique.

Enfin, d'autres données auraient pu être intégrées comme des données sur les pratiques de gestion des haies. Cependant, ces aspects sont indirectement pris en compte via la structure des haies renseignées grâce aux espèces.

CHOIX SÉMIOLOGIQUES

Toujours dans l'optique de répondre pleinement à la commande formulée par le ministère, le trait a été retenu comme élément sémiologique. Le choix d'autres figurés, par exemple ponctuels ou en aplats, n'aurait en effet pas répondu à l'attente exprimée. Par ailleurs, l'utilisation de flèches a été écartée pour ne donner aucun sens de direction aux continuités écologiques. Celles-ci doivent être interprétées avant tout comme des fuseaux dans lesquels une certaine perméabilité permet une circulation privilégiée d'espèces de faune et de flore qui fréquentent les bocages quel que soit le sens de ces déplacements.

Au final, le résultat se présente sous une forme sensiblement différente de la plupart des schémas de réseaux écologiques existants faisant souvent référence à trois types d'éléments

sémiologiques, par reprise des théories d'écologie du paysage : des polygones (matérialisant les taches, réservoirs, noyaux), des traits ou des flèches (matérialisant des corridors parfois dirigés) et le fond de carte (matérialisant la matrice plus ou moins hostile).

Un certain nombre d'interrogations ont été soulevées concernant les choix sémiologiques que nous avons faits. Les risques d'une telle illustration sont en effet de laisser croire :

- que les bocages français se limitent aux traits retrouvés sur la carte et par là-même, qu'en dehors de ces traits il n'existe aucun enjeu. Or, nous nous plaçons ici dans un exercice national avec une méthodologie précise. L'absence de continuité identifiée signifie simplement une absence d'enjeux visibles à une échelle nationale dans le cadre des hypothèses formulées. En outre, la carte n'a pas vocation à être exhaustive mais à matérialiser les enjeux les plus évidents ;
- qu'il existe une contiguïté d'éléments présents sous les traits, ce qu'il n'est pas possible de mettre en évidence à cette échelle de travail et n'aurait que peu de sens pour des milieux bocagés, par définition composites. Certaines continuités écologiques identifiées sont probablement à préserver en l'état alors que d'autres sont probablement à restaurer mais le choix de l'action est à la discrétion des acteurs locaux.

PRÉCAUTIONS DE LECTURE DE LA CARTE NATIONALE

Nous insistons sur le fait que la carte résultat (Fig. 2) doit être interprétée avec précaution et que les traits identifiés ne doivent pas appeler une lecture stricte de largeur ni de position. Ces traits ne sont pas des « corridors » dans le sens où ils ne correspondent pas à des éléments physiques uniques sur le terrain (par exemple comme une haie identifiable sur une parcelle) ; ils traduisent de grands ensembles où les paysages de bocages sont prépondérants et de bonne qualité écologique, vecteurs d'une continuité écologique à l'échelle nationale. À une échelle plus fine, ces enveloppes peuvent englober elles-mêmes à la fois des réservoirs et des corridors, des éléments contigus et des éléments plus espacés.

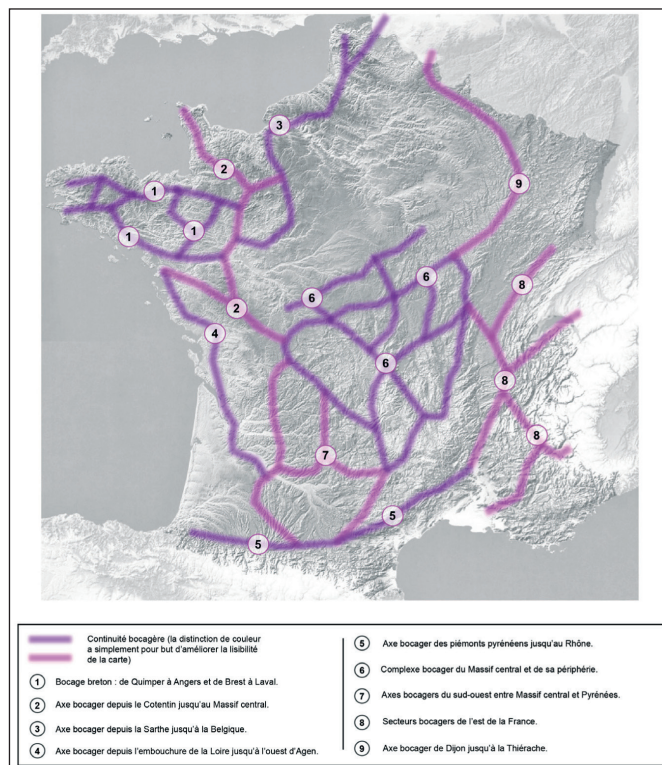


Figure 2.— Carte de France de continuités écologiques bocagères d'importance nationale.

La numérotation et le découpage des continuités résultent d'un choix et pourraient se décliner de façons différentes suivant les secteurs. Sur la base des mêmes tracés, d'autres individualisations auraient sans doute été possibles. Ce découpage a surtout vocation à faciliter la lecture de la carte en dégageant des ensembles de continuités ayant une certaine cohérence comme cela est explicité plus bas pour la continuité « 2 ».

Cette identification de grandes continuités écologiques nationales est un exercice nouveau, complexe et difficile pour lequel il n'existe pas de méthode calée et univoque. Notre résultat compile différentes sources de données (occupation du sol et répartition d'espèces) et constitue l'aboutissement d'échanges et de consultations. Une appropriation par les acteurs régionaux et locaux permettra de préciser la localisation, la largeur des continuités écologiques et au besoin la réalisation des cartes de chorologie à partir de données de répartition plus locales.

CONFRONTATION DE LA CARTE NATIONALE AVEC DES DONNÉES LOCALES

La recherche bibliographique menée a permis de décrire et au besoin de réajuster les continuités écologiques identifiées sur la carte nationale et d'y associer ainsi des éléments de compréhension.

Par exemple, les études locales colligées valident l'existence d'enjeux bocagers matérialisés par la continuité « 2 » de la carte résultat :

- la Basse-Normandie, et en particulier la Manche, est abondamment présentée comme une région historiquement très bocagère, nettement orientée vers l'élevage bovin et la production de cidre (par exemple Brunet, 2004) ;

- les Pays-de-la-Loire sont mis en avant pour accueillir des secteurs bocagers séculaires, notamment en Mayenne et en Maine-et-Loire dans le Ségren ou les Mauges (Conseil régional & Fédération régionale de chasse des Pays-de-la-Loire, 2008 ; Thomas, 2007) ;

- deux secteurs bocagers sont mentionnés en Poitou-Charentes (Conservatoire des espaces naturels de Poitou-Charentes, 1999) : le Bressuirais au nord-ouest de la région (Deux-Sèvres) et le Montmorillonnais au sud-est (Vienne et Charente).

En retour, l'identification d'une telle continuité écologique reliant le Cotentin au Massif central constitue une information nouvelle pour des acteurs régionaux pris isolément et peut donner du sens à la préservation locale de ces maillages bocagers.

Un curseur était cependant à positionner entre utilisation d'études locales et méthode originelle issue du croisement de données cartographiques : les éléments compilés par la recherche bibliographique ont apporté une plus-value en confirmant par une réalité régionale les traits identifiés sur la carte nationale. Certaines informations ont permis de réajuster certains tracés et de tendre donc vers plus de précision. Cependant, l'exercice est resté national et n'a pas glissé vers une illustration de données régionales compilées.

CONFRONTATION DE LA DÉMARCHE AUX EXPÉRIENCES SEMBLABLES

Des réflexions ont déjà été menées par différents acteurs pour identifier des continuités écologiques nationales, sans focaliser nécessairement sur les bocages. Ainsi, le Schéma des services collectifs des espaces naturels et ruraux (SSCENR) de juin 2000 comportait-il déjà quelques cartes nationales de grandes continuités écologiques (Delanoë, 2000). Dans ses propositions au Grenelle de l'environnement, France nature environnement (FNE) a également souligné la nécessité de réaliser des cartes nationales portant des enjeux de continuités sur des thèmes différents (grands prédateurs, vieux bocages, etc.) (France Nature Environnement, 2008). Enfin, le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du MEDDE a également réalisé des cartes nationales à partir des données de la couche Corine land cover (CLC) de 2006 en sélectionnant des postes par grands types de milieux (milieux forestiers et milieux ouverts notamment).

Une analyse de ces différentes démarches montre que selon les cas :

- elles peuvent s'apparenter davantage à une agrégation nationale de données régionales qu'à une réflexion nationale d'identification de continuités écologiques. C'est le cas du

SSCENR qui a capitalisé des données remontées par les Directions régionales de l'environnement (DREAL) et les synthétise sur une carte nationale ;

- elles se fondent essentiellement sur une approche physionomique ou structurelle et occultent ainsi la dimension fonctionnelle que nous avons tenté d'intégrer dans notre démarche. Des éléments d'occupation du sol peuvent en effet apparaître reliés ou quasi reliés sans former pour autant une continuité écologique fonctionnelle, c'est-à-dire sans permettre le déplacement d'espèces nécessaires pour assurer leur cycle biologique, le respect des chaînes alimentaires ou les équilibres métapopulationnels.

De notre côté, nous avons tenté :

- d'identifier des enjeux directement à l'échelle nationale, ne résultant pas de la somme d'enjeux régionaux visualisés à une échelle nationale. En ce sens, les continuités écologiques identifiées peuvent être qualifiées d'importance nationale ;

- d'identifier des continuités écologiques fonctionnelles et non uniquement structurelles grâce à l'utilisation de certaines espèces indicatrices associées au bocage.

VALORISATION DE LA CARTE OBTENUE

Notre carte-résultat, ainsi que les autres cartes que nous avons produites au cours de la même réflexion et qui visent les milieux ouverts thermophiles, les milieux ouverts frais à froid, les milieux boisés et les voies de migration de l'avifaune, ont été annexées, comme illustrations, aux orientations nationales du projet TVB. Ces orientations, élaborées par le MEDDE en association avec le Comité National Trames verte et bleue, devraient être adoptées prochainement par décret en Conseil d'État.

La carte « bocages », ainsi que les autres cartes citées ci-dessus, pourraient également être utilisées pour identifier des zones de conflits avec les grandes infrastructures linéaires de transport. L'identification de points noirs sur le réseau autoroutier constitue un des objectifs de la nouvelle Stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020 (MEDDTL, 2011). Un croisement cartographique entre réseau écologique et éléments de fragmentation majeurs (urbanisation, infrastructures linéaires de transport, etc.), moyennant une méthode de priorisation, pourrait être une piste pour mettre en évidence des points de conflits.

CONCLUSION

À notre connaissance, l'exercice d'identification de continuités écologiques bocagères à l'échelle nationale n'avait jamais été tenté. Nous avons proposé une méthode d'identification de continuités à la fois physiquement existantes et écologiquement fonctionnelles. Le résultat aboutit à une carte indicative de grandes enveloppes bocagères vectrices d'une continuité écologique à l'échelle nationale. Cette démarche permet de considérer les enjeux nationaux liés aux bocages sur un plan écologique (déplacements des espèces par exemple) et peut aussi être utile dans une optique de préservation des paysages.

RÉFÉRENCES

- ACEMAV COLL., DUGUET, R. & MELKI, F. (2003).— *Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Collection Parthénope. Editions Biotope. Mèze.
- ALLAG-DHUISME, F., AMSALLEM, J., BARTHOD, C., DESHAYES, M., GRAFFIN, V., LEFEUVRE, J.-C., SALLES, E. (COORD.), BARNETCHE, C., BROUARD-MASSON, J., DELAUNAY, A., GARNIER, C.-C. & 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. Editions MEEDDM. Disponible sur : <http://www.trameverteet-bleue.fr/>
- AULAGNIER, S., HAFFNER, P., MITCHELL-JONES, A.-J., MOUTOU, F. & ZIMA, J. (2010).— *Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Éditions Delachaux & Niestlé, Paris.

- BAUDRY, J., BUREL, F., AVIRON, S., MARTIN, M. & OUIN, A. (2001).— Temporal variability of connectivity in agricultural landscapes: do farming activities help? *Landsc. Ecol.*, 18: 303-314.
- BAUDRY, J. & JOUIN, A. (2003).— *De la haie au bocage – Organisation, dynamique et gestion*. Éditions INRA.
- BILLINGTON, G. & JONES, G. (1999).— Radio-tracking studies of greater horseshoe bats at Cheddar, North Somerset. *English Nature*. (unpub.)
- BOISSINOT, A. (2009).— *Influence de la structure du biotope de reproduction et de l'agencement du paysage sur le peuplement d'amphibiens d'une région bocagère de l'ouest de la France*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études.
- BOISSINOT, A. & GRILLET, P. (2010).— Conservation des bocages pour le patrimoine batrachologique. *Le courrier de la nature*, 252: 26-33.
- BROOKS, C.P. (2003).— A scalar analysis of landscape connectivity. *Oikos*, 102: 433-439.
- BRUNET, P. (2004).— *Inventaire régional des paysages – « Troisième partie : Les unités de paysage de la Basse-Normandie » et en particulier « 4. Paysages bocagers*. Pour le Conseil régional et la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Basse-Normandie. Disponible sur : <http://www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr/la-typologie-de-l-inventaire-r293.html> (consulté en octobre 2011).
- BUREL, F. (1989).— Landscape structure effect on carabid beetles spatial pattern in Western France. *Landsc. Ecol.*, 2: 215-226.
- BUREL, F., BAUDRY, J., BUTET, A., CLERGEAU, P., DELETTRE, Y., LE CŒUR, D., DUBS, F., MORVAN, N., PAILLAT, G., PETIT, S., THENAIL, C., BRUNEL, E. & LEFEUVRE, J.-C. (1998).— Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes. *Acta Oecol.*, 19: 47-60.
- CEMAGREF & IPAMAC (2011).— *Identification des structures bocagères pour l'amélioration des données d'occupation du sol*. Note méthodologique.
- CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA MANCHE (2011).— *Le rôle du bocage*. Disponible sur : http://www.manche.chambagri.fr/les_roles_du_bocage.asp (consulté en septembre 2011).
- CLERGEAU, P. & BUREL, F. (1997).— The role of spatio-temporal patch connectivity at the landscape level: an example in a bird distribution. *Landsc. Urban Plann.*, 38: 37-43.
- CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE POITOU-CHARENTES (1999).— *Inventaire des paysages de Poitou-Charentes*. Disponible en ligne sur : <http://www.paysage-poitou-charentes.org/> (consulté en janvier 2012).
- CONSEIL RÉGIONAL DES PAYS-DE-LA-LOIRE & FÉDÉRATION RÉGIONALE DES CHASSEURS DE PAYS-DE-LA-LOIRE (2008).— *Thématique des complexes bocagers - Etat des lieux - Bilan des connaissances*.
- CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DE FRANCHE-COMTÉ (2011).— *In : Retour de consultation du réseau des Conservatoires botaniques nationaux concernant référents sur la TVB concernant la carte des grandes continuités bocagères proposée par le MNHN*. Synthèse des remarques effectuée par Julie Chaurand de la Fédération des Conservatoires botaniques nationaux.
- DANIEL, F. (1998).— Descripteur de l'environnement : le bocage. *Bulletin semestriel de l'Observatoire départemental de l'environnement du Morbihan (ODEM)*, 9: 1-4.
- DELANOË, O. (2000).— *Réseau écologique national : Éléments d'étude des liaisons (corridors)*. Rapport INEA (Ingénieurs-conseil, Nature, Environnement, Aménagements).
- DUBOIS, G. (2009).— *Écologie des coléoptères saproxyliques : Biologie des populations et conservation d'Osmoderma eremita (Coleoptera : Cetoniidae)*. Thèse à l'École doctorale Vie-Agro-Santé pour le grade de Docteur de l'université de Rennes 1.
- FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT (2008).— *Comment organiser la mise en œuvre de la Trame verte et bleue ?*
- FRANÇOIS, R., LEMAIRE, T. & GROSSIORD, F. (2006).— *Réseaux de sites et Réseaux d'acteurs*. Conservatoire des sites naturels de Picardie.
- GILBERT-NORTON, L., WILSON, R., STEVENS, J.-R. & BEARD, K.-H. (2010).— A meta-analytic review of corridor effectiveness. *Conserv. Biol.*, 24: 660-668.
- GILMAN, E., DUNN, D., READ, A., HYRENBACH, K.-D. & WARNER, R. (2010).— Designing criteria suites to identify discrete and networked sites of high value across manifestations of biodiversity. *Biodiversity and conservation*, 19 (1).
- GILLER, G. & LEGENTILHOMME, G. (2006).— Impact des pratiques agricoles sur une population de *Vipera berus* (Linnaeus, 1758) (*Ophidia, Viperidae*) en Loire-Atlantique. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest de la France*, Nlle série, 28: 73-82.
- GRAITSON, E. (2008).— Éco-éthologie d'une population de vipères péliades (*Vipera berus* L.) dans une région de bocage du sud-ouest de la Belgique. *Bull. Soc. Herpétol. France*, 128: 3-19.
- HELIS, T. & BUCHWALD, E. (2001).— The effect of road kills on amphibian populations. *Biol. Conserv.*, 99: 331-340.
- HESS, G.-R. & FISCHER, R.-A. (2001).— Communicating clearly about conservation corridors. *Landsc. Urban Plann.*, 55: 195-208.
- HUCHET, J. (2003).— *Les paysages de la campagne*. Editions Ouest-France. Collection Nature.
- INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL (2005-2007).— *Carte nationale de la densité de haies en France*. Disponible sur : <http://www.polebocage.fr/spip.php> (consulté en septembre 2011).

- LEMARCHAND, C. (2007).— *Étude de l'habitat de la Loutre d'Europe (Lutra lutra) en région Auvergne (France) : relations entre le régime alimentaire et la dynamique de composés essentiels et d'éléments toxiques*. Thèse de Doctorat, Université de Blaise Pascal. Clermont-Ferrand.
- LUISELLI, L. & CAPIZZI, D. (1997).— Influences of area, isolation and habitat features on distribution of snakes in Mediterranean fragmented woodlands. *Biodiv. Conserv.*, 6: 1339-1351.
- MACHANDEAU, S. & AUBINEAU, J. (2004).— *Le bocage, milieu d'accueil de la Faune Sauvage*.
- MEDDTL (2011).— *Stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020*.
- MENAGE, M. (2011).— *Écologie et conservation du Muscardin Muscardinus avellanarius (Linné) en Normandie - Impact de la fragmentation des habitats sur sa répartition en Basse-Normandie*. Rapport de stage effectué au sein du Groupe mammalogique normand (GMN). Université de Caen Basse-Normandie, IBFA - Parcours « Ecosystème, Biodiversité, Anthropisation ».
- MERRIAM, H.G. & LANOUE, A. (1990).— Corridor use by small mammals : field measurements for three experimental types of *Peromyscus leucopus*. *Landsc. Ecol.*, 4: 123-131.
- MORIN, X. (2006).— *Biogéographie des espèces d'arbres européens et nord américains : déterminisme et évolution sous l'effet du changement climatique*. Thèse de doctorat en Ecologie et Biologie de l'évolution. Université Montpellier II. Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive.
- POINTEREAU, P. & COULON, F. (2006a).— *Premières rencontres nationales de la haie champêtre à Auch les 5, 6 et 7 octobre 2006 – La haie en France et en Europe : « Evolution et régression au travers des politiques agricoles »*.
- POINTEREAU, P. & COULON, F. (2006b).— *Atlas national des cartes des systèmes agricoles à haute valeur naturelle*. Travail issu de l'étude 05/1 - JRC / SOLAGRO "Identification des systèmes agricoles à haute valeur naturelle".
- RAMADE, F. (1993).— *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Éditions Ediscience international. Paris.
- RANIUS, T., SVENSSON, G.-P., BERG, N., NIKLASSON, M. & LARSSON, M.-C. (2009).— The successional change of hollow oaks affects their suitability for an inhabiting beetle, *Osmoderma eremita*. *Ann. Zool. Fenn.*, 49: 205-216.
- ROUGET, M., COWLING, R.-M., LOMBARD, A.-T., KNIGHT, A.-T. & KERLEY, G.-I.-H. (2005).— Designing large-scale conservation corridors for pattern and process. *Conserv. Biol.*, 20: 549-561.
- ROUGET, M., COWLING, R.-M., PRESSEY, R.-L. & RICHARDSON, D.-M. (2003).— Identifying spatial components of ecological and evolutionary processes for regional conservation planning in the Cape Floristic Region, South Africa. *Divers. Distrib.*, 9: 191-210.
- SORDELLO, R., COMOLET-TIRMAN, J., DA COSTA, H., DE MASSARY, J.-C., DUPONT, P., ESCUDER, O., GRECH, G., HAFFNER, P., ROGEON, G., SIBLET, J.-P. & TOUROULT, J. (2011).— *Trame verte et bleue - Critères nationaux de cohérence - Contribution au critère pour une cohérence interrégionale et transfrontalière*. Rapport MNHN-SPN.
- THOMAS, M. (2007).— *Ensembles paysagers du Maine-et-Loire*. Pour Loire Anjou Environnement. Disponible en ligne sur : http://www.loire-anjou-environnement.fr/paysage_anjou.html (consulté en septembre 2011).
- TOURRET, V. (2002).— *Les grands types de bocages en Europe et leurs fonctions*. Pour l'Institut pour le Développement Forestier (IDF). Les journées d'études européennes sur les bocages. Actes du colloque « Ruralité, faune sauvage et développement durable - Le bocage, enjeux de territoire pour demain » tenu les 16 et 17 octobre 2002.
- WIENS, J.-A., STENSETH, N.-C., VAN HORNE, B. & IMS, R.-A. (1993).— Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos*, 66: 369-380.
- WILCOX, B.-A. & MURPHY, D.-D. (1985).— Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *Am. Nat.*, 125: 879-887.
- YEATMAN-BERTHELOT, D. & JARRY, G. (eds) (1994).— *Atlas des oiseaux nicheurs de France 1985-1989*. Société ornithologique de France. Paris.

