

Analyse comparative de méthodes d'élaboration de trames vertes et bleues nationales et régionales

Dans le cadre de son appui au ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer pour le Comité opérationnel Trame verte et bleue, le Cemagref a réalisé une analyse comparative des méthodes d'élaboration de la Trame verte et bleue afin de contribuer à la réflexion sur la mise en place d'un cadre national de références. En voici les grandes lignes.

La lutte contre l'érosion de la biodiversité est devenue un enjeu affiché au niveau international lors du Sommet de la Terre à Rio, en 1992. En France, cet enjeu a été reconnu par la stratégie nationale pour la biodiversité en 2004 (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2004). Elle répond à une prise de conscience et à un engagement de la France au niveau international, notamment dans le cadre de la Convention pour la diversité biologique. Cet enjeu est partagé par tous les acteurs de la société, et l'a notamment été au cours du Grenelle de l'Environnement (2007). Parmi les causes majeures de cette perte de biodiversité, figurent la destruction d'habitats et la fragmentation des milieux qui en résulte. Pour remédier à cette fragmentation, le groupe Biodiversité du Grenelle de l'Environnement a préconisé la mise en place d'un réseau écologique national, appelé Trame verte et bleue (TVB).

Le développement de l'urbanisation, d'infrastructures linéaires et de pratiques de gestion des ressources naturelles défavorables à la biodiversité entraînent une importante réduction des surfaces d'habitats naturels et une forte fragmentation de ces derniers. Celle-ci se traduit par une augmentation des difficultés que les espèces éprouvent pour se déplacer d'un habitat à un autre. Le cantonnement de populations dans un site de trop faible surface entraîne consanguinité, sensibilité aux agressions (forte prédation, maladies, manque de nourriture, événement climatique défavorable...), pouvant conduire à leur extinction locale. L'isolement d'un habitat d'espèce exclut la possibilité de sa recolonisation. Ainsi, le maintien des capacités de déplacement des espèces est nécessaire à la préservation de leurs populations. L'approche de la protection de la nature par la préservation d'« îlots » de nature est alors intégrée dans une vision plus globale de « réseau écologique », comprenant ces îlots qui correspondent à des réservoirs de biodiversité et les corridors qui les relient.

La stratégie paneuropéenne pour la protection de la diversité biologique et paysagère (1995) est un des premiers textes internationaux à expliciter clairement le concept de réseau écologique et vise à mettre en place un Réseau écologique paneuropéen (REP). De nombreux pays européens ont déjà entamé une démarche de mise en place d'un réseau écologique. En France, à la fin des années 1990, des projets de réseaux écologiques commencent à se développer dans les régions, départements et intercommunalités.

Un contexte politique favorable : le Grenelle de l'Environnement

Lors du Grenelle de l'Environnement, un Comité opérationnel Trame verte et bleue (COMOP TVB) a été créé pour réfléchir aux modalités de mise en place de la Trame verte et bleue en France. Le projet de loi Grenelle 2 prévoit pour cette mise en place, une articulation sur trois niveaux :

- les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, inscrites dans un document cadre composé de deux guides et dont le contenu est décidé par le COMOP TVB ;
- les schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) qui identifient et cartographient le réseau écologique à l'échelle régionale et qui respectent les orientations nationales ;
- les communes et intercommunalités qui devront prendre en compte les SRCE dans leurs documents d'urbanisme.

Dans le cadre des travaux du COMOP TVB, le MEEDDM (ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer) a demandé au Cemagref d'assurer la coordination de la rédaction du document cadre intitulé « *Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques* ». Le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) ont égale-

ment été associés à la rédaction pour croiser les compétences et enrichir les réflexions. Ce document cadre est composé de deux guides (un guide supplémentaire, à destination des services de l'État, pour prise en compte des besoins de continuités écologiques dans les projets nationaux d'infrastructures linéaires de transport, a été corédigé par le Cemagref, le Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements et le MEEDDM) :

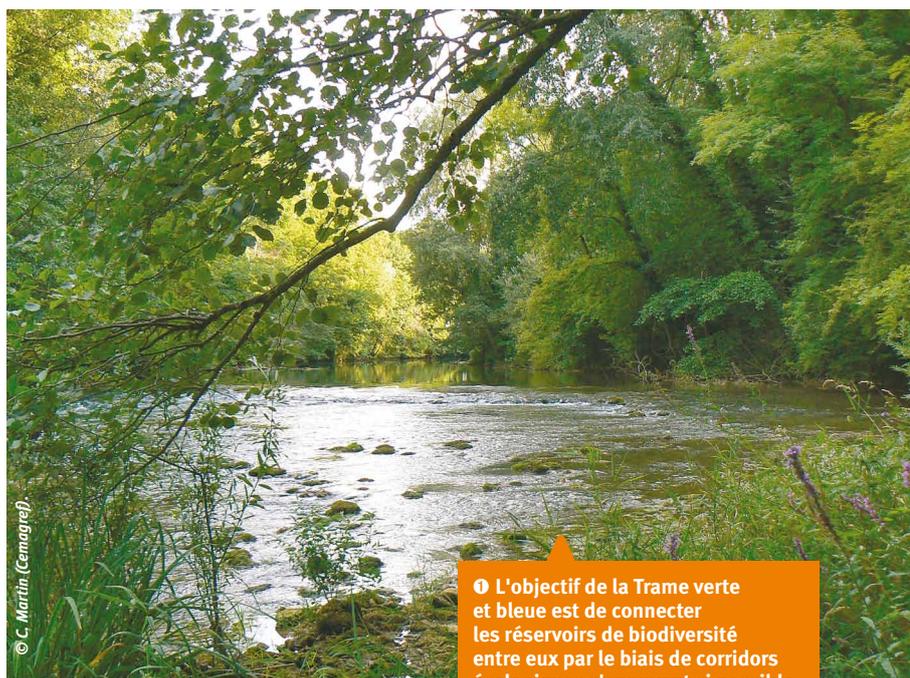
- le premier guide s'adresse à un large public (élus, techniciens, acteurs divers...) et vise à exposer les principes et enjeux de la Trame verte et bleue et les choix stratégiques de nature à contribuer à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques ;
- le second guide s'adresse davantage aux techniciens des services de l'État et des régions en charge de l'élaboration des futurs SRCE. Il vise à exposer les critères de cohérence nationale que devront respecter les régions lors de l'élaboration de leur SRCE, à proposer des recommandations méthodologiques pour les régions qui n'ont pas encore lancé de démarche de Trame verte et bleue, et à présenter des pistes pour la mise en oeuvre des SRCE (outils contractuels, fonciers, réglementaires...). Comme certaines régions ont déjà élaboré leur Trame verte et bleue, il n'a pas été souhaité dans ce guide d'imposer une méthode à toutes les régions. Seuls des critères de cohérence nationale sont à respecter. Les autres éléments du guide constituent des recommandations.

Pour l'élaboration d'une Trame verte et bleue, il existe plusieurs types d'approches et de méthodes. En effet, il n'existe pas de vérité scientifique « absolue » ni de méthode « miracle » pour l'identification d'un réseau écologique et les recherches sur cette thématique sont récentes. Dans ce contexte, il a été demandé au Cemagref de réaliser une analyse comparative des méthodes d'élaboration de Trames vertes et bleues dans l'objectif de s'appuyer sur des expériences « pilotes » pour rédiger des recommandations dans le guide méthodologique. Cette analyse s'est intéressée à une dizaine d'expériences régionales et nationales, françaises et européennes. Elle met en évidence les critères et les éléments méthodologiques utilisés dans le but d'identifier les principaux éléments de la Trame verte et bleue.

Qu'est-ce que la Trame verte et bleue ?

La Trame verte et bleue est considérée comme étant constituée de trois types d'éléments baptisés, par souci de simplicité : les réservoirs de biodiversité, les corridors écologiques s'appliquant plus particulièrement aux milieux terrestres mais aussi humides (figure 1), et enfin les cours d'eau (photo 1). C'est l'ensemble de ces trois composantes qui constitue les continuités écologiques au titre des dispositions des articles L. 371-1 et suivants du code de l'environnement (dans certains réseaux écologiques, figurent aussi une quatrième composante appelée zones de transition, pour protéger les réservoirs de biodiversité et les corridors d'influences extérieures potentiellement dommageables).

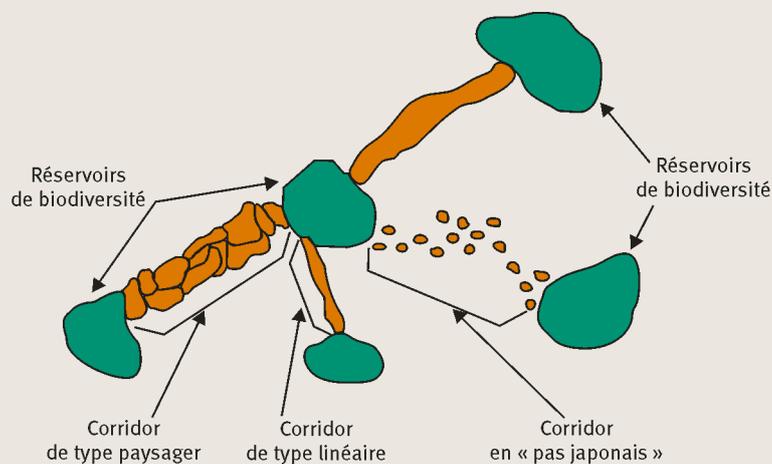
C'est dans les réservoirs de biodiversité que la biodiversité, remarquable et ordinaire, est la plus riche et la mieux représentée. Les conditions indispensables à son maintien et à son fonctionnement sont réunies. Ainsi une



© C. Martin (Cemagref)

❶ L'objectif de la Trame verte et bleue est de connecter les réservoirs de biodiversité entre eux par le biais de corridors écologiques s'appuyant si possible sur des éléments structurants du paysage, comme les fonds de vallée, les haies, les talus, etc.

❶ Exemple d'éléments de la Trame verte et bleue : réservoirs de biodiversité et types de corridors terrestres.



Source : Cemagref, d'après Bennett 1991.

espèce peut y exercer l'ensemble de son cycle de vie : alimentation, reproduction, repos, et les habitats naturels assurer leur fonctionnement. Ce sont soit des réservoirs à partir desquels des individus d'espèces présentes se dispersent, soit des espaces rassemblant des milieux de grand intérêt.

Un corridor écologique est une voie de déplacement empruntée par la faune et la flore, qui relie les réservoirs de biodiversité. Cette liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou habitats d'une espèce permet sa dispersion et sa migration.

Au final, il ressort que trois types d'information peuvent être pris en compte dans la définition des réservoirs de biodiversité :

❶ **les zonages d'inventaire, réglementaires, de gestion ou de préservation** : ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique), sites Natura 2000, réserves... L'intérêt patrimonial d'un territoire est reconnu au travers de ces zonages. Certaines structures ont choisi de s'appuyer uniquement sur les sites Natura 2000, d'autres les combinent avec les ZNIEFF de type I ou d'autres zonages... Il existe une forte hétérogénéité entre les méthodes dans la façon de prendre en compte ces zonages ;

❷ **la présence de certaines espèces ou habitats** (patrimoniaux, remarquables, menacés...). La prise en compte d'espèces ou d'habitats est très variable selon les expériences. Elle dépend de la disponibilité des données naturalistes, des ambitions de la collectivité... Si certains s'appuient sur des données concernant quelques espèces, d'autres allongent les listes d'espèces et d'habitats à prendre en compte ;

❸ **la qualité des milieux**, avec une évaluation basée soit sur un critère unique de perméabilité des milieux, soit sur un ensemble de critères.

La première méthode d'analyse de la qualité des milieux repose sur l'analyse de la perméabilité potentielle des milieux au regard de différentes espèces ou groupes d'espèces, concept connu aussi sous celui de résistance des milieux et qui sera aussi à la base d'une des méthodes de définition des corridors écologiques. Ce concept renvoie à la facilité de circulation des espèces qui diffère selon les espèces et les milieux considérés. Pour un type de milieu, les habitats habituels des espèces inféodées à ce milieu constituent évidemment les réservoirs de biodiversité associés à ces espèces, et ils sont alors considérés comme les milieux les plus perméables (appelés « milieux structurants » ou « milieux à fort potentiel »).

Le second type d'analyse pour évaluer le potentiel écologique des milieux est basé sur trois facteurs regroupant plusieurs critères :

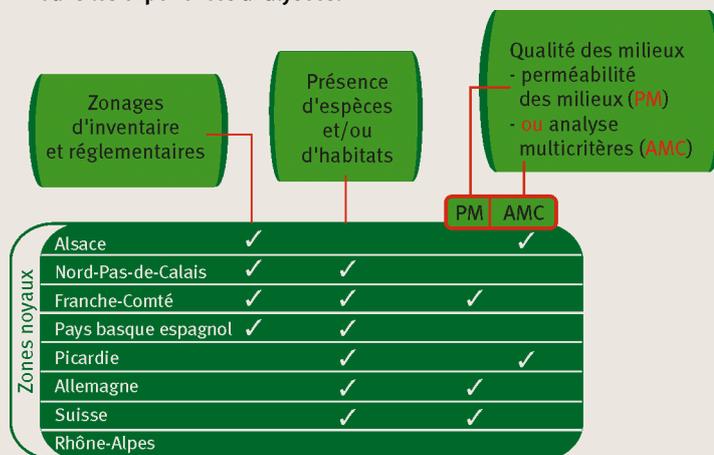
❶ un facteur « **qualité des milieux** », avec trois critères :

- la diversité générale de la flore et de la faune,
- la présence d'habitats et d'espèces patrimoniales,
- le degré de naturalité du site où se trouvent ces milieux, voire son état de conservation ;

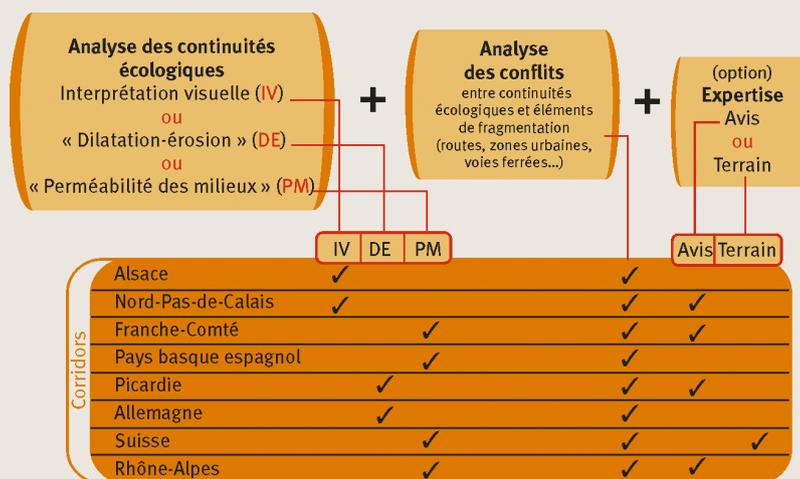
❷ un facteur « **capacité des milieux** », avec deux critères :

- la surface du site, si un site est jugé trop petit pour constituer un réservoir de biodiversité, il peut dans la mesure du possible être rattaché à un autre réservoir de biodiversité proche, ou à un corridor écologique (concernant la surface d'un site, il faut aussi remarquer que certaines méthodes classent les réservoirs de biodiversité selon plusieurs niveaux d'importance territoriale, nationale, régionale ou locale. Les seuils de surface minimum pour prise en compte varient alors selon l'importance du site, avec un niveau de seuil qui baisse avec le niveau d'importance géographique du site : par exemple, il peut être considéré comme un « pas japonais » d'un corridor,
- la complexité structurelle de l'habitat ;

❸ **Synthèse des types d'information pouvant être pris en compte pour une identification des réservoirs de biodiversité dans les expériences analysées.**



❹ **Synthèse des composantes des méthodes utilisées pour identifier les corridors dans les expériences analysées.**



❸ un facteur « **fonctionnalité des milieux** », avec trois critères :

- l'accessibilité ou l'absence de fragmentation,
- la proximité de réservoirs de biodiversité environnants. En effet, un site proche d'autres réservoirs de biodiversité suppose davantage de possibilités d'échanges d'individus et son intérêt pour la biodiversité augmente,
- l'utilisation particulière d'un site telle que la reproduction en colonie, les zones de gagnage, les zones de repos, etc.

Il est à noter que dans l'ensemble des méthodes, les espèces sont prises en compte soit de façon directe, au travers de présence d'espèces, soit de façon implicite, au travers des zonages de protection ou bien au travers des espèces qui servent à définir le gradient de perméabilité des milieux.

Identification des corridors

L'identification des corridors est soumise à de nombreuses contraintes (taille de l'aire d'étude, accès à des données de terrain, moyens disponibles et délais de

► l'étude) qui ne permettent généralement pas de mettre en œuvre une approche exhaustive d'identification des corridors écologiques à partir d'observations vérifiées sur site. À l'échelle régionale et supra-régionale, les corridors écologiques identifiés correspondent le plus souvent à des grands axes de déplacement, également nommés zones de connexions écologiques, permettant de relier les réservoirs de biodiversité.

Cette identification est réalisée en mobilisant et croisant différents outils et approches permettant d'analyser les continuités écologiques et les discontinuités naturelles et artificielles du territoire (figure 4).

Analyse des continuités écologiques

L'analyse des continuités écologiques est réalisée au sein de chaque sous-trame à partir d'une des trois méthodes suivantes, interprétation visuelle, dilatation-érosion et analyse de la perméabilité, les deux dernières étant mises en œuvre sous SIG (système d'information géographique).

❶ **L'interprétation visuelle.** Les continuités écologiques sont identifiées par photo-interprétation à partir de photographies aériennes et/ou de cartes de l'occupation du sol. Cette méthode consiste à définir et tracer « manuellement » les chemins les plus directs permettant de relier deux espaces naturels discontinus, en modulant le tracé du chemin en fonction de l'occupation du sol.

❷ **L'application d'un traitement par dilatation-érosion.** Cette technique est basée sur l'utilisation d'outils SIG qui permettent « d'automatiser » l'analyse des distances entre deux espaces naturels afin de mettre en évidence les chemins les plus directs permettant de les relier. Appliquée pour chaque sous-trame, cette technique, développée dans le cadre de l'analyse morphologique mathématique, où elle est aussi appelée fermeture morphologique, nécessite deux étapes (figure 5) :

- les taches de la sous-trame étudiée sont « dilatées » par une auréole dont la largeur a été fixée arbitrairement ou correspond à la distance de dispersion courante d'une espèce cible. Lors de cette étape, certaines taches proches vont voir leurs auréoles entrer en contact et fusionner, ce qui traduira la présence d'un corridor potentiel, d'une longueur inférieure ou égale au double de la largeur de dilatation utilisée ;

- l'étape de dilatation peut être complétée par une étape d'érosion (ou de contraction) d'une largeur identique à la dilatation, à l'issue de laquelle les zones de connexions potentielles entre les taches apparaissent. Toutes les zones de l'auréole de dilatation qui ne permettaient pas de fusionner deux taches sont « supprimées ».

❸ **L'analyse de la perméabilité des milieux aux déplacements de groupes d'espèces cibles.** Au cours d'un trajet d'un point à un autre, une espèce cible va rencontrer successivement différents milieux, dont la perméabilité va conditionner sa facilité de progression. Pour une sous-trame donnée, une ou des espèces sont choisies (espèces-cibles) et des coefficients de perméabilité sont associés aux milieux qu'elles sont susceptibles de traverser. À partir des taches de cette sous-trame, des calculs effectués sous SIG permettent de définir l'aire potentielle de déplacement des espèces cibles, appelée continuum. En pratique, le continuum est souvent constitué de plusieurs sous-ensembles qui nécessitent des corridors écologiques pour les relier.

Largeur des corridors écologiques

L'analyse des différentes expériences révèle le manque d'information précise en matière de largeur des corridors. À l'échelle régionale et nationale, il n'y a généralement pas de délimitation précise des corridors écologiques. Il s'agit le plus souvent d'axes de déplacement, appelés également zones de connexion écologique. Les corridors très larges sont parfois appelés « aires de liaison » (Allemagne, Pays basque espagnol). En général, dans ces zones, la connectivité est potentielle, et il est prévu de mettre en place des actions destinées à favoriser les déplacements d'un maximum d'espèces.

Dans les expériences analysées, il est généralement demandé aux collectivités de l'échelle inférieure de préciser le positionnement des corridors. Il est rappelé ici que la TVB est multi-échelle, avec une composante nationale (continuités écologiques régionales à vocation supra-régionale), une composante régionale proprement dite et un ou deux échelons de réseaux à vocation plus locale. Ces trames locales sont fondamentales, irriguant les paysages locaux et assurant les besoins de connectivité à cette échelle, tout en étant en connexion avec les réseaux d'ordre supérieur, qui assurent les besoins de déplacements à plus grande distance.

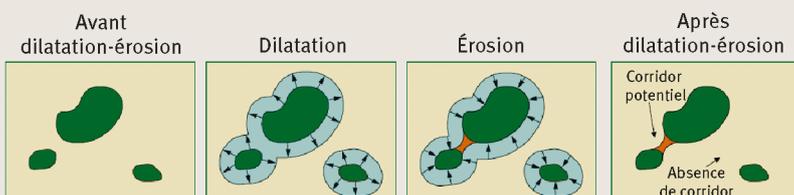
La Franche-Comté est la seule région qui précise une largeur de ces axes ou zones (linéaires ou surfaciques) : le corridor doit avoir une largeur minimale de 100 m pour les sous-trames des milieux thermophiles, humides et d'agriculture extensive, et de 200 m pour les corridors forestiers.

Analyse des conflits

Chacune des trois méthodes d'analyse des continuités écologiques (cf. *supra*) est couplée avec une analyse des éléments de fragmentation correspondant soit à des discontinuités naturelles (larges cours d'eau, falaises...), soit à des discontinuités anthropiques (urbanisation, infrastructures linéaires de transport...).

La confrontation des continuités écologiques aux éléments de fragmentation permet d'analyser leur fonctionnalité et de localiser notamment « les zones de conflit ». Ces zones correspondent aux points de rencontre précis entre le réseau qui fragmente le territoire (routier, ferroviaire...) et les principales continuités écologiques, qu'elles soient existantes ou à recréer. Ces zones de conflit sont parfois hiérarchisées par ordre de priorité.

5 Étapes du traitement par dilatation-érosion (source : Cemagref).



NB : certaines structures ont choisi de n'appliquer que l'étape de dilatation.

Expertise

Enfin, la plupart du temps, les cartes résultant des étapes précédentes sont soumises à des experts naturalistes ou gestionnaires régionaux qui affinent, corrigent, complètent, valident la cartographie des continuités écologiques en fonction de leurs connaissances de terrain. Seule la Suisse a réalisé des inventaires complémentaires de terrain pour confirmer la cartographie des corridors ou pour disposer de données plus précises, surtout dans des secteurs mal connus du point de vue naturaliste.

Autres éléments identifiés

D'autres éléments en plus des corridors et des réservoirs de biodiversité ont été identifiés dans certaines expériences :

- zones de liaison ou d'étape (Pays basque espagnol) : milieux naturels traversés par les corridors ayant un intérêt écologique reconnu par un inventaire ;
- zones tampon (Pays basque espagnol) : zones à dominante agricole ou agroforestière situées autour des corridors et des zones noyaux. Les zones tampon sont représentées quasi-systématiquement sur les schémas théoriques de réseaux écologiques. Cependant, à échelle nationale et régionale, il n'y a que le Pays basque espagnol qui en a identifiées ;
- zones de restauration (Pays basque espagnol) : zones dégradées à restaurer pour consolider les connexions ;
- espaces naturels relais (Nord-Pas de Calais) : espaces présentant une couverture végétale intéressante pour constituer des « pas japonais » dans des corridors du même nom, mais pour lesquels aucune information relative à leurs caractéristiques biologiques et écologiques n'est disponible ;
- cœurs de nature à confirmer (Nord-Pas de Calais). Ils présentent des caractéristiques biologiques et écologiques intéressantes mais pas suffisantes pour faire partie des cœurs de nature (ou réservoirs de biodiversité). Ils mériteraient des inventaires complémentaires pour préciser leur statut ;
- zones d'extension (Suisse, Rhône-Alpes, Franche-Comté). Il s'agit de milieux considérés comme attractifs pour la faune mais peu fréquentés par celle-ci.

Cours d'eau

Les modalités d'identification des cours d'eau faisant partie de la Trame bleue restent très sommaires dans l'ensemble des expériences analysées. En effet, le réseau hydrographique principal apparaît sur les cartes. Les problématiques liées à la continuité écologique des cours d'eau ne sont pas abordées ni localisées sur les cartes de Tréseau écologique, alors que pour les milieux terrestres, les zones problématiques en terme de continuité écologique sont souvent indiquées.

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- **COMOP TVB, 2010a, 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, Coordination de la rédaction par le Cemagref et le MEEDDM, 73 p.
- **COMOP TVB, 2010b, Guide méthodologique identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques et comportant un volet relatif à l'élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique**, Second document en appui à la mise en œuvre de la trame verte et bleue en France, Coordination de la rédaction par le Cemagref et le MEEDDM, 81 p.
- **MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, 2004, Stratégie française pour la biodiversité : enjeux, finalités, orientations**, 48 p.
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_2-SNB_-_strategie_nationale_biodiversite.pdf
- **Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, loi dite Grenelle II, JORF n°0160 du 13 juillet 2010, page 12905.** <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022470434>

Échelle spatiale

Pour la majorité des expériences régionales étudiées, l'échelle de travail est le 1/25 000^e. L'échelle des cartes finales de synthèse varie de 1/100 000^e au 1/250 000^e pour les expériences régionales.

Suivi – évaluation

Il existe très peu d'éléments relatifs au suivi et à l'évaluation de la Trame verte et bleue dans les expériences analysées. Seule l'Alsace indique qu'elle souhaite mettre en place deux types de suivi :

- un suivi quantitatif des habitats par analyse de l'évolution de l'occupation du sol, comprenant la réalisation d'une carte tous les cinq ans et des calculs d'indices : surfaces moyennes et milieux naturels, fragmentation...
- un suivi qualitatif par analyse de l'évolution de populations d'espèces indicatrices : choix d'espèces par grands types de milieux en fonction de leur qualité bio-indicatrice, de la fonctionnalité d'un réseau écologique et de leur valeur patrimoniale globale.

Conclusion : l'enjeu de la cohérence nationale

L'analyse des expériences régionales et nationales de réseaux écologiques a permis de se rendre compte que les méthodes employées comportaient un petit nombre de composantes ou d'étapes, comportant chacune un certain nombre de variantes ou d'options. Ces choix méthodologiques ont été effectués en fonction des enjeux du territoire, de la vision des structures porteuses du projet, mais aussi des données disponibles. Dans le contexte de l'élaboration de la doctrine pour la Trame verte et bleue nationale, ces constats ont permis de justifier l'absence de méthode imposée. La voie choisie a alors consisté à élaborer des critères de cohérence nationale, reprenant parfois, avec adaptation, certaines des variantes ou options rencontrées lors de l'analyse comparative (par exemple, pour le critère de prise en compte des zonages d'inventaire ou de labellisation, ou encore pour celui des espèces ou habitats dits « déterminants-TVb » (COMOP, 2010b). ■

Les auteurs

Jennifer Amsallem, Michel Deshayes et Marie Bonnevalle

Cemagref, centre de Montpellier, UMR TETIS,
Territoires, environnement, télédétection et information spatiale,
Maison de la Télédétection,
500 rue J.-F. Breton, 34093 Montpellier Cedex 5
jennifer.ansallem@cemagref.fr
michel.deshayes@cemagref.fr
marie.bonnevalle@cemagref.fr