



HAL
open science

Trame verte et bleue : bilan des besoins, enjeux et actions de connaissance identifiés par les Schémas régionaux de cohérence écologique

Romain Sordello

► To cite this version:

Romain Sordello. Trame verte et bleue : bilan des besoins, enjeux et actions de connaissance identifiés par les Schémas régionaux de cohérence écologique. *Naturae*, 2017, 10, pp.22. mnhn-04285481

HAL Id: mnhn-04285481

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04285481>

Submitted on 22 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Trame verte et bleue : bilan des besoins, enjeux et actions de connaissance identifiés par les Schémas régionaux de cohérence écologique

Sordello R.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Bruno David,
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

RÉDACTEUR EN CHEF / *EDITOR-IN-CHIEF*: Jean-Philippe Siblet

ASSISTANTE DE RÉDACTION / *ASSISTANT EDITORS*: Sarah Figuet (naturae@mnhn.fr)

MISE EN PAGE / *PAGE LAYOUT*: Sarah Figuet

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC BOARD*:

Luc Abbadie (UPMC, Paris)
Luc Barbier (Parc naturel régional des caps et marais d'Opale, Colembert)
Aurélien Besnard (CEFE, Montpellier)
Vincent Boulet (Expert indépendant flore/végétation, Frugières-le-Pin)
Hervé Brustel (École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse)
Audrey Coreau (AgroParis Tech, Paris)
Bernard Deceuninck (LPO, Rochefort)
Patrick De Wever (MNHN, Paris)
Thierry Dutoit (UMR CNRS IMBE, Avignon)
Éric Feunteun (MNHN, Dinard)
Romain Garrouste (ISYEB, Paris)
Grégoire Gautier (Parc national des Cévennes, Florac)
Olivier Gilg (Réserves naturelles de France, Dijon)
Frédéric Gosselin (Irstea, Nogent sur Vernisson)
Frédéric Hendoux (MNHN, Paris)
Xavier Houard (OPIE, Guyancourt)
Isabelle Leviol (MNHN, Paris)
Francis Meunier (Conservatoire d'espaces naturels – Picardie, Amiens)
Serge Muller (MNHN, Paris)
Francis Olivereau (DREAL Centre, Orléans)
Laurent Poncet (MNHN, Paris)
Nicolas Poulet (ONEMA, Toulouse)
Jean-Philippe Siblet (MNHN, Paris)
Laurent Tillon (ONF, Paris)
Julien Touroult (MNHN, Paris)

Naturae est une revue publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris
Naturae is a journal published by the Museum Science Press, Paris

Naturae est distribuée en Open Access sur le site web des Publications scientifiques du Muséum:
<http://www.revue-naturae.fr>

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi:
The Museum Science Press also publish:

European Journal of Taxonomy
Revue électronique / *Electronic journal* – <http://www.europeanjournaloftaxonomy.eu>

Adansonia
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 71,09 €; Particuliers / *Individuals*: 35,55 €

Anthropozoologica
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 52,13 €; Particuliers / *Individuals*: 26,07 €

Geodiversitas
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 146,91 €; Particuliers / *Individuals*: 73,46 €

Zoosystema
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 146,91 €; Particuliers / *Individuals*: 73,46 €

Trame verte et bleue: bilan des besoins, enjeux et actions de connaissance identifiés par les Schémas régionaux de cohérence écologique

Romain SORDELLO

Muséum national d'Histoire naturelle
57 rue Cuvier, chez le Conservatoire botanique national du Bassin parisien
Case postale 53, F-75231 Paris Cedex 05 (France)
sordello@mnhn.fr

Publié le 26 juillet 2017

Sordello R. 2017. — Trame verte et bleue: bilan des besoins, enjeux et actions de connaissance identifiés par les Schémas régionaux de cohérence écologique. *Naturae* 10: 1-22

RÉSUMÉ

La Trame verte et bleue (TVB) est une politique française du ministère de l'Environnement visant à préserver et restaurer un réseau de continuités écologiques, notamment à l'échelle régionale par l'intermédiaire des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE). Pour ce faire, des connaissances sont nécessaires, à la fois fondamentales et pratiques. Ce travail présente un bilan des lacunes, enjeux et actions de connaissance mis en évidence par les SRCE. Une catégorisation par thème a permis de relever les éléments récurrents sur l'ensemble des régions. Les besoins en connaissance primaire (espèces, habitats naturels, etc.) s'avèrent très importants. Ils relèvent à la fois de l'acquisition de connaissances nouvelles et d'une meilleure organisation des informations existantes. Ils concernent par ailleurs des données et des connaissances fondamentales. Ces manques ont contraint l'identification des continuités écologiques régionales. De même, la qualification de leur fonctionnalité et le repérage des obstacles nécessitent des connaissances qui ont souvent fait défaut. Plusieurs thèmes ressortent également comme fortement concernés par des besoins ou des actions. En premier lieu viennent les infrastructures de transport puis le changement climatique, les espèces exotiques envahissantes, les voies de migration de l'avifaune ou encore la pollution lumineuse. Cet état des lieux offre une vue d'ensemble sur les besoins de connaissance pour établir, préciser et mettre en œuvre la TVB à l'échelle des 21 ex-régions métropolitaines. À ce titre, il peut être utile aux équipes de recherche ou à celles impliquées dans le transfert de connaissances, aux programmes producteurs de données ainsi qu'aux organismes porteurs d'appels à projet.

MOTS CLÉS
Réseau écologique,
corridor,
réservoir de biodiversité,
politique publique,
manque de connaissance.

ABSTRACT

French regional green and blue infrastructures: which knowledge gaps, issues and actions did they point out?
The "Trame verte et bleue" is a french policy that the Ministry of the Environment in France started in 2007 to protect and restore a national ecological network. This network, composed by cores and corridors, is designed at different territorial levels and particularly at the regional one, with a plan – named Schéma régional de cohérence écologique (SRCE). For this purpose, fundamental and operational knowledge are both needed. This work presents the knowledge gaps and the actions for knowledge acquisitions that all the SRCE listed. All those elements have been classified according to their subject matter to have an overview of the whole needs at the national scale. The results show that knowledge about species, natural habitats or ecosystems is really needed by the majority of the regions in France. Both data (repartition, abundance, etc.) and functional knowledge

KEY WORDS
Ecological network,
corridor,
reservoir of biodiversity,
public policy,
knowledge gap.

(dispersal distances, movement behavior, etc.) are lacking. The lacks also concern new knowledge to be acquired and existing knowledge to be better shared and broadcast. Those knowledge gaps limited the capacity of the regions to design their ecological network. The regions also encountered difficulties in qualifying the ecological functionality of their network and in identifying obstacles. Many particular topics are also highlighted by the SRCE because of their knowledge gaps, such as linear transport infrastructures, climate change, exotic species, bird migration corridors or even light pollution. This work gives an overview of the knowledge requirements to design, protect and restore ecological networks in France. It can be useful for data producers, researchers or organisms that could launch call for projects.

INTRODUCTION

La réduction et le morcellement des milieux naturels font partie des causes majeures de dégradation de la biodiversité (Krauss *et al.* 2010 ; Murphy *et al.* 2016 ; Torres *et al.* 2016). Face à ces pressions, les réseaux écologiques, associant des zones cœurs et des corridors écologiques, sont devenus une réponse fondamentale pour la conservation des espèces et des écosystèmes (Jongman 1995 ; Opdam *et al.* 2006). Ils constituent également une des principales préconisations pratiques envisagées pour favoriser l'adaptation de la biodiversité face au changement climatique (Heller & Zavaleta 2009 ; Krosby *et al.* 2010 ; Rüter *et al.* 2014). À partir des premiers travaux d'écologie du paysage, de telles approches étaient encouragées dès 1992 par la Directive Habitats-Faune-Flore et dans le cadre de la Convention de Berne (1979) via le réseau pan-européen. En France, la Trame verte et bleue (TVB) est une politique publique récente, initiée par le Grenelle de l'environnement (2007), visant à construire un réseau écologique pour lutter contre la fragmentation des habitats naturels. Plus largement, son objectif est d'intégrer la biodiversité à l'aménagement du territoire via la notion de continuités écologiques. Cette politique se décline à trois échelles :

- nationale, par l'intermédiaire des « Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques » dites « ON TVB », qui définissent des enjeux écologiques pour assurer une cohérence nationale de la TVB ;
- régionale, par l'intermédiaire des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) pilotés conjointement par l'État et la Région ;
- locale, sur la base des documents d'urbanisme (Plans locaux d'urbanisme, Schémas de cohérence territoriale, etc.) qui doivent intégrer les enjeux de continuités écologiques propres à leur territoire. Dans certaines régions (en Centre par exemple), il existe aussi des documents à l'échelle des pays.

Le Code de l'environnement stipule que les plans et programmes des collectivités doivent prendre en compte les SRCE et que les SRCE doivent prendre en compte les ON TVB (ici la notion de prise en compte est donc juridique, s'inscrivant dans la série des niveaux d'opposabilités, du plus faible au plus fort : prise en compte << compatibilité << conformité).

LA CONNAISSANCE DANS LA TVB

La TVB est productrice de connaissances nouvelles, synthétiques, puisqu'elle vise à définir un réseau constitué de corridors écologiques et de réservoirs de biodiversité. Pour ce faire, elle nécessite elle-même une connaissance préalable dans des domaines variés.

Au sein du SRCE, cette connaissance est rassemblée dans le volet du diagnostic, qui a vocation à « permettre de disposer d'une connaissance partagée pour l'élaboration du schéma dans les domaines de la biodiversité, de l'eau, des paysages, mais aussi en termes d'activités socio-économiques et d'aménagement du territoire », comme le mentionnent les ON TVB.

L'élaboration d'un SRCE mobilise donc, selon le modèle état-pression-réponse (Levrel *et al.* 2009) :

- des connaissances sur l'état de la biodiversité et la distribution des éléments de biodiversité (e.g. données d'observation d'espèces, relevés de communautés, cartographies d'habitats ou d'occupation du sol) ;
- des connaissances sur les pressions (e.g. cartographies de pollution, réseaux d'infrastructures) ;
- des connaissances sur les réponses (e.g. localisation des aires protégées).

Ces besoins doivent aussi se décliner en connaissances d'aspects fonctionnels (distances de dispersion, comportement des espèces, etc.) ou méthodologiques (outils de modélisation, indicateurs, etc.).

Ces besoins en connaissance s'avèrent donc vastes alors que, dans le même temps, la TVB ne constitue pas un programme d'acquisition de connaissances, comme le sont les Zones naturelles d'Intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) ou les Atlas de la Biodiversité des Communes (ABC). L'identification des continuités écologiques (au sens large, incluant leur localisation, la qualification de leur fonctionnalité ou encore l'attribution de leurs objectifs de préservation/restauration, etc.) dépend ainsi directement des possibilités offertes par l'état actuel des connaissances sur ces différents thèmes.

LACUNES ET ACTIONS DE CONNAISSANCE

Ces dernières années, la production et l'organisation des connaissances se sont nettement améliorées. Cela est vrai en particulier concernant les données, aux niveaux national et régional, dans le cadre du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP), de l'Observatoire national de la Biodiversité (ONB) et des

Observatoires régionaux de la Biodiversité (ORB). Néanmoins, compte tenu des besoins larges de la TVB évoqués précédemment et de la nouveauté – dans la sphère opérationnelle – de certaines notions abordées par cette politique (changement d'échelle, connectivité structurelle et fonctionnelle, etc.), l'élaboration des SRCE a été confrontée à des lacunes de connaissance. Le SRCE Poitou-Charentes le souligne ainsi en indiquant que « de nombreuses lacunes persistent et les connaissances disponibles souffrent de limites à l'échelle tant régionale que locale ». Comme le mentionnent les ON TVB, « le diagnostic est notamment fondé sur l'analyse des connaissances scientifiques, informations et données disponibles au moment de sa réalisation » et ces orientations ne prévoyaient pas d'inventaires de terrain ni de programmes de recherche complémentaires.

Ces lacunes de connaissance ont donc constitué un frein pour les travaux régionaux. Dans le même temps, leur repérage est un des rôles du SRCE. Les ON TVB stipulent en effet que « le diagnostic identifie également les éventuelles lacunes de connaissance sur certaines parties du territoire régional ou sur certaines thématiques ».

Cette identification des lacunes est une étape indispensable pour espérer pouvoir les combler. Le dispositif TVB s'inscrit en effet dans une démarche d'amélioration continue puisque les SRCE (et prochainement les Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), qui intégreront les SRCE) sont amenés à être révisés régulièrement. En ce sens, il est opportun de consolider les connaissances entre chaque révision et, pour cela, il est nécessaire de connaître les besoins. Comme le souligne le SRCE Auvergne, « il en va de l'amélioration de l'efficacité de l'action publique en faveur de la biodiversité et de la Trame verte et bleue ». C'est dans ce but que l'article R371-28 du Code de l'environnement demande à ce que le plan d'action stratégique des SRCE présente « les efforts de connaissance à mener, notamment en vue de l'évaluation de la mise en œuvre du schéma ». Et ces efforts de connaissance doivent être identifiés « sur la base des lacunes identifiées dans le diagnostic du territoire régional » (extrait des ON TVB).

En résumé, le rôle donné au SRCE vis-à-vis des lacunes de connaissance est donc double :

- les identifier, en particulier par le biais du diagnostic ;
- planifier de les combler, en particulier par le biais du plan d'action stratégique.

Cet article présente le fruit d'un travail d'analyse documentaire sur les SRCE, effectué par le MNHN, dans le cadre du centre de ressources TVB, destiné à répertorier les lacunes, les enjeux et les actions de connaissance que les SRCE eux-mêmes ont mis en avant (Sordello 2016a).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'ensemble des SRCE métropolitains (ils ont été élaborés sur les anciens périmètres régionaux, soit sur 21 régions métropolitaines) ont été considérés pour cet exercice : les 20 SRCE adoptés ainsi que les documents de travail pour le SRCE de Picardie qui n'a pas été adopté.

ÉLÉMENTS RÉFÉRENCÉS

Les documents ont été parcourus de manière à référencer :

- les lacunes de connaissance et les enjeux associés, identifiés par les SRCE. Les lacunes sont les manques et limites de connaissance auxquels les équipes régionales chargées des SRCE ont dû faire face. Les enjeux, quant à eux, expriment ce qu'il serait nécessaire d'acquérir ou d'approfondir en termes de connaissance. Ils constituent ainsi un intermédiaire entre les manques (constat) et les actions (opérationnel). Pour cette partie, les volets « diagnostic » et « composantes de la TVB » ont été examinés pour y rechercher les éventuelles références à des manques ou des limites ;
- les actions de connaissance. Pour cela, ce sont essentiellement les plans d'actions stratégiques des SRCE qui ont été analysés pour rechercher les actions de connaissance prévues. Néanmoins, certaines prescriptions sont parfois incluses dans les autres volets du SRCE et lorsqu'elles ont été repérées, à la lecture d'ensemble des SRCE, celles-ci ont également été référencées.

Il faut noter que la notion « d'action » s'est révélée variable d'un SRCE à un autre. Pour certains SRCE, les actions sont bien définies, dissociées les unes des autres et relativement opérationnelles. Pour d'autres SRCE, il s'agit davantage d'une liste de grandes priorités ou d'initiatives à envisager, sans portée véritablement opérationnelle. Ici, la notion d'action a donc été prise au sens large pour englober les différences d'approches entre SRCE.

Qu'il s'agisse d'actions ou de lacunes, les éléments trouvés ont été répertoriés dans un tableur permettant de les catégoriser.

CATÉGORISATION EN DIFFÉRENTS THÈMES

Un thème a été associé à chaque lacune, enjeu ou action de connaissance répertorié. C'est en prenant du recul sur l'ensemble des actions et lacunes qu'une liste de thèmes a été définie, au fil du travail, de manière à ne pas avoir au final un nombre de thèmes trop important et à choisir des thèmes opérationnels pour l'exploitation ultérieure. Ces thèmes ne sont pas imperméables entre eux et cette catégorisation reste indicative. Quand une lacune ou une action couvrirait potentiellement plusieurs thèmes, celle-ci a été rattachée à un seul de ces thèmes – celui jugé comme principal – de manière à ne pas la compter deux fois.

Tous les thèmes ont ensuite été regroupés en trois grands champs de connaissance (Tableau 1) :

- les connaissances sur la biodiversité c'est-à-dire sur les espèces, les habitats naturels et les milieux (ainsi que l'occupation du sol qui a également été traitée dans ce champ). Cette connaissance porte sur des données spatiales (distribution ou cartographie de la présence ou de l'abondance d'espèces, d'habitats, etc.) et sur des aspects fonctionnels (comportement, distances de dispersion, etc.) ;
- les connaissances sur les continuités écologiques, c'est-à-dire à la fois, leur identification et la qualification de leur fonctionnalité en vue des objectifs à appliquer (préservation, restauration), tel que le prévoyait le cadre national de la TVB. Les espaces de mobilité des cours d'eau ont aussi été inclus dans ce thème puisque leur intégration était demandée par les ON TVB, de même que les obstacles (points de conflits) dont la localisation/caractérisation dans le SRCE faisait, elle aussi, partie des prescriptions du cadre réglementaire de la TVB ;

TABEAU 1. — Liste des thèmes auxquels ont été rattachés les lacunes, enjeux et actions de connaissance identifiés dans les Schémas régionaux de cohérence écologique.

Grand champ de connaissance	Thème
Connaissances sur la biodiversité	Biodiversité globale Espèces Habitats naturels Milieux Occupation du sol
Connaissances sur les continuités écologiques	Identification des continuités écologiques Espaces de mobilité des cours d'eau Fonctionnalité des continuités écologiques Identification des points de conflits/obstacles aux continuités Déclinaison/Prise en compte des continuités écologiques Indicateurs de suivi et d'évaluation
Connaissances thématiques	Activités humaines Changement climatique Compensation Eau Espèces exotiques envahissantes Foncier Génie écologique Infrastructures linéaires de transport (ILT) – Généralités Infrastructures linéaires de transport (ILT) – Collisions Infrastructures linéaires de transport (ILT) – Passages à faune Interrégional/Transfrontalier Migration avifaune/Trame aérienne Paysage Pollution lumineuse et sonore Rôle social et sociétal des continuités écologiques Services écosystémiques Sols Toitures végétalisées

– les connaissances thématiques, c'est-à-dire les connaissances portant sur des domaines précis de pressions ou de réponses vis-à-vis des continuités écologiques. Il s'agit de thèmes à part entière appréhendés, parfois depuis peu, sous l'angle des réseaux écologiques (changement climatique, pollution lumineuse, génie écologique, etc.). Ici, ces aspects peuvent être « absolus » (impacts, retours d'expériences, etc.) ou « relatifs », c'est-à-dire spécifiques à la trame régionale.

RÉSULTATS

La Figure 1 restitue le nombre de régions ayant fait part de lacunes, d'enjeux ou d'actions pour chacun des thèmes. L'Annexe 1 expose une synthèse des lacunes, enjeux et actions pour chaque thème avec les régions concernées. Les résultats bruts peuvent quant à eux être consultés dans Sordello (2016a).

CONNAISSANCES SUR LA BIODIVERSITÉ

Les manques exprimés dans ce champ de connaissance sont prononcés et partagés par la plupart des régions. Des difficultés liées aux connaissances naturalistes élémentaires (distribution des espèces et des habitats) mais aussi aux milieux, voire concernant les cartes d'occupation du sol, ont en effet été soulignées dans de nombreux SRCE. Les enjeux et les actions concernent l'acquisition de connaissances nouvelles et, selon les thèmes, l'organisation (structuration et partage) des données déjà existantes pour une meilleure mise à disposition opérationnelle.

Par exemple, pour le thème « Biodiversité globale », 70 % des actions ne visent pas l'acquisition de nouvelles données mais l'organisation des données existantes, notamment via le déploiement du SINP ou le développement d'ORB.

Les difficultés propres aux données révèlent, d'après les SRCE, à la fois un manque réel de données (vraies lacunes), par exemple en matière de cartographie d'habitats, des problèmes d'accès (données non partagées ou partagées avec une précision dégradée) et des problèmes d'exploitabilité (prospections non homogènes sur l'ensemble du territoire régional, protocoles non documentés, etc.).

Les besoins les plus importants dans ce champ de connaissance concernent les milieux naturels, avec trois types de besoins :
– en données, pour connaître finement et précisément la répartition de ces milieux à l'échelle régionale ;
– en connaissances plus qualitatives liées à la gestion de ces milieux (ressource forestière mobilisable, pratiques de gestion, etc.) ;
– en connaissances sur l'état écologique de ces milieux et leurs interactions avec les continuités écologiques.

Ces carences sont très fréquemment mises en avant pour les milieux humides (40 % des régions environ).

Les actions se rapportant aux milieux naturels visent majoritairement à combler les lacunes en termes de répartition de ces milieux et en allant parfois jusqu'à souhaiter qualifier leur état de conservation. Plus marginalement, certaines actions ont pour but de mieux comprendre comment ces milieux fonctionnent sur un plan écologique (Franche-Comté,

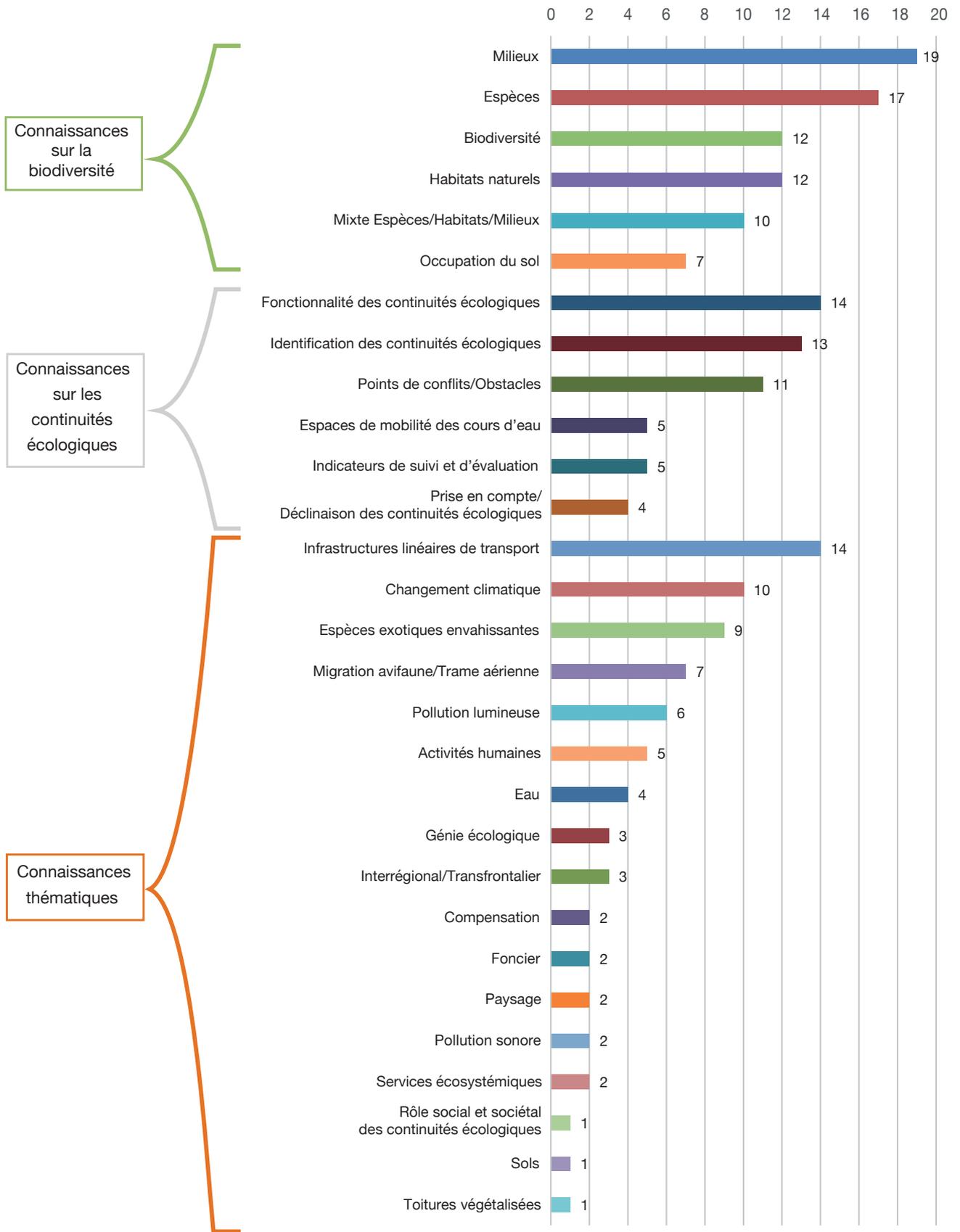


Fig. 1. — Pour chacun des thèmes, nombre de régions ayant évoqué des besoins ou actions dans son Schéma régional de cohérence écologique.

Nord-Pas-de-Calais, Rhône-Alpes) et en particulier quelle contribution à la perméabilité globale ces milieux apportent-ils (par exemple en Nord-Pas-de-Calais ou en Rhône-Alpes pour les milieux agricoles ou en Languedoc-Roussillon pour les milieux urbains).

Là encore, les milieux concernés par ces actions sont les milieux humides (50 % des SRCE au total et 80 % des SRCE ayant des actions sur la connaissance des milieux), suivis des milieux agricoles (un tiers des SRCE environ).

Qu'il s'agisse de besoins ou d'actions, le sujet ne porte pas toujours sur l'acquisition de nouvelles données, il peut aussi s'agir de l'actualisation de données existantes (e.g. « contribuer à l'actualisation du référentiel hydrographique français » en Pays-de-Loire) ou des aspects d'organisation et d'homogénéisation pour permettre une meilleure exploitation (e.g. « besoin de poursuivre les efforts d'amélioration des connaissances pour disposer d'une cartographie des milieux humides la plus complète et homogène possible sur la région » en Midi-Pyrénées).

Des manques vis-à-vis de la connaissance de l'occupation du sol (OS) ressortent également et concernent :

- l'absence de données d'OS d'échelle adaptée (région) ou avec une couverture suffisamment homogène sur tout le territoire (e.g. « disponibilité d'une information fine et homogène d'occupation du sol, géoréférencée » en Centre-Val-de-Loire) ;

- l'ancienneté des données disponibles (délai d'actualisation des cartographies d'OS en décalage avec l'élaboration du SRCE) (e.g. « des secteurs sont susceptibles de voir leur occupation du sol évoluer dans un pas de temps assez rapide, voire d'avoir déjà évolué [car] les données utilisées à l'échelle régionale sont plus ou moins récentes » en Aquitaine) ;

- des aspects plus conceptuels dans l'élaboration des typologies d'OS (e.g. « les frontières entre milieux ouverts et semi-ouverts, mais également entre milieux semi-ouverts et fermés » en Midi-Pyrénées).

En termes d'actions visant l'occupation du sol, quatre SRCE en contiennent. Elles ont pour but essentiellement d'établir une cartographie d'occupation du sol plus fine que celle qui existe déjà, pour une exploitation cohérente à l'échelle régionale (e.g. « caractérisation de l'occupation du sol à l'échelle régionale » en Basse-Normandie). Dans certains cas, une approche plus qualitative (évolution, évaluation, etc.) est annoncée (e.g. « analyse prospective de l'évolution de l'occupation du sol pour évaluer les changements d'affectation des espaces naturels et semi-naturels » en Bourgogne).

Sur les habitats naturels et les végétations, la cartographie régionale de leur répartition ressort comme très lacunaire. Les SRCE ont donc pointé ce manque (e.g. « À ce jour, aucune base de données cartographique nationale ou couvrant l'ensemble de la région Aquitaine ne concerne les habitats naturels ou les écosystèmes qui la constituent » en Aquitaine) et leurs actions portent essentiellement sur ce point d'amélioration (e.g. « Action connaissances B 6.1 – Réaliser une cartographie régionale des habitats naturels et semi-naturels » en Bretagne). Cependant, ces aspects ressortent moins fréquemment que pour les grands types de milieux et que pour l'occupation du sol (Fig. 1).

Les besoins concernant les espèces sont également fortement soulignés par les SRCE. Les carences pointées concernent à la fois :

- les données naturalistes (comme la répartition, e.g. « la difficulté à mobiliser des données espèces géo-localisées valides » en Franche-Comté) ;
- les connaissances fondamentales comme les traits de vie, les comportements de déplacement ou la sensibilité à la fragmentation (e.g. « manque de connaissances sur la biologie et le déplacement des espèces » en Haute-Normandie) ;
- des aspects mixtes ou bien des besoins généraux sans plus de précisions (e.g. « le premier obstacle à la cartographie des réseaux écologiques porte sur les connaissances disponibles sur les espèces » en Bourgogne).

Les groupes taxonomiques cités comme les plus concernés par ces carences sont les Crustacés, les Araignées, certains taxons d'Insectes (Coléoptères, Hyménoptères, Orthoptères, Plécoptères, Éphéméroptères, Trichoptères et Névroptères), les Amphibiens, la Flore en général avec certains taxons en particulier (Ptéridophytes) et la Fonge.

Les actions sur la connaissance des espèces se situent en miroir de ces besoins en visant :

- la répartition : pour acquérir et partager des données naturalistes précises et localisées pour divers taxons (e.g. « engager des programmes d'inventaires sur les espèces du SRCE pour lesquelles des lacunes de connaissance ont été notées » en Île-de-France ou « favoriser le développement d'un observatoire régional faune/flore organisant et valorisant les données collectées à l'échelle des structures agissant localement » en Poitou-Charentes) ou pour connaître la dynamique temporelle via des suivis (e.g. « Action connaissances B 9.1 – Mettre en œuvre des actions de suivi et d'amélioration des connaissances sur les espèces aquatiques et semi-aquatiques » en Bretagne) ;
- les traits de vie d'espèces par rapport à leur déplacement pour augmenter la connaissance fondamentale (capacité de dispersion, etc.) à travers des programmes de recherche ou des études de terrain (e.g. « A22 – poursuivre l'amélioration des connaissances sur les comportements et les déplacements des espèces terrestres et aquatiques » en Midi-Pyrénées) ;
- des interactions entre trames et espèces comme « étudier l'effet du SRCE sur la répartition et les populations des espèces » en Haute-Normandie, « renforcer la connaissance sur le rôle des espaces agricoles vis-à-vis de la circulation des espèces » en Bretagne ou encore « favoriser l'émergence et la diffusion d'études sur l'impact des cervidés et suidés sur la biodiversité » en Lorraine.

CONNAISSANCES SUR LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

L'identification des continuités écologiques régionales constituait le cœur de la démarche de SRCE. En effet, l'objectif premier de la TVB est d'identifier un réseau écologique existant, à préserver ou à restaurer ensuite, selon une approche par sous-trame c'est-à-dire par sous-réseaux écologiques (milieux boisés, milieux ouverts, milieux humides, cours d'eau, milieux littoraux le cas échéant). La région disposait pour cela d'une liberté totale de méthodes, méthodes qu'elle devait exposer dans le volet « composantes de la TVB » et les continuités écologiques devaient ensuite être représentées cartographiquement dans l'atlas du SRCE.

Or, sur cette étape fondamentale d'identification même des continuités, les résultats montrent *in fine* qu'un tiers des régions environ se sont heurtées à des lacunes ou ont noté des enjeux de connaissance. On retrouve ainsi des difficultés d'ordre pratique du fait de l'état des connaissances nécessaires en entrée (e.g. « difficultés voire incohérences liées à la définition de réservoirs régionaux de biodiversité par sous-trame, dans l'état actuel des connaissances disponibles et homogènes sur l'ensemble de la région » en Bretagne) ou d'ordre conceptuel (e.g. « l'état des connaissances théoriques sur le concept même de réseau écologique reste encore aujourd'hui limité » en Midi-Pyrénées). Ces manques ont parfois obligé les régions à diminuer leur niveau d'ambition (e.g. « il n'a pas été possible de donner une traduction dans le présent SRCE sur la distinction entre réservoirs de biodiversité et corridors écologiques pour les zones humides » en Midi-Pyrénées).

Les actions sur ces aspects portent ainsi à la fois sur :

- une précision ou un approfondissement des continuités écologiques identifiées (e.g. « affiner les réservoirs de biodiversité en fonction des espèces réellement présentes (réactualisation de la connaissance) et des frayères » en Pays-de-la-Loire) ;
- l'identification de continuités écologiques nouvelles : pour des milieux particuliers comme les milieux agricoles (e.g. « 1.1.3 – améliorer les connaissances sur la biodiversité et les potentialités de continuités écologiques dans les secteurs de grandes cultures » en Aquitaine) ou les zones urbaines (e.g. « Objectif 5.5 – améliorer la connaissance de la Trame verte et bleue urbaine et péri-urbaine » en Rhône-Alpes) ou pour des types de continuités écologiques spécifiques qui, bien que demandés par le cadre national, n'ont pas pu être couverts lors de cette première génération de SRCE tels que les connexions littorales (e.g. « Action connaissances B 12.1 – améliorer les connaissances sur les connexions entre milieux littoraux et milieux intérieurs » en Bretagne).

Ces actions peuvent aussi viser le développement ou la diffusion de méthodes (modélisations, algorithmes) destinées à identifier les continuités écologiques (e.g. « Action A2 : améliorer les méthodes d'identification et de hiérarchisation des continuités écologiques » en Picardie).

Les besoins et actions portant sur les espaces de mobilité des cours d'eau ont aussi été regroupés dans ce champ de connaissance sur les continuités écologiques. En effet, leur intégration dans la trame régionale était elle-aussi demandée par les ON TVB sur la base de la connaissance existante (« Il est fortement recommandé d'intégrer les espaces de mobilité des cours d'eau déjà identifiés sur la base d'études d'hydromorphologie fluviale », ON TVB) ainsi que leur représentation sur les cartes de l'atlas du SRCE (ON TVB). Le bilan effectué ici montre que ce point a constitué lui-aussi une difficulté du fait d'un manque de connaissances pour intégrer ces éléments (e.g. « en l'état actuel des connaissances, ces espaces [de mobilités] n'ont donc pas été intégrés à la trame bleue » en Centre). Finalement, les régions ont plutôt prévu de cartographier ces espaces de mobilités à travers la mise en œuvre du SRCE, en prévoyant des actions spécifiques pour cela (e.g. « IV.4 – cartographier les espaces de divagation des cours d'eau » en Auvergne).

L'autre aspect majeur dans ce champ de connaissance concerne la fonctionnalité des continuités écologiques, c'est-à-dire le fait que celles-ci assurent réellement une continuité fonctionnelle (déplacements d'individus, échanges génétiques) et pas uniquement structurelle. Le cadre national de la TVB demandait en effet que les SRCE attribuent des objectifs de préservation ou de restauration des continuités écologiques identifiées sur la base de leur fonctionnalité actuelle (optimale ou partielle).

Sur ce point, un tiers des régions disent avoir rencontré des difficultés liées à la connaissance pour qualifier la fonctionnalité des continuités écologiques, ce qui les a souvent amenées à leur attribuer ensuite des objectifs par défaut (e.g. « compte tenu de la méthodologie appliquée et d'une connaissance territoriale très hétérogène, il est considéré que l'ensemble des réservoirs est à préserver » en Bourgogne) ou mixtes (e.g. « au regard de l'état insuffisant des connaissances pour qualifier leur niveau de fonctionnalité et leur état de conservation, se sont vus associer l'objectif double "à préserver ou à remettre en bon état" » en Rhône-Alpes).

Les problèmes évoqués concernent un manque de données (e.g. « l'absence de données a conduit à attribuer un objectif de préservation, mais cela ne permet effectivement pas d'affirmer le bon état, ni la nécessité de restauration » en Limousin), des données pas suffisamment précises (e.g. « en l'absence d'éléments de connaissance suffisamment précis à l'échelle régionale, ces deux critères (les dimensions du corridor, la présence d'éléments fragmentants) n'ont pas été retenus comme discriminant pour la qualification des corridors (entre ceux à préserver et ceux à remettre en bon état fonctionnel) » en Alsace) ou encore l'absence d'études scientifiques sur ces aspects (e.g. « les connaissances scientifiques sur le fonctionnement d'un tel réseau sont encore limitées » en Midi-Pyrénées). Les continuités écologiques de certains milieux sont fléchées en particulier, comme les continuités de milieux bocagers (e.g. « l'analyse de la qualité et la fonctionnalité des milieux bocagers n'est pas possible en l'état des connaissances et d'après les données disponibles » en Limousin) ou souterrains (e.g. « l'absence de données et d'études sur le fonctionnement des continuités des milieux souterrains ou la difficulté à les mobiliser de manière cohérente » en Franche-Comté, et c'est aussi le cas en région Centre).

En lien avec ces lacunes, on retrouve de nombreuses actions destinées à progresser en la matière, soit sur le plan fondamental (connaissances théoriques ; e.g. « Action connaissances B 9.2 – améliorer les connaissances sur la perturbation des continuités écologiques liée aux aménagements des cours d'eau » en Bretagne) soit concrètement sur leur territoire régional (e.g. « Action 3.1 – évaluation de la fonctionnalité des réservoirs de biodiversité identifiés dans le SRCE » en Champagne-Ardenne).

L'identification des obstacles (points de conflits) était un autre point fort des prescriptions des ON TVB. En effet, leur localisation, leur caractérisation et leur hiérarchisation dans le SRCE étaient demandées, selon une méthode laissée libre et à exposer dans le volet « composantes de la TVB », avec une représentation cartographique dans l'atlas. Ce sujet des

« points de conflits » ressort moins que les précédents sur le plan des besoins de connaissance. Deux régions disent avoir fait face à des manques pour identifier ces obstacles (e.g. « à ce stade des travaux, la connaissance des zones de conflits reste partielle » en Poitou-Charentes) et trois régions ont relevé des enjeux sur ce thème (e.g. « identification précise des points de conflits et propositions d'aménagements » en Nord-Pas-de-Calais). Néanmoins, plus d'un tiers des SRCE prévoient des actions de connaissance sur ces points de conflits, à la fois terrestres et aquatiques. Ces actions visent à engager *stricto sensu* un repérage des obstacles (e.g. « E3.1.22 – recenser les points de rupture de continuité écologique sur les infrastructures de transport (énergie – routes – voies ferrées – canaux) » en Languedoc-Roussillon) ou à poursuivre les recensements engagés pour les compléter (e.g. « IV.2 – poursuivre le recensement des ouvrages sur cours d'eau et leur caractérisation » en Auvergne). Il peut aussi s'agir d'organiser les données déjà disponibles et leur collecte via des démarches collaboratives (e.g. « mettre en place une base de données collaborative sur les caractéristiques et la franchissabilité des ouvrages » en Lorraine). On note enfin que plusieurs actions intègrent une dimension opérationnelle en allant jusqu'à prévoir des propositions d'aménagement (e.g. « identification précise des points de conflits et propositions d'aménagements » en Nord-Pas-de-Calais).

Enfin, ce champ de connaissance sur les continuités écologiques comprenait également un thème sur les indicateurs de suivi et d'évaluation. Il ressort que ce thème a été peu rempli : un seul enjeu et cinq actions ont été répertoriés, concernant en tout cinq régions (Fig. 1). Les actions recensées portent sur des indicateurs relativement spécifiques pour les milieux agricoles et/ou forestiers (e.g. « mettre en œuvre un jeu d'indicateurs pertinents pour suivre l'évolution des gros bois/très gros bois et de leurs intérêts écologiques » en Lorraine, « E4.1.34 – définir et suivre des indicateurs de biodiversité adaptés aux sous-trames forestière et agricole » en Languedoc-Roussillon), sur le suivi d'actions de restauration (e.g. « lors de la création d'un passage à faune [e.g. suivi par pièges photographiques et/ou pièges à empreintes des ouvrages existants, réaménagés et nouvellement créés] » en Île-de-France) ou sur l'évaluation de la prise en compte des continuités écologiques dans les plans et programmes (e.g. « G22 – améliorer les connaissances sur les méthodes de suivi-évaluation pour mesurer la bonne prise en compte de la TVB, dans les projets et la planification [définition d'indicateurs de moyens et de résultats] » en Midi-Pyrénées).

CONNAISSANCES THÉMATIQUES

Dans ce champ de connaissance, c'est le thème des infrastructures linéaires de transport (ILT) qui est le plus mis en avant dans les SRCE en termes de besoins ou actions de connaissance (par 14 régions, Fig. 1). Trois angles d'approches sont relevés :

– les impacts des ILT sur la biodiversité et les continuités écologiques : il s'agit d'une approche assez générale sur les ILT, avec le besoin de mieux apprécier leurs impacts, négatifs surtout, d'un point de vue transversal (e.g. « enjeux de connais-

sance sur les effets potentiels de coupure des infrastructures de transport et d'urbanisme » en Languedoc-Roussillon), et éventuellement positifs, sous l'angle des déplacements longitudinaux rarement abordés (e.g. « des études de ce type ne sont pas disponibles en Aquitaine [pour] déterminer le rôle du canal latéral à la Garonne comme corridor écologique régional, à l'instar de Midi-Pyrénées » en Aquitaine) ;

– les passages à faune : les besoins ou actions portent essentiellement sur un inventaire/cartographie de ces structures (e.g. « constituer un inventaire et une cartographie régionale des passages faunes et passages mixtes » en Île-de-France) et sur une meilleure évaluation de leur efficacité (e.g. « réaliser une étude sur les fonctionnements des passages à faune existants » en Haute-Normandie) ;

– les collisions : le manque provient de l'absence de relevés et de cartographies standardisés des données d'écrasement de la faune sur les ILT (e.g. « cartographie de la mortalité de la faune par collisions routières » en Champagne-Ardenne). Les actions visent donc à relever/cartographier les collisions faune/véhicules (e.g. « mettre en place une banque de données des zones de collisions avec la faune en concertation avec les gestionnaires des infrastructures linéaires [État, Conseils généraux, SNCF, RFF, VNF, etc.] » en Haute-Normandie).

Cinq thèmes se détachent ensuite, identifiés par cinq à dix régions en tant que lacunes et/ou via des actions prévues.

Le changement climatique (dix régions)

Les lacunes concernent surtout les impacts du changement climatique sur la biodiversité (e.g. « les connaissances de l'impact des changements climatiques sur la biodiversité et des adaptations à développer restent lacunaires » en Basse-Normandie) et en particulier l'incapacité à modéliser précisément les déplacements des aires de répartition des espèces en réaction au changement climatique (e.g. « il est impossible de faire des projections, en l'état actuel de nos connaissances [quant au déplacement des aires de répartition et aux modifications de l'abondance et de la richesse spécifique] » en Picardie).

Les actions visent la connaissance :

– des impacts du changement climatique sur la biodiversité et les continuités écologiques qu'il est nécessaire de mieux comprendre et suivre sur le long terme (e.g. « Action connaissances B 7.5 – contribuer à améliorer les connaissances des effets du changement climatique sur la biodiversité et les continuités écologiques » en Bretagne) ;

– des capacités d'adaptation de la biodiversité, sur les milieux les plus exposés (e.g. « Sous-objectif 4 – améliorer la connaissance des espèces et des milieux montagnards face au changement climatique » en Rhône-Alpes) ou par rapport à des milieux gérés (e.g. « OE3-6 – étudier les capacités d'adaptation des essences forestières et variétés cultivées franc-comtoises face au changement climatique » en Franche-Comté).

Des actions ont aussi pour but d'améliorer la prise en compte de cette thématique dans les pratiques de gestion (e.g. « Action A4 – améliorer la prise en compte des changements climatiques à venir dans les orientations et les pratiques de gestion des espaces » en Picardie).

Les espèces exotiques envahissantes (neuf régions)

Les lacunes et les enjeux concernent quasi exclusivement la répartition de ces espèces (e.g. « C4 – connaissance concernant la répartition des espèces végétales et animales invasives » en Basse-Normandie). Les actions visent pour certaines à mieux connaître la répartition des EEE et donc à accroître les données (e.g. « III.1 – améliorer la connaissance de la répartition des espèces exotiques envahissantes » en Auvergne). Les autres actions relèvent de l'acquisition de connaissances fondamentales avec comme but une meilleure compréhension des facultés d'adaptation des EEE et des facteurs de leur propagation, en particulier de leurs relations à la TVB (e.g. « Sous-objectif 3 – étudier les relations entre espèces invasives et Trame verte et bleue » en Rhône-Alpes). En Poitou-Charentes, cette action est étendue à la dispersion des pathogènes.

Les voies de migration de l'avifaune (sept régions)

Les régions ont pointé une mauvaise connaissance ou une connaissance partielle des voies de migration de l'avifaune (e.g. « certains enjeux de connectivité écologique n'ont pas pu être pris en compte [comme] les axes de déplacement des oiseaux, que ce soit en migration ou en déplacement local » en Bourgogne). Ce constat est parfois élargi aux déplacements de tous les animaux volants (trame aérienne), en lien avec le développement de l'éolien (e.g. « il n'existe pas à l'heure actuelle de carte ou d'étude identifiant des zones sensibles sur l'ensemble du territoire régional et tenant compte des différents types d'obstacles [éoliens, lignes électriques] » en Rhône-Alpes). À noter que dans deux régions (Centre et Franche-Comté) des réservoirs de biodiversité ont été identifiés pour les Chiroptères au sein d'une sous-trame dédiée aux milieux souterrains. Ces sous-trames ne comportent pas de corridors mais cette démarche permet d'ores et déjà d'attirer l'attention sur la spécificité de ces espèces volantes.

L'objectif des actions sur ce thème est :

- de préciser la localisation de ces voies migratoires (e.g. « Action connaissances B 6.5 – identifier, à l'échelle régionale, les grands couloirs de circulation aérienne de la faune » en Bretagne) avec comme but de définir une nouvelle trame (trame aérienne, e.g. « Sous-objectif 1 – cartographier la Trame aérienne pour la révision du SRCE » en Rhône-Alpes) ;
- de localiser les points de conflits entre ces couloirs migratoires et les activités humaines, en particulier l'éolien (e.g. « D22 – améliorer la connaissance de la vulnérabilité effective/avérée de la faune au développement des parcs éoliens par des comparaisons entre les états initiaux et après implantation » en Picardie).

La pollution lumineuse (six régions)

Les lacunes identifiées concernent :

- principalement l'absence de données de base pour une prise en compte de cette pollution, en particulier des données de pression (cartographie de pollution) (e.g. « la "sous-trame noire", nécessaire aux espèces lucifuges, mais qui ne pourra pas être cartographiée faute de connaissance suffisante sur les éclairages existants » en Haute-Normandie) ;

– sur la quantification des impacts de la lumière artificielle sur le vivant et sur les continuités écologiques (connaissances fondamentales) (e.g. « les connaissances relatives à cette problématique sont encore très partielles et la quantification de l'impact de cette pollution lumineuse sur les continuités écologiques reste encore à déterminer » en Midi-Pyrénées).

Les objectifs des actions sur ce thème sont :

- une meilleure compréhension des effets de la lumière artificielle sur le vivant et sur les continuités écologiques, en particulier de l'effet barrière (connaissances fondamentales) (e.g. « analyser l'impact de la pollution lumineuse sur la fonctionnalité des continuités » en Île-de-France) ;
- un approfondissement de la prise en compte de cette thématique dans la TVB avec comme objectif de définir une nouvelle trame (appelée « trame noire » par les régions, « trame nuit » en Provence-Alpes-Côte d'Azur). Dans deux régions (Bourgogne ; Provence-Alpes-Côte d'Azur) cette initiative est étendue à d'autres nouvelles trames qui pourraient se justifier elles-aussi au regard de pollutions : pollution sonore, pollution atmosphérique, etc. (e.g. « Piste d'action 16.6 – développement ou approfondissement de nouvelles recherches sur les différentes trames : Trame nuit, Trame son, magnétique, air » en Provence-Alpes-Côte d'Azur). On constate néanmoins que la connaissance sur la pollution sonore est moins mise en avant que celle sur la pollution lumineuse.

Les activités humaines (cinq régions)

Les lacunes, comme les enjeux et les actions prévus, relèvent essentiellement de connaissances fondamentales à propos des effets des activités humaines, prises au sens large, sur les espèces et la Trame verte et bleue (e.g. « mieux comprendre l'impact des activités sur la biodiversité » en Alsace ; « Action connaissances B 7.4 – améliorer les connaissances des effets des activités humaines sur les espèces et la Trame verte et bleue » en Bretagne). Autrement dit, ils visent l'évaluation des interactions entre activités socio-économiques, biodiversité et services écosystémiques (e.g. « OE3-4 – évaluer les interactions entre activités socio-économiques, biodiversité et services écosystémiques » en Franche-Comté). La plupart du temps ces activités ne sont pas explicitées dans le libellé des actions, il s'agit des activités humaines dans le sens le plus large. En revanche, dans le SRCE Lorraine ces actions sont plus précises et visent spécifiquement les carrières (e.g. « analyse de processus d'exploitation et mise en évidence des étapes ou méthodes défavorables à la continuité écologique et des marges de progrès »).

Les autres thèmes ont été évoqués de manière plus anecdotique, par moins de quatre régions :

- eau (e.g. « IV.1 – poursuivre le suivi de la qualité écologique des cours d'eau » en Auvergne) ;
- génie écologique (e.g. « Action connaissances B 8.3 – valoriser les retours d'expériences portant sur les actions de préservation et de restauration des continuités écologiques » en Bretagne) ;
- interrégional/transfrontalier (e.g. « connaissance du réseau écologique transfrontalier et interopérabilité des SIG » en Lorraine) ;

- compensation (e.g. « E2.1.11 – structurer, administrer et diffuser une base de données publique sur les mesures compensatoires » en Languedoc-Roussillon) ;
- foncier (e.g. « analyser les documents d'urbanisme pour évaluer la pression foncière future » en Haute-Normandie) ;
- paysage (e.g. « OE3-10 – développer la connaissance des paysages et des liens entre richesses écologiques et diversité des paysages » en Franche-Comté) ;
- services écosystémiques (e.g. « Action connaissances B 7.3 – caractériser et évaluer les services rendus par la biodiversité et par les continuités écologiques, au regard du contexte breton » en Bretagne).

On peut citer aussi très marginalement les sols, le rôle sociétal de la TVB et les toitures végétalisées.

DISCUSSION

CONNAISSANCES SUR LA BIODIVERSITÉ

L'ampleur des manques mis en avant sur la connaissance primaire paraît étonnante. En effet, la quantité des connaissances disponibles et leur partage n'ont jamais été aussi importants, en particulier pour les données de localisation des espèces. L'acquisition de ces connaissances s'appuie désormais sur le déploiement de plusieurs programmes (suivis participatifs, ZNIEFF, ABC, etc.) et sur un système de partage renforcé par le SINP (ministère l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie 2013). Cependant, il faut noter que la mise en place du SINP en région est récente et inégale selon les territoires et n'a probablement pas pu être pleinement mise à profit lors de l'établissement des SRCE, dont les premiers travaux ont démarré dès 2010 et parfois même avant.

Par ailleurs, ces besoins sont peut-être aussi à tempérer par le fait que les régions ont réussi, malgré ces lacunes, à produire leur SRCE. Autrement dit, la connaissance pourra toujours être meilleure, plus précise, plus vaste, plus actuelle.

Néanmoins, ces manques en données d'espèces ont concrètement limité les régions dans leur capacité à démontrer la prise en compte des espèces de cohérence nationale TVB. Le bilan du centre de ressources TVB effectué sur ce point montre en effet que les trois-quarts environ des SRCE font état de difficultés liées aux données naturalistes pour traiter les espèces de cohérence TVB (Sordello 2016b). Ces difficultés ont conduit certaines régions à renoncer à un croisement cartographique entre leur trame régionale et les répartitions biologiques pour démontrer la prise en compte de ces espèces. D'autres régions ont été contraintes de procéder à des démonstrations d'ambition différente selon les espèces en fonction des données disponibles.

Concernant les espèces, les actions des SRCE visant à améliorer la connaissance fondamentale sur les comportements de déplacement paraissent, là aussi, prioritaires. Les modélisations des corridors s'appuient en effet très souvent sur des coefficients établis à dire d'expert qu'il conviendrait de valider par des approches expérimentales (Zeller *et al.* 2012). Le travail mené par le MNHN et l'Office pour les insectes et leur environnement en 2012 et 2013 pour centraliser la connaissance bibliographique sur 39 des espèces de cohérence nationale TVB avait aussi

montré à quel point les traits de vie liés à la dispersion étaient méconnus pour de nombreux taxons (Sordello *et al.* 2013).

Les manques pointés par les SRCE s'expliquent également bien pour certains compartiments de la biodiversité qui s'avèrent effectivement sous-étudiés ou relativement « orphelins » dans le domaine de la conservation (notamment les Crustacés, les Araignées, certains taxons d'Insectes). En revanche, on peut relever que la place de la Flore dans les continuités écologiques n'est pas particulièrement ressortie comme un sujet à approfondir parmi les besoins exprimés par les régions. Les espèces végétales ne sont, en effet, pas désignées en tant que telles par les actions de connaissance portant sur les besoins de déplacements des espèces même si elles peuvent y être incluses implicitement. Pourtant ces aspects avaient été discutés lors de la rédaction des ON TVB et avaient fait l'objet d'une note bibliographique montrant les lacunes de connaissance (Chaurand 2011). Ce constat peut s'expliquer par le fait que les modèles d'identification des réservoirs et des corridors sont principalement construits par rapport à des comportements de déplacement de la faune (Zeller *et al.* 2012). Néanmoins, des exceptions existent, comme en région Centre où les habitats ont été considérés comme le meilleur niveau intégrateur. Dans cette région, une démarche prospective d'extrapolation des habitats par la présence d'espèces végétales (base Flora disposant d'une bonne couverture) a ainsi été menée avec succès par le Conservatoire botanique national du Bassin parisien.

Concernant les connaissances de type « cartographies d'écosystèmes » (au sens large : végétations, habitats, milieux et occupation du sol), très utiles pour un dispositif comme la TVB, les manques pointés paraissent de prime abord étonnants dans la mesure où il existe bien une carte d'occupation du sol sur l'ensemble du territoire (Corine Land Cover 2006). Néanmoins, le besoin de connaissance sur ce sujet est exprimé par plus d'un tiers des régions, probablement en lien avec la faible résolution spatiale et thématique de cette couche qui s'avère objectivement peu opérante à l'échelle de la complexité des déplacements d'espèces. L'outil opérationnel le plus demandé pour la TVB concerne la cartographie des milieux, c'est-à-dire une carte des formations végétales présentes (e.g. pelouses calcicoles, prairies mésophiles, etc.) de précision thématique intermédiaire entre l'occupation du sol et les habitats caractérisés par leur communauté végétale. Ce constat était exprimé dans l'enquête menée en 2015 sur les besoins opérationnels en matière de cartographie des habitats (Savio *et al.* 2015). Il est à noter également qu'aucune région n'a indiqué avoir utilisé la carte de végétation de France produite par le Centre national de la Recherche scientifique (CNRS), qui est pourtant le seul outil actuellement disponible à l'échelle nationale concernant les séries de végétations (Leguédou *et al.* 2011). Cela renforce l'idée qu'il manque une cartographie de niveau intermédiaire entre Corine Land Cover – qui n'est pas adaptée pour certains milieux, qui ne détecte pas les polygones de moins de 25 ha, et qui est une typologie d'usage des sols et non pas une typologie écologique – et des démarches basées sur des végétations qui *a contrario* sont peut-être trop précises pour le niveau d'approche de planification régionale du SRCE. Rappelons ici qu'un

programme de cartographie nationale des habitats (CarHAB) est justement en cours. Le fait que les milieux les plus mis en avant concernant les lacunes de connaissance soient les milieux humides renforce cette conclusion. En effet, ces types d'écosystèmes ne sont pas caractérisés par leur physionomie et ils ne sont donc pas facilement détectés par les approches utilisant des images aériennes (qu'utilise Corine Land Cover).

Au niveau des connaissances de type « primaire » alimentant directement la TVB, ce travail permet aussi d'identifier les besoins n'ayant pas été mis en avant par les SRCE et qui ne semblent donc pas nécessiter de complément d'information. À ce titre, on peut relever qu'aucune région n'a signalé de difficulté sur la connaissance des aires protégées et autres mesures de conservation par zonage (e.g. Natura 2000). Ce résultat montre que ces données sont aujourd'hui structurées et accessibles facilement ce qui est un point positif.

CONNAISSANCES SUR LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

Il peut paraître surprenant qu'autant de régions aient pointé des faiblesses de connaissance par rapport à l'identification des continuités écologiques. En effet, le bilan technique du centre de ressources TVB (Sordello *et al.* 2017) montre que toutes les régions sont parvenues à construire un réseau de corridors écologiques et de réservoirs de biodiversité par sous-trame. Ce constat permet ainsi de mettre en avant que la première génération des SRCE reste une version jugée perfectible du réseau écologique régional. Ce dernier doit encore être à la fois précisé (continuités écologiques identifiées à affiner) et complété (continuités écologiques potentielles à confirmer, nouveaux secteurs à examiner, etc.).

Sur le plan de la fonctionnalité des continuités écologiques, il est en revanche moins étonnant de constater autant de lacunes. Ce thème est en effet relativement récent dans la sphère scientifique et encore davantage dans la sphère opérationnelle comme l'a montré un premier rapport produit par le centre de ressources TVB sur ce sujet (Sordello *et al.* 2014a). Il était donc attendu que des difficultés se présentent pour qualifier concrètement le fonctionnement des continuités écologiques dans les SRCE. Dans le même temps, ce sujet est tout à fait central. Effectivement, les SRCE ont en majorité identifié leur trame à partir de modélisation basée sur la perméabilité du paysage (Sordello *et al.* 2017). Ces méthodes intègrent bien une dimension fonctionnelle car elles ne relèvent pas uniquement de la connectivité structurelle, grâce à la prise en compte des traits de vie alimentant ces modèles (Van Looy *et al.* 2014; Roy & De Blois 2006). Néanmoins, ces approches restent théoriques et ne sont pas validées, ou très exceptionnellement, par des vérifications de terrain pour confirmer que les continuités identifiées sont véritablement fonctionnelles pour les espèces et les flux biologiques en général. Or, l'objectif est précisément ici de discriminer les continuités entre elles de manière à différencier celles qui sont totalement fonctionnelles (à préserver en l'état) de celles qui le sont partiellement (à remettre en bon état). Cet exercice demande donc une évaluation poussée et pour cela, une confrontation à des données de terrain, postérieurement à la caractérisation théorique des continuités écologiques, paraît incontournable.

Nous pouvons préciser ici que, tout en restant dans le cadre des ON TVB qui demandaient d'identifier des corridors dans les SRCE, de nombreuses régions ont trouvé des moyens de terminologie et de sémiologie pour signifier leur degré d'incertitude quant à la localisation et/ou à la qualité des éléments de trames. À titre d'exemple, en région Centre, certains corridors ont été représentés par des polygones (et non pas des lignes) et nommés « Corridors diffus à préciser localement » et d'autres ont été désignés comme des « Corridors écologiques potentiels ». Ces éléments qui relèvent de l'atlas cartographique dépassent l'objectif du bilan présenté ici (qui reposait sur des lacunes identifiées par les textes des SRCE) ; néanmoins, ils constituent en eux-mêmes des révélateurs du manque de connaissance auquel les régions ont dû faire face.

Concernant l'identification des obstacles (points de conflits), celle-ci est peu mise en avant comme une difficulté par les SRCE. Cela n'exclut pas qu'elle ait pu tout de même en être une car de nombreux SRCE (plus d'un tiers) ont prévu des actions d'acquisition de connaissance sur ce sujet pour approfondir leur démarche. Dans le domaine aquatique, il existe d'ores et déjà le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE) et les régions l'ont utilisé pour leur SRCE. Cela explique que, pour la composante aquatique, les actions des SRCE sur les obstacles relèvent toutes de la poursuite et du renforcement des inventaires afin de compléter le recensement du ROE. Par ailleurs, d'autres actions sur les obstacles aquatiques dans les SRCE concernent des sous-thématiques qui ne sont pas couvertes par le ROE, comme les obstacles rivulaires (e.g. « réaliser l'inventaire des points noirs et notamment les points noirs rivulaires qui font obstacle à la continuité écologique sur les berges des cours d'eau » en Haute-Normandie), les étangs (e.g. « identifier les étangs obstacles pour les réservoirs/corridors (en particulier ceux situés en tête de bassin) sans usage spécifique et sans intérêt écologique majeur » en Lorraine) ou encore les obstacles littoraux (e.g. « E6.1.53 – inventorier et caractériser les ruptures de continuité sur le littoral (connexions mer-lagunes et lagunes -milieux tributaires) » en Languedoc-Roussillon). Pour les obstacles terrestres, la connaissance n'est pas actuellement organisée au niveau national et c'est probablement pour cette raison que les actions des SRCE visent ici toutes à engager *stricto sensu* des relevés d'obstacles terrestres.

Nous pouvons revenir ici au thème des indicateurs de suivi et d'évaluation des SRCE, pour lequel très peu d'éléments ont finalement été recensés dans ce bilan. Ce faible résultat peut être étonnant de prime abord car la veille menée par le centre de ressources TVB tout au long de l'élaboration des SRCE a permis de constater toutes les difficultés que les régions ont rencontrées pour construire des indicateurs de suivi et d'évaluation, et plus encore pour les alimenter. Ces démarches nécessitent en effet de la connaissance à la fois méthodologique (processus de construction des indicateurs à partir des questions évaluatives) et thématique (problématiques nécessitant d'être suivies, données pour l'alimentation des indicateurs, etc.). Nous aurions donc pu nous attendre à ce que les SRCE soulignent ces manques rencontrés et prévoient des actions pour consolider leur dispositif de suivi/évaluation. Si cela ne transparaît pas directement, c'est peut-être parce que ces aspects de suivi et

d'évaluation sont traités implicitement dans la majorité des autres thèmes de ce bilan (données d'espèces, données de pressions, etc.) sans que cela ne soit explicitement formulé ainsi dans les libellés des actions des SRCE. À titre d'exemple, le déploiement d'un protocole de relevé des collisions faune/véhicules a logiquement vocation à permettre d'évaluer l'effet fragmentant d'une route et, en ce sens, il est directement lié à la construction d'un tel indicateur. Nous pouvons donc conclure sur ce sujet en disant plutôt que les régions n'ont pas formulé dans leur SRCE d'actions de connaissance spécifiques à la démarche de suivi et d'évaluation au sens méthodologique, pour la construction même des indicateurs. Effectivement, les régions n'ont visiblement pas ressenti le besoin de prévoir des actions de connaissance sur la démarche de suivi et d'évaluation en elle-même, indépendamment des thèmes interrogés (processus des questions évaluatives, typologies de type pression/état/réponse, etc.).

CONNAISSANCES THÉMATIQUES

Dans ce champ de connaissance, il peut paraître à la fois étonnant et logique que le thème des ILT ressorte comme dominant. En effet, dès les années 1970, des écologues ont commencé à publier leur recherche sur les effets des routes comme barrières aux mouvements de la faune sauvage (Coffin 2007). Par conséquent, la connaissance scientifique est relativement établie et disponible depuis longtemps sur l'effet fragmentant des ILT. Néanmoins, des besoins opérationnels forts restent car concrètement peu de régions ont déjà référencé leurs passages à faune. La mise en place de relevés standardisés de collisions est également encore rare (Billon 2014). Par ailleurs, des questions nouvelles se posent sur ces infrastructures, notamment leur éventuel rôle de corridor longitudinal (Jeusset *et al.* 2016). Enfin, les ILT constituent un point central de la politique TVB et donc de la démarche des SRCE. Celles-ci sont, en effet, mises en avant dans les ON TVB à de nombreuses reprises (e.g. « la gestion des infrastructures existantes et l'analyse des projets d'infrastructures » constituent une des dix lignes directrices [3.9] de la TVB). Il est donc logique que les régions aient accordé à ces infrastructures une attention particulière qui peut dans le même temps exacerber l'émergence de difficultés ou la programmation d'actions.

D'autres thèmes font, quant à eux, partie des sujets émergents nouvellement appréhendés par la TVB et sont déjà bien identifiés comme tels par le centre de ressources TVB. Certains ont même fait l'objet de premiers travaux bibliographiques montrant les lacunes de connaissance, en particulier le changement climatique (Sordello *et al.* 2014b) et la pollution lumineuse (Sordello *et al.* 2014c). Ces rapports proposaient également des pistes de prise en compte de ces pressions en l'état des connaissances mais leur parution a été postérieure à la majorité des travaux des SRCE. Les bilans sur la prise en compte de ces deux thématiques dans les SRCE produits par le centre de ressources TVB confirment que les régions n'ont pas encore réellement investi ces sujets pour l'identification des continuités écologiques malgré une prise de conscience forte de ces enjeux (Sordello 2015a; Sordello 2015b).

En ce qui concerne le changement climatique, ses liens avec la fragmentation des habitats sont prouvés; la fragmentation des habitats limite en effet l'ajustement spatial des répartitions d'espèces (Hof *et al.* 2011; Opdam & Wascher 2004). La prise en compte du changement climatique dans les réseaux écologiques est donc un enjeu majeur (Heller & Zavaleta 2009), d'autant plus que ces derniers sont plébiscités pour être aussi un facteur de résilience et de résistance face aux changements globaux (Doerr *et al.* 2011; Leimu *et al.* 2010). Cette perspective était déjà portée par les ON TVB. Par exemple, « accompagner les évolutions du climat en permettant à une majorité d'espèces et d'habitats de s'adapter aux variations climatiques » constitue un des cinq objectifs de la TVB définis par les ON TVB. Néanmoins, le développement de méthodes pour la sphère opérationnelle est très récent ce qui explique les lacunes et les besoins d'action de connaissance listés dans les SRCE. La littérature préconise notamment d'orienter certains corridors en fonction des déplacements des aires de répartitions des espèces, qui eux-mêmes sont liés aux déplacements des enveloppes climatiques (Nunez *et al.* 2013) en longitude et en altitude (Townsend & Masters 2015). Il est donc nécessaire de disposer de projections fiables sur ces déplacements, comme le mentionnent les SRCE. À ce sujet, l'échelle régionale est alors probablement actuellement une échelle carencée en données. La plupart des modélisations du climat sont en effet réalisées plutôt à grandes échelles (mondiale, nationale) et plusieurs études mettent en évidence les risques d'utiliser, pour des approches plus fines, ce genre de résolutions grossières, car elles peuvent surestimer (Trivedi *et al.* 2008) comme sous-estimer (Randin *et al.* 2009) les aires de répartition futures. À l'échelle micro-locale, il existe la base de données WorldClim (Hijmans *et al.* 2005) qui dispose d'une résolution de 1 km mais qui, par contre, estime le climat à partir de facteurs physiques (topographie notamment) et ne se base pas sur des observations météorologiques, ce qui amène donc d'autres limites. Enfin, comme le pointent aussi les SRCE, la gestion des milieux naturels et semi-naturels, par exemple le choix des essences végétales pour les peuplements forestiers, constitue également des questions majeures (Brockerhoff *et al.* 2008; Dyer 1994). Au-delà des données climatiques, il existe aussi des besoins de recherche fondamentale pour mieux comprendre le processus d'ajustement spatial car le schéma général des déplacements des répartitions selon un axe Sud-Nord doit être affiné lorsque l'on raisonne aux échelles régionales et locales pour prendre en compte la variabilité des contextes et des espèces.

Concernant la pollution lumineuse, la reconnaissance de son effet fragmentant est très récente (e.g. Bliss-Ketchum *et al.* 2016; Van Grunsven *et al.* 2017). Problématique encore balbutiante lors de la rédaction des ON TVB, la réduction de cette pollution y apparaît uniquement comme un sous-objectif de la maîtrise de l'urbanisation en tant qu'effet connexe. Depuis peu, la définition de réseaux écologiques commence à être préconisée pour prendre en compte ces impacts (Challéat 2010; Sordello *et al.* 2014c). Cette pression peut notamment être intégrée directement dans les modélisations comme un facteur supplémentaire de rugosité du paysage (Hale *et al.* 2015).

Néanmoins, des éléments essentiels manquent encore pour cela et notamment des données quantitatives de seuil de sensibilité des espèces à la lumière en termes de distances aux points lumineux ou de niveaux d'éclairage (Gaston *et al.* 2013). S'ils évoquent ces lacunes quant aux informations biologiques, les SRCE soulignent surtout les besoins en données sur la répartition même de cette pression (éclairage nocturne), nécessaires pour alimenter les modèles. Dans ce domaine, il existe parfois des données de niveau communal ou intercommunal sur la répartition des points lumineux ou, à l'inverse, des données de grande échelle, par exemple mondiale, comme celles du dernier atlas, dont la couche est accessible directement sur Google Earth (Falchi *et al.* 2016). Mais, d'une part, ces ressources sont très récentes et, d'autre part, il persiste vraisemblablement un manque au niveau régional. Par ailleurs, les cartes de pressions existantes à ce jour sont basées sur des approches astronomiques (visibilité du ciel étoilé) et elles ne traduisent donc pas directement une pollution pour la biodiversité, ce qui limite leur usage dans le champ de la conservation de la nature. Enfin, les SRCE soulignent également le travail qu'il reste à mener, d'un point de vue conceptuel et opérationnel, pour développer une véritable trame dédiée à cette problématique (« trame noire »).

Ici, on peut s'étonner du fait que la connaissance sur la pollution sonore est moins mise en avant dans les SRCE, en termes de lacunes comme d'actions, comparativement à celle sur la pollution lumineuse. Pourtant, le principe de la fragmentation par ces deux pollutions, supposée ou avérée, est proche (fragmentation par des ondes) et ces deux pollutions représentent donc une menace théoriquement similaire pour les continuités écologiques. Comme la pollution lumineuse, la pollution sonore a des conséquences sur la biodiversité (Brumm 2010; Mason *et al.* 2016), ce qui laisse supposer qu'elle peut engendrer elle-aussi un effet barrière. Quelques publications le montrent, en particulier par rapport au bruit du trafic routier (Lengagne 2008; Herrera-Montes & Aide 2011). Néanmoins, la connaissance sur l'effet fragmentant de la pollution sonore est très lacunaire, probablement même plus que pour la pollution lumineuse. Actuellement, l'étude de ces pollutions se développe de manière semblable à l'échelle du paysage, avec les notions respectives de « lightscapes » (Hale *et al.* 2013; Dobler *et al.* 2015) et de « soundscapes » (Fuller *et al.* 2015; Hong & Jeon 2017). Les enjeux de connaissance sont donc relativement identiques, se traduisant par des besoins de cartographie de pression et de détermination de seuil de sensibilité pour la biodiversité. Des publications traitant conjointement des deux phénomènes commencent d'ailleurs à paraître (Newport *et al.* 2014; Swaddle *et al.* 2015; Shafiei Sabet *et al.* 2016).

Sur le thème des espèces exotiques envahissantes (EEE), les SRCE ont mis avant tout en évidence un besoin de connaissance et de suivi de la répartition de ces espèces à l'échelle régionale. À ce propos, les démarches de type ORB, en cours de mise en place là-aussi depuis peu, pourront sans doute aider les régions dans les années qui viennent. Il faut noter qu'au niveau national, la prise en charge politique de la thématique des EEE date du Grenelle de l'environnement (2007); elle est

donc concomitante au démarrage de la TVB elle-aussi issue du Grenelle. Pour cette raison, le recul et la connaissance sur cette thématique des EEE est encore jeune et les SRCE ont probablement manqué d'éléments pour leurs travaux du fait de ces calendriers parallèles. L'intégration concrète de cette problématique est encore plus récente au niveau européen avec un règlement publié en 2014 sur la prévention et la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes qui prévoyait une liste d'espèces préoccupantes pour l'Union européenne (règlement n° 1143/2014); cette liste étant parue en 2016. Au sein des ON TVB, les EEE sont mentionnées, au même titre que la propagation des pathogènes, à travers la possibilité de laisser certains réservoirs de biodiversité non reliés entre eux par des corridors ou de maintenir certains obstacles à la continuité.

Au sujet des EEE, les SRCE listent également des besoins/actions vis-à-vis d'une meilleure compréhension des facteurs de propagation de ces espèces et en particulier le rôle éventuellement favorable des corridors. Ce résultat n'est pas étonnant car ce sujet est souvent discuté au sein de la mise en œuvre de la TVB au titre que certains travaux ou observations empiriques montrent que les corridors écologiques favoriseraient la propagation des EEE (Simberloff *et al.* 1992). Ce sujet a été identifié par le centre de ressources TVB et un rapport interne a été réalisé en 2014 par l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture sur les éventuels effets néfastes du rétablissement de la continuité écologique, incluant les EEE (Bourdil & Vanpeene-Bruhier 2014). Celui-ci montre que la littérature scientifique semble en réalité plutôt indiquer que le maintien ou le renforcement d'une trame naturelle en bon état n'a pas d'effet sur les espèces exotiques envahissantes (Damschen *et al.* 2006; Brudvig *et al.* 2009) excepté dans certains contextes particuliers comme les milieux aquatiques. Certains travaux ont aussi été publiés récemment pour mieux comprendre les évolutions, spatiale et temporelle, de ces espèces en France via la construction d'un indicateur (Touroult *et al.* 2016).

Enfin, pour d'autres thèmes, leur mise en avant est moins attendue. Par exemple, le thème des voies de migration de l'avifaune ressort nettement. Il s'agit effectivement d'un sujet majeur sur les déplacements de la faune (Boere & Piersma 2012) et pourtant il n'a pas été particulièrement investi jusqu'à présent dans la TVB.

Certes dans les ON TVB, un sous-objectif vise l'intégration « des différents sites utilisés par les espèces migratrices ainsi que leurs axes migratoires » (ONTVB). Par ailleurs, une des cartes de continuités écologiques d'importance nationale des ON TVB porte spécifiquement sur les voies de migration de l'avifaune. Elle était donc à prendre en compte par les régions comme les autres enjeux de cohérence, au titre de l'article R. 371-24 du Code de l'environnement. Le bilan de la prise en compte de ces enjeux (Sordello 2016b) n'a pas montré de lacunes particulières mises en avant par les régions pour prendre en compte ces couloirs migratoires nationaux et internationaux. Dans le même temps, les démarches au sujet de ces voies de migration paraissent souvent relever du diagnostic des SRCE, comme des éléments de contexte, et moins d'une

réelle intégration dans la trame régionale. Ici, les actions de connaissance des SRCE proposent justement d'aller plus loin, en identifiant une véritable « trame aérienne » pour un traitement complet de la problématique, en considérant les éventuels points de conflits avec les activités humaines et en particulier l'éolien. Cet enjeu est en effet identifié par la littérature scientifique (Liechti *et al.* 2013), de même que les risques de collisions et d'électrocutions avec les lignes électriques (Janss 2000 ; Mañosa 2001). Ce sujet concerne aussi les Chiroptères (Cryan 2011 ; Smallwood 2013), ce qui renforce la nécessité d'une approche dédiée aux espèces volantes, via l'identification d'une trame aérienne, comme le préconisent les SRCE. Les éoliennes provoquent en effet sur les Chauves-souris un phénomène de barotraumatisme, causant une mortalité supplémentaire à celle déjà produite par les collisions avec les pales des rotors (Baerwald *et al.* 2008). La problématique Chiroptères-éoliennes doit néanmoins encore être approfondie, notamment par une quantification plus précise de la mortalité et par une meilleure compréhension des mécanismes d'attractivité et d'évitement et de l'influence des éoliennes à l'échelle du paysage (Coly *et al.* 2017).

CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

Bien que toutes les régions aient réussi à identifier une trame verte et bleue (même si le SRCE Picardie n'a pas été adopté), ce travail montre que les besoins de connaissance sur les continuités écologiques restent vastes. Ces besoins identifiés dans ce bilan concernent à la fois des données, des connaissances fondamentales ou encore des connaissances d'ordres méthodologique et conceptuel.

La connaissance désignée par ces besoins peut aussi être différenciée en trois catégories (Fig. 2) :

- de la connaissance que l'on peut qualifier de « primaire », c'est-à-dire nécessaire à l'identification des continuités écologiques telle que demandée actuellement par le cadrage national de la TVB. Il s'agit en priorité des données de terrain ou issues d'analyses d'images qui alimentent la construction même du réseau écologique (données de présence ou d'abondance d'espèces, cartes d'habitats, occupation du sol, etc.). Ces connaissances existent mais sont à compléter (e.g. certains groupes taxonomiques), à actualiser ou à mieux organiser. Il s'agit aussi de connaissance fondamentale sur le comportement des espèces car celle-ci reste très largement à approfondir afin de mieux calibrer les modèles ;

- de la connaissance que l'on peut désigner comme « secondaire », c'est-à-dire pour affiner les corridors, définir des points de conflits qui ne soient pas potentiels mais avérés et finalement mieux qualifier les continuités écologiques identifiées (fonctionnalité) pour leur attribuer des objectifs adéquats de préservation et restauration. Ces étapes étaient, là-aussi, demandées par le cadrage national de la TVB mais les régions ont rencontré des difficultés pour les mener car elles nécessitent des développements de méthodes et du recueil de données plus ciblées. Il serait en particulier nécessaire de confronter

les corridors et réservoirs identifiés avec des données de terrain (génétique du paysage, suivis télémétriques, etc.) pour mesurer leur réalité et leur opérationnalité

– de la connaissance que l'on pourrait qualifier de « parallèle » en l'état actuel du dispositif TVB, c'est-à-dire qu'elle permettrait d'élargir l'assise même de la TVB (e.g. connaissance sur la pollution lumineuse pour compléter la TVB d'une trame noire). Une meilleure connaissance sur ces thèmes permettrait donc d'aller au-delà de l'identification de la TVB telle que demandée initialement par le cadrage national, ou encore d'orienter sa gestion.

Il est important de rappeler ici que le travail présenté dans cet article visait à centraliser les besoins de connaissance identifiés dans les SRCE et par les SRCE. Alors que les manques mis en évidence sont déjà très importants, ils sont donc potentiellement encore plus grands en réalité car les SRCE ne peuvent tout retranscrire. Par ailleurs, le niveau scientifique est parfois lui-même trop faible pour mesurer l'ampleur et la nature des manques. Ce bilan doit donc être considéré comme une première base mais qui ne peut résumer à elle seule l'ensemble des lacunes de connaissance dont souffre la Trame verte et bleue. De plus, de nouveaux besoins ont peut-être déjà été identifiés par les équipes régionales et infrarégionales depuis la parution des SRCE à travers la mise en œuvre des premières actions et des déclinaisons locales.

La Trame verte et bleue se situe actuellement à un moment « charnière » où la phase d'adoption des SRCE est terminée et où commence la phase de mise en œuvre de ces schémas. Celle-ci peut se traduire par le lancement de programmes d'acquisition de connaissance. À ce sujet, ce bilan peut ainsi offrir un état des lieux des lacunes mis en avant de façon récurrente par les équipes régionales dans les SRCE. Les besoins communs à plusieurs régions pourraient être prioritaires pour le lancement d'appels à projet de grande échelle, portés par un ensemble de régions, par le ministère de l'écologie lui-même ou par d'autres organismes nationaux situés à l'interface entre recherche et expertise (e.g. Fondation pour la recherche sur la biodiversité). Il paraît également judicieux pour la nouvelle Agence française pour la Biodiversité de disposer de cette vision nationale des besoins de connaissance concernant les continuités écologiques identifiées par les SRCE.

Deuxièmement, la loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, dite « loi NOTRe », a modifié le dispositif de la TVB. Désormais, les conseils régionaux (sauf en Île-de-France où le SRCE persiste) vont devoir élaborer, à horizon 2019, un Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), en y intégrant le SRCE. Ce bilan des connaissances peut alors aussi être utile en prévision du passage au SRADDET afin que les difficultés qui se sont présentées pour traiter les continuités écologiques dans le SRCE ne se reproduisent pas pour traiter les continuités écologiques dans le SRADDET.

Plus largement, les SRADDET seront des schémas intégrateurs de plusieurs politiques sectorielles (transport, énergie, biodiversité, etc.). Cette intégration du SRCE au SRADDET se traduira donc par une mise en cohérence – directement

CONNAISSANCES SUR LES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

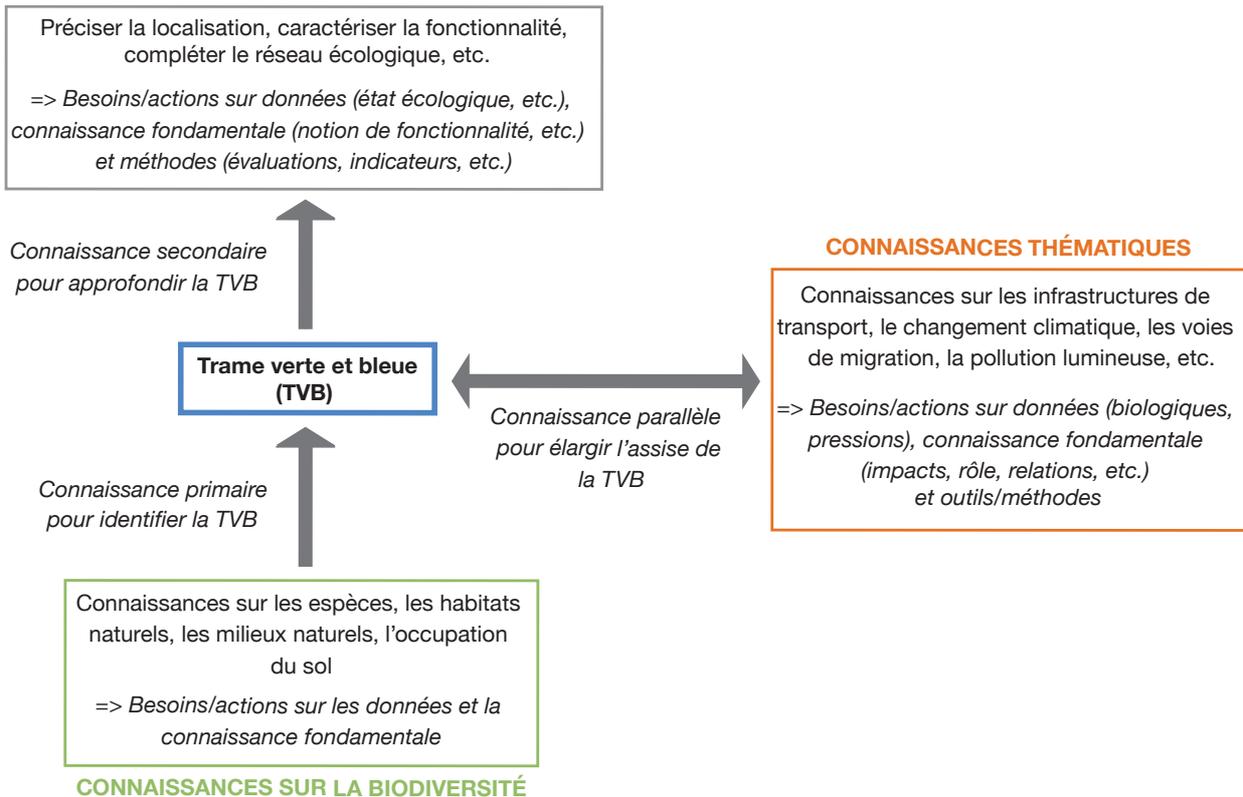


FIG. 2. — Schéma de synthèse sur les besoins et actions de connaissance exprimés.

dans le document, avant son adoption – des différentes problématiques traitées. Dans ce contexte, des connaissances actualisées peuvent être nécessaires sur les aspects transversaux, c'est-à-dire sur les thématiques traitées par le SRADDET et susceptibles d'avoir des interactions fortes, positives comme négatives, avec les continuités écologiques (transport, énergie, changement climatique, etc.). Ce bilan des connaissances peut donc être une aide pour identifier dès maintenant les manques les plus importants qui pourraient poser des difficultés en vue de l'élaboration du SRADDET.

Troisièmement, le fait de connaître précisément les besoins les plus marqués en termes de connaissance peut être utile aux équipes de recherche. Cette synthèse peut effectivement les aider à orienter leurs programmes en considérant les champs d'investigations sur lesquels les attentes de la sphère opérationnelle sont fortes.

Les équipes situées à l'interface entre recherche et application et qui sont donc impliquées dans le transfert des connaissances peuvent être aussi potentiellement intéressées par cette étude. On note, en effet, que certains besoins relèvent plutôt d'un manque de synthèses organisées et vulgarisées afin de mieux valoriser les résultats existants de travaux de recherches dispersés et parfois contradictoires et d'identifier précisément les lacunes qui persistent. Sur certains sujets, le centre de ressources TVB a déjà produit des rapports faisant un point sur la connaissance et donnant des éléments méthodolo-

giques mais, là aussi, leur diffusion a été postérieure à l'élaboration de la majorité des SRCE. C'est le cas par exemple de l'analyse des collisions avec la méthode d'identification statistique expliquée par Billon *et al.* (2015a, 2015b) ou des pistes pour prendre en compte le changement climatique et la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques (Sordello *et al.* 2014a; Sordello *et al.* 2014b). Les lacunes identifiées sur ces thèmes bénéficient donc déjà d'éléments de réponse pour la « deuxième génération » des trames vertes et bleues régionales (SRCE Île-de-France et SRADDET). Néanmoins, une veille est à maintenir sur ces thèmes, par le centre de ressources TVB par exemple, avec éventuellement de nouvelles synthèses bibliographiques à planifier, plus poussées ou sur des points précis. À ce titre, la production de travaux scientifiques de types revues systématiques et méta-analyses pourrait être une réponse appropriée pour certaines questions afin d'approfondir le travail de synthèse et de transfert des connaissances. On peut souligner d'ailleurs qu'une revue systématique est en cours sur le rôle potentiel des infrastructures de transport pour la biodiversité (Jusset *et al.* 2016), une question mise en évidence par ce bilan dans le thème des ILT. Enfin, le centre de ressources TVB pourra aussi jouer un rôle d'accompagnement et d'animation auprès des régions dans la mise en œuvre de certaines actions expérimentales de leur SRCE, ce qui permettrait de mieux comprendre les difficultés et les manques.

La présente étude permet également d'identifier en creux des sujets qui ne sont pas particulièrement mis en avant par les SRCE comme nécessitant des connaissances alors que pourtant, sur la base de la littérature scientifique, ils sont effectivement lacunaires. C'est le cas par exemple de la pollution sonore qui mérite en théorie autant d'attention que la pollution lumineuse. En cela, la liste des connaissances thématiques prioritaires relevée par cette étude ne doit pas être limitative pour le lancement de travaux ultérieurs, par exemple du centre de ressources TVB, car, rappelons-le, le présent bilan ne peut résumer à lui seul les manques de connaissance de la Trame verte et bleue.

Enfin, ce bilan est aussi à destination des organismes producteurs de données (espèces, pressions, etc.). Sur ce type de connaissance, la TVB ne pourra en effet pas combler toutes les lacunes identifiées. Pour certains thèmes d'ailleurs (connaissance générale sur la biodiversité), elle n'a pas vocation à piloter l'acquisition de ces données. En revanche, il est important que ces besoins soient exprimés auprès des programmes et organismes producteurs de connaissance. À ce titre, ce travail peut s'avérer utile pour montrer combien ces attentes sont fortes et partagées par l'ensemble des régions.

Certains besoins exprimés relèvent de programmes déjà lancés mais qui n'étaient pas encore opérationnels au lancement des SRCE, dont le travail technique a commencé dès 2010 et parfois même avant (premier SRCE adopté en octobre 2013). C'est le cas par exemple pour le partage des données naturalistes avec le développement des plates-formes régionales du SINP dont le protocole a été officiellement déployé en 2013 (Ministère de l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie 2013). Pour d'autres thèmes, les programmes sont aussi lancés mais il faudra en revanche attendre encore plusieurs années *a priori* avant de pouvoir disposer de ces productions. On peut citer à ce titre la cartographie des milieux et des fonds écologiques et physiologiques qui doivent être fournis par le programme CarHAB de cartographie nationale des habitats, vers 2020. Pour ces sujets pour lesquels le manque de connaissance est déjà intégré par une politique d'acquisition, une veille du centre de ressources TVB est, là aussi, préconisée pour rester attentif à l'évolution de ces programmes.

Remerciements

Je remercie Bruno Dumeige (DREAL Basse-Normandie) et Francis Olivereau (DREAL Centre-Val-de-Loire) ainsi que Julien Touroult (MNHN) et Sylvie Vanpeene (Irstea, Aix-en-Provence) pour leur relecture.

RÉFÉRENCES

- BAERWALD E. F., D'AMOURS G. H., KLUG B. J. & BARCLAY R. M. R. 2008. — Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18 (16): 695-696. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.029>
- BILLON L. 2014. — *Programmes d'études et récoltes de données sur les collisions Faune/véhicules en France métropolitaine*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 29 p.
- BILLON L., SORDELLO R. & TOUROULT J. 2015a. — *Protocole de recensement des collisions entre la faune sauvage et les véhicules : proposition d'un socle commun*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 18 p.
- BILLON L., SORDELLO R., WITTE I. & TOUROULT J. 2015b. — *Méthode d'analyse des données issues du protocole de recensement des collisions faune/véhicule pour la détection de zones à risque*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 30 p.
- BLISS-KETCHUM L. L., DE RIVERA C. E., TURNER B. C. & WEISBAUM D. M. 2016. — The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure. *Biological Conservation* 199: 25-28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.025>
- BOERE G. C. & PIERSMA T. 2012. — Flyway protection and the predicament of our migrant birds: A critical look at international conservation policies and the Dutch Wadden Sea. *Ocean & Coastal Management* 68: 157-168. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.05.019>
- BOURDIL C. & VAANPEENE-BRUHIER S. 2014. — *Des processus écologiques aux risques potentiels liés à la restauration des continuités écologiques*. Note d'analyse bibliographique. Irstea. Non publié.
- BROCKERHOFF E. G., JACTEL H., PARROTTA J. A., QUINE C. P. & SAYER J. 2008. — Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity Conservation* 17: 925-951. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9380-x>
- BRUDVIG L. A., DAMSCHEN E. I., TEWKSBURY J. J., HADDAD N. M. & LEVEY D. J. 2009. — Landscape connectivity promotes plant biodiversity spillover into non-target habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 9328-9332. <https://doi.org/10.1073/pnas.0809658106>
- BRUMM H. 2010. — Anthropogenic Noise: Implications for Conservation. *Encyclopedia of Animal Behavior* 89-93. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045337-8.00289-8>
- CHALLÉAT S. 2010. — « Sauver la nuit » : empreinte lumineuse, urbanisme et gouvernance des territoires. Thèse de géographie, Université de Bourgogne, Besançon, 540 p.
- CHAURAND J. 2011. — *Trame verte et bleue – Réflexion et essai méthodologique de définition de listes d'espèces végétales pour la cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue*. Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, Paris, 35 p.
- COFFIN A.W. 2007. — From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396-406. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>
- COLY R., BARRE K., GOURDAIN P., KERBIRIOU C., MARMET J. & TOUROULT J. 2017. — Études chiroptérologiques dans les dossiers réglementaires éoliens : disponibilité de l'information et conformité avec les recommandations nationales et européennes. *Natureae* 3: 1-10.
- CRYAN P. M. 2011. — Wind turbines as landscape impediments to the migratory connectivity of bats. *Environmental Law* 41: 355-370.
- DAMSCHEN E. I., HADDAD N. M., ORROCK J. L., TEWKSBURY J. J. & LEVEY D. J. 2006. — Corridors Increase Plant Species Richness at Large Scales. *Science* 313: 1284-1286. <https://doi.org/10.1126/science.1130098>
- DOBLER G., GHANDEHARI M., KOONIN S. E., NAZARI R., PATRINOS A., SHARMA M. S., TAFVIZI A., VO H. T. & WURTELE J. S. 2015. — Dynamics of the urban lightscape. *Information Systems* 54: 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.is.2015.06.002>
- DOERR V. A. J., BARRETT T. & DOERR E. D. 2011. — Connectivity, dispersal behaviour and conservation under climate change: a response to Hodgson *et al.* *Journal of Applied Ecology* 48: 143-147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01899.x>
- DYER J. M. 1994. — Land use pattern, forest migration and global warming. *Landscape and Urban Planning* 29 (2-3): 77-83. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)90019-1)
- FALCHI F., CINZANO P., DURSCO E. D., KYBA C. C. M., ELVIDGE C. D., BAUGH K., PORTINOV B. A., RYBNIKOVA N. A. & FURGONI R. 2016. — The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances* 2 (6): e1600377. <https://doi.org/10.1126>

- sciadv.1600377
- FULLER S., AXEL A. C., TUCKER D., GAGE S. H. 2015. — Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration? *Ecological Indicators* 58: 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.057>
- GASTON K. J., BENNIE J., DAVIES T. W. & HOPKINS J. 2013. — The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological Reviews* 88 (4): 912-927. <https://doi.org/10.1111/brv.12036>
- HALE J. D., DAVIES G., FAIRBRASS A. J., MATTHEWS T. J., ROGERS C. D. F. & SADLER J. P. 2013. — Mapping Lightscares: Spatial Patterning of Artificial Lighting in an Urban Landscape. *PLOS One* 8 (5): e61460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061460>
- HALE J. D., FAIRBRASS A. J., MATTHEWS T. J., DAVIES G. & SADLER J. P. 2015. — The ecological impact of city lighting scenarios: exploring gap crossing thresholds for urban bats. *Global change biology* 21 (7): 2467-2478. <https://doi.org/10.1111/gcb.12884>
- HELLER N. E. & ZAVALETA E. S. 2009. — Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142: 14-32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.006>
- HERRERA-MONTES M. I. & AIDE T. M. 2011. — Impacts of traffic noise on anuran and bird communities. *Urban Ecosystems* 14 (3): 415-427. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0158-7>
- HIJMANS R. J., CAMERON S. E., PARRA J. L., JONES P. G. & JARVIS A. 2005. — Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- HOF C., LEVINSKY I., ARAUJO M. B. & RAHBEK C. 2011. — Rethinking species' ability to cope with rapid climate change. *Global Change Biology* 17 (9): 2987-2990. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02418.x>
- HONG J. Y. & JEON J. Y. 2017. — Exploring spatial relationships among soundscape variables in urban areas: A spatial statistical modelling approach. *Landscape and Urban Planning* 157: 352-364. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.006>
- JANSS G. F. E. 2000. — Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation* 95: 353-359. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00021-5)
- JEUSSSET A., VARGAC M., BERTHEAU Y., COULON A., DENIAUD N., FLAMERIE DE LACHAPELLE F., JASLIER E., LIVOREIL B., ROY V., TOUROULT J., VANPEENE S., WITTÉ I. & SORDELLO R. 2016. — Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for biodiversity in temperate landscapes? A systematic review protocol. *Environmental Evidence* 5: 5. <https://doi.org/10.1186/s13750-016-0056-9>
- JONGMAN R. H. G. 1995. — Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 32 (3): 169-183. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)00197-0](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)00197-0)
- KRAUSS J., BOMMARCO R., GUARDIOLA M., HEIKKINEN R.K., HELM A., KUUSAAARI M., LINDBORG R., OCKINGER E., PARTEL M., PINO J., PÖYRY J., RAATIKAINEN K. M., SANG A., STEFANESCU C., TEDER T., ZOBEL M. & STEFFAN-DEWENTER I. 2010. — Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. *Ecology Letters* 13 (5): 597-605. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01457.x>
- KROSBY M., TEWKSBURY J., HADDAD N. M. & HOEKSTRA J. 2010. — Ecological connectivity for a changing climate. *Conservation biology* 24 (6): 1686-1689. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01585.x>
- LEGUÉDOIS S., PARTY J. P., DUPOUEY J. L., GAUQUELIN T., GEGOUT J. C., LECAREUX C., BADEAU V. & PROBST A. 2011. — La carte de végétation du CNRS à l'ère du numérique. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.24688>
- LEIMU R., VERGEER P., ANGELONI F. & OUBORG N. J. 2010. — Habitat fragmentation, climate change, and inbreeding in plants. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1195: 84-98. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05450.x>
- LENGAGNE T. 2008. — Traffic noise affects communication behaviour in a breeding anuran, *Hyla arborea*. *Biological conservation* 141 (8): 2023-2031. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.05.017>
- LEVREL H., KERBIRIOU C., COUVET D. & WEBER J. 2009. — OECD Pressure-State-Response indicators for managing biodiversity: A realistic perspective for a French biosphere reserve. *Biodiversity and Conservation* 18 (7): 1719-1732. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9507-0>
- LIECHTI F., GUÉLAT J. & KOMENDA-ZEHNDER S. 2013. — Modelling the spatial concentrations of bird migration to assess conflicts with wind turbines. *Biological Conservation* 162: 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.03.018>
- MAÑOSA S. 2001. — Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation* 10: 1997-2012. <https://doi.org/10.1023/A:1013129709701>
- MASON J. T., MCCLURE C. J. W., BARBER J. R. 2016. — Anthropogenic noise impairs owl hunting behavior. *Biological Conservation* 199: 29-32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.009>
- MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE 2013. — *Protocole d'adhésion au système d'information sur la nature et les paysages annexé à la circulaire DEVL1311244C du 15 mai 2013*. MÉDDE, Paris, 35 p.
- MURPHY S. M., BATTOCLETTI A. H., TINGHITELLA R. M., WIMP G. M. & RIES L. 2016. — Complex community and evolutionary responses to habitat fragmentation and habitat edges: what can we learn from insect science? *Current Opinion in Insect Science* 14: 61-65. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.01.007>
- NEWPORT J., SHORTHOUSE D. J. & MANNING A. D. 2014. — The effects of light and noise from urban development on biodiversity: Implications for protected areas in Australia. *Ecological Management & Restoration* 15 (3): 204-214. <https://doi.org/10.1111/emr.12120>
- NUNEZ T. A., LAWLER J. J., MCRAE B. H., PIERCE D. J., KROSBY M. B., KAVANAGH D. M., SINGLETON P. H. & TEWKSBURY J. J. 2013. — Connectivity planning to address climate change. *Conservation biology* 27 (2): 407-416. <https://doi.org/10.1111/cobi.12014>
- OPDAM P. & WASCHER D. 2004. — Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation* 117: 285-297. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.12.008>
- OPDAM P., STEINGRÖVER E. & VAN ROOIJ S. 2006. — Ecological networks: A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75 (3-4): 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.015>
- RANDIN C. F., ENGLER R., NORMAND S., ZAPPA M., ZIMMERMANN N. E., PEARMAN P. B., VITTOZ P., THUILLER W. & GUISAN A. 2009. — Climate change and plant distribution: local models predict high-elevation persistence. *Global Change Biology* 15 (6): 1557-1569. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01766.x>
- ROY V. & DE BLOIS S. 2006. — Using functional traits to assess the role of hedgerow corridors as environmental filters for forest herbs. *Biological Conservation* 130: 592-603. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.022>
- RÜTER S., VOS C. C., VAN EUPEN M. & RÜHMKORF H. 2014. — Transboundary ecological networks as an adaptation strategy to climate change: The example of the Dutch – German border. *Basic and Applied Ecology* 15 (8): 639-650. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.09.007>
- SAVIO L., GAUDILLAT V. & PONCET L. 2015. — *Enquête sur les besoins en termes de végétation et d'habitats en France. Synthèse et analyse au regard du programme CarHAB*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 146 p.
- SHAFIEI SABET S., VAN DOOREN D. & SLABBEKOORN H. 2016. — Son et lumière: Sound and light effects on spatial distribution and swimming behavior in captive zebrafish. *Environmental Pollution* 212: 480-488. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.02.046>
- SIMBERLOFF D., FARR J. A., COX J. & MEHLMAN D. W. 1992. —

- Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments? *Conservation Biology* 6: 493-504. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.06040493.x>
- SMALLWOOD K. S. 2013. — Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. *Wind Energy and Wildlife Conservation* 37 (1): 19-33. <https://doi.org/10.1002/wsb.260>
- SORDELLO R. 2015a. — *Première capitalisation méthodologique sur les Schémas régionaux de cohérence écologique adoptés ou en projet. Changement climatique*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 36 p.
- SORDELLO R. 2015b. — *Première capitalisation méthodologique sur les Schémas régionaux de cohérence écologique adoptés ou en projet. Pollution lumineuse*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 15 p.
- SORDELLO R. 2016a. — *Trame verte et bleue – Bilan technique sur la première génération des Schémas régionaux de cohérence écologique – Lacunes, enjeux et actions de connaissances*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 71 p.
- SORDELLO R. 2016b. — *Trame verte et bleue – Bilan technique sur la première génération des Schémas régionaux de cohérence écologique – Prise en compte des enjeux de cohérence issus des Orientations nationales*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 152 p.
- SORDELLO R. (COORD.), CONRUYT-ROGEON G., MERLET F., HOUARD X. & TOUROULT J. 2013. — *Synthèses bibliographiques sur les traits de vie de 39 espèces proposées pour la cohérence nationale de la Trame verte et bleue relatifs à leurs déplacements et besoins de continuité écologique*. Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) – Service du Patrimoine naturel (SPN) & Office pour les Insectes et leur Environnement (Opie), Paris, 20 p + 39 fiches.
- SORDELLO R., CONRUYT-ROGEON G. & TOUROULT J. 2014a. — *La fonctionnalité des continuités écologiques – Premiers éléments de compréhension*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 32 p.
- SORDELLO R., HERARD K., COSTE S., CONRUYT-ROGEON G. & TOUROULT J. 2014b. — *Changement climatique et réseaux écologiques – Point sur la connaissance et pistes de développement*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 178 p.
- SORDELLO R., VANPEENE S., AZAM C., KERBIRIOU C., LE VIOL I. & LE TALLEC T. 2014c. — *Effet fragmentant de la lumière artificielle. Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment les prendre en compte dans les réseaux écologiques ?* Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 31 p.
- SORDELLO R., BILLON L., AMSALLEM A. & VANPEENE S. 2017. — *Bilan technique et scientifique des Schémas régionaux de cohérence écologique. Méthodes d'identification des composantes de la TVB*. Centre de ressources TVB, Paris, 103 p.
- SWADDLE J. P., FRANCIS C. D., BARBER J.R., COOPER C. B., KYBA C. C. M., DOMINONI D. M., SHANNON G., ASCHEHOUG E., GOODWIN S. E., KAWAHARA A. Y., LUTHER D., SPOELSTRA K., VOSS M. & LONGCORE T. 2015. — A framework to assess evolutionary responses to anthropogenic light and sound. *Trends in Ecology & Evolution* 30 (9): 550-56. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.06.009>
- TORRES A., JAEGER J. A. & ALONSO J. C. 2016. — Assessing large-scale wildlife responses to human infrastructure development. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (30): 8472-8477. <https://doi.org/10.1073/pnas.1522488113>
- TOUROULT J., WITTE I. & THEVENOT J. 2016. — *Construction d'un indicateur d'évolution de la distribution des espèces exotiques envahissantes en France métropolitaine*. Service du Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 20 p.
- TOWNSEND P. A. & MASTERS K. L. 2015. — Lattice-work corridors for climate change: a conceptual framework for biodiversity conservation and social-ecological resilience in a tropical elevational gradient. *Ecology and Society* 20 (2): 1. <https://doi.org/10.5751/ES-07324-200201>
- TRIVEDI M. R., BERRY P. M., MORECROFT M. D. & DAWSON T. P. 2008. — Spatial scale affects bioclimate model projections of climate change impacts on mountain plants. *Global Change Biology* 14 (5): 1089-1103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01553.x>
- VAN GRUNSVEN R. H. A., CREEMERS R., JOOSTEN K., DONNERS M. & VEENENDAAL E. M. 2017. — Behaviour of migrating toads under artificial lights differs from other phases of their life cycle. *Amphibia-Reptilia* 38: 49-55. <https://doi.org/10.1163/15685381-00003081>
- VAN LOOY K., PIFFADY J., CAVILLON C., TORMOS T., LANDRY P. & SOUCHONA Y. 2014. — Integrated modelling of functional and structural connectivity of river corridors for European otter recovery. *Ecological Modelling* 273: 228-235. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.11.010>
- ZELLER K. A., MCGARIGAL K. & WHITELEY A. R. 2012. — Estimating landscape resistance to movement: a review. *Landscape Ecology* 27: 777-797. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9737-0>

Soumis le 18 décembre 2016;
 accepté le 9 mars 2017;
 publié le 26 juillet 2017.

ANNEXE 1. — Synthèse des lacunes, enjeux, actions et régions associés à chaque thème. Abréviation : **Al**, Alsace; **Aq**, Aquitaine; **Au**, Auvergne; **Bo**, Bourgogne; **BN**, Basse-Normandie; **Br**, Bretagne; **CA**, Champagne-Ardenne; **Ce**, Centre; **FC**, Franche-Comté; **HN**, Haute-Normandie; **IDF**, Île-de-France; **Li**, Limousin; **Lo**, Lorraine; **LR**, Languedoc-Roussillon; **MP**, Midi-Pyrénées; **NPDC**, Nord-Pas-de-Calais; **Pi**, Picardie; **PDL**, Pays-de-Loire; **PC**, Poitou-Charentes; **PACA**, Provence-Alpes-Côte d'Azur; **RA**, Rhône-Alpes; **SRCE**, Schémas régionaux de cohérence écologique.

Champs de connaissance	Thème	Détails	Régions en ayant parlé dans son SRCE
Connaissances sur la biodiversité	Biodiversité	Thème qui concerne les lacunes, enjeux et actions à propos de la biodiversité sans plus de précision associée. Les lacunes pointent un fort déficit en données ainsi qu'un manque d'organisation des connaissances disponibles. Les actions concernent : – en majorité l'organisation (mutualisation, homogénéisation, structuration, etc.) de données naturalistes déjà existantes pour une mise à disposition opérationnelle; – plus marginalement l'acquisition de nouvelles données.	Au, BN, Bo, Ce, CA, FC, HN, Li, PDL, Pi, PC, PACA
	Espèces	Thème qui concerne les lacunes, enjeux et actions portant sur les espèces, de flore comme de faune. Les lacunes sont extrêmement nombreuses. Lorsqu'elles sont précisées, il s'agit : – de carences en données naturalistes (répartition); – de besoins de connaissances fondamentales (traits de vie, comportement de déplacement, sensibilité à la fragmentation, etc.); – de besoins plus opérationnels (définition de l'état de conservation, identification d'axes de déplacements). La plupart du temps les actions sont transverses mais on peut constater qu'elles concernent : – la répartition (besoin d'acquérir des données naturalistes précises et localisées pour divers taxons, via des inventaires, des suivis voire la mise en place d'observatoires); – les traits de vie d'espèces par rapport à leur déplacement pour augmenter la connaissance fondamentale (capacité de dispersion, etc.) via des programmes de recherche ou d'études de terrain; – des approche imbriquées vis-à-vis des trames : effet des trames sur la répartition, rôle des espaces agricoles ou forestiers, établissement d'une liste d'espèce à enjeux. Une action vise à l'inverse à évaluer l'impact de certaines espèces (cervidés et suidés) sur les trames.	Al, Aq, Au, BN, Bo, Br, Ce, FC, HN, IDF, Lo, MP, PDL, Pi, PC, PACA, RA
	Habitats naturels	La notion d'habitats naturels vise ici les associations végétales (phytosociologie). Les manques, les enjeux comme les actions identifiés concernent quasi exclusivement la répartition des habitats naturels.	Al, Aq, Au, BN, Bo, Br, FC, Lo, MP, NPDC, PDL, RA
	Milieux	On entend par milieu un niveau intermédiaire entre les habitats naturels (communautés végétales) et l'occupation du sol (usage). Notion relativement équivalente à celle de sous-trames (milieux boisés, milieux humides, etc.). Trois types de manques sont notés : – en données de répartition; – en connaissances plus qualitatives liées à la gestion de ces milieux; – en connaissances sur l'état écologique de ces milieux et leurs interactions avec les continuités écologiques. Les milieux les plus concernés par ces manques sont de loin les milieux humides. Nombreuses actions prévues sur les milieux, en priorité en termes de répartition des milieux visant à acquérir de nouvelles données, à actualiser les données existantes ou bien à les organiser (harmonisation) pour permettre leur exploitation. Des actions prévoient aussi de mieux comprendre comment ces milieux fonctionnent sur un plan écologique et en particulier leur contribution à la perméabilité globale. La majorité des actions notées concernent les milieux humides puis les milieux agricoles.	Al, Aq, Au, Bo, Br, BN, CA, Ce, FC, HN, IDF, LR, Li, Lo, MP, NPDC, PC, PACA, RA
	Mixte Espèces/Habitats/Milieux	Eléments transversaux qui concernent à la fois des espèces, des habitats ou des milieux. Leur contenu reprend globalement ce que l'on peut trouver pour les éléments de ces thèmes séparés (cf. thèmes <i>ad hoc</i>).	Aq, Au, BN, Bo, Br, CA, Ce, FC, Lo, PC
	Occupation du sol	L'occupation du sol est une caractérisation des écosystèmes basée plutôt sur l'usage, dans une perspective d'aménagement et de planification de l'espace (e.g. Corine Land Cover). Les limites/enjeux identifiés portent ici sur : – l'absence tout simplement de données d'OS d'échelle adaptée (région) et homogène sur tout le territoire; – l'ancienneté des données disponibles (délai d'actualisation); – des aspects plus conceptuels dans l'élaboration des typologies d'occupation du sol (e.g. limites floues entre milieux ouverts et fermés). Les actions visent à caractériser finement l'occupation du sol régionale. Dans certains cas, une approche plus qualitative est annoncée (évolution de l'OS).	Aq, BN, Bo, Ce, IDF, HN, MP

Champs de connaissance	Thème	Détails	Régions en ayant parlé dans son SRCE
Connaissances sur les continuités écologiques	Identification des continuités écologiques	<p>Les continuités écologiques sont au cœur de la démarche Trame verte et bleue. Elles sont constituées des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité. Les identifier était un des objectifs principaux du SRCE, selon une approche par sous-trames (sous réseaux-écologiques).</p> <p>Les lacunes portent sur l'identification même de continuités écologiques régionales, liées aux manques de données précédemment cités. Il peut aussi s'agir de manque de connaissances théoriques (notion de réseau écologique) ou historiques (corridors disparus).</p> <p>Les enjeux sont de :</p> <ul style="list-style-type: none"> – mieux connaître ou préciser les éléments de TVB identifiés dans le SRCE (e.g. distinction thermophiles/cryophiles); – confirmer des espaces potentiels identifiés par le SRCE (e.g. connaissance concernant des réservoirs de biodiversité potentiels, Expertise des cœurs de nature à confirmer); – mettre en évidence de nouvelles continuités écologiques là où le SRCE n'a pas pu encore en identifier (e.g. connexions littorales, connectivité des espaces urbains et péri-urbains). <p>Les actions répertoriées concernent :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la précision de continuités écologiques identifiées dans la première génération de SRCE pour mieux les localiser ou les qualifier; – l'identification de continuités écologiques nouvelles par analyse des potentialités régionales qui n'ont pas ou peu été explorées lors de la première génération du SRCE; – un approfondissement des méthodes (modélisation, algorithme) destinées à identifier les continuités écologiques afin d'être mieux outillé pour l'avenir. <p>En termes de milieux, on retrouve ce genre d'actions essentiellement pour des milieux agricoles et urbains.</p>	Aq, BN, Bo, Br, Ce, LR, Li, Lo, MP, NPDC, PDL, Pi, RA
Espace de mobilité des cours d'eau		<p>L'espace de mobilité d'un cours d'eau correspond à la zone de « divagation » naturelle du lit de ce cours d'eau. Ces espaces sont importants à préserver pour la fonctionnalité globale du cours d'eau en lien avec ses milieux adjacents (ripisylves, annexes hydrauliques, plaine alluviale, etc.). Les ON TVB conseillaient fortement aux SRCE de les intégrer dans la trame bleue.</p> <p>Il s'avère que les régions ont rencontré des difficultés pour le faire car très souvent ces espaces de mobilité ne sont pas encore identifiés précisément. Les actions trouvées sur ce sujet visent donc à les cartographier.</p>	Au, Bo, Ce, LR, PC
Fonctionnalité des continuités écologiques		<p>Une continuité écologique fonctionnelle est une continuité écologique capable d'assurer effectivement les flux biologiques (déplacements d'individus, brassage génétique, etc.), contrairement à une continuité écologique qui serait uniquement structurelle (visuelle). Caractériser la fonctionnalité des continuités écologiques était demandé par les ON TVB, en vue notamment de leur attribuer un objectif de préservation ou de restauration.</p> <p>Sur ce thème on constate alors une insuffisance des connaissances pour faire cette qualification (manques de données, connaissance territoriale très hétérogène, données pas suffisamment précises à l'échelle régionale, absence d'études sur le fonctionnement des continuités, connaissance scientifique partielle, ...). Certains milieux sont fléchés en particulier (humides, bocagers, souterrains).</p> <p>Les actions visent à :</p> <ul style="list-style-type: none"> – acquérir des connaissances fondamentales pour progresser sur la compréhension de la fonctionnalité écologique d'une manière absolue; – mieux définir et comprendre la fonctionnalité des continuités écologiques en ciblant celles du SRCE. 	AI, Bo, Br, CA, IDF, FC, LR, Li, MP, NPDC, PDL, Pi, PACA, RA
Points de conflits/Obstacles		<p>L'identification et la hiérarchisation des obstacles étaient des objectifs majeurs des SRCE. Sur la composante aquatique, les régions ont pu utiliser le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE). Des actions prévoient néanmoins d'actualiser ou compléter ce référentiel. Pour les obstacles terrestres, la connaissance est pour le moment beaucoup moins structurée et approfondie. Les SRCE font alors état de difficultés pour identifier et caractériser les points de conflits terrestres. Ils prévoient des actions pour engager ces recensements et cartographies.</p>	Aq, Au, BN, Br, FC, HN, IDF, LR, Lo, NPDC, PC
Prise en compte/Déclinaison des continuités écologiques		<p>Un certain nombre d'actions dans les SRCE visent la connaissance liée à la prise en compte des continuités écologiques régionales par les échelles inférieures. Ces actions prévoient que les régions accompagnent les collectivités en leur fournissant de la connaissance (guide, outils, cahiers des charges, etc.) pour faciliter cette prise en compte/déclinaison.</p>	Aq, Br, FC, NPDC

ANNEXE 1. — Suite

Champs de connaissance		Détails	Régions en ayant parlé dans son SRCE
Connaissances sur les continuités écologiques (suite)	Indicateurs de suivi et d'évaluation	Pas de lacunes particulières identifiées dans les SRCE. Des actions ont été prévues pour l'acquisition d'outils et de méthodes pour le montage (création ou amélioration) d'indicateurs de suivi et d'évaluation. Il peut s'agir d'indicateurs pour le SRCE ou d'indicateurs pour des projets (e.g. pour les projets d'effacement d'obstacles). Par ailleurs, parfois ces besoins visent une sous-trame précise (e.g. forestière).	IDF, LR, Lo, MP, NPDC
Connaissances thématiques	Infrastructures linéaires de transport	Trois angles d'approches des ILT sont notés : – les impacts des ILT sur la biodiversité et les continuités écologiques : il s'agit d'une approche assez générale sur les ILT, avec le besoin de mieux apprécier ces impacts (impacts négatifs comme éventuellement positifs); – les passages à faune : Les besoins ou actions portent essentiellement sur un inventaire et une cartographie de ces structures et par ailleurs sur une meilleure évaluation de leur rôle (fonctionnement); – les collisions : le manque provient de l'absence de relevés et de cartographies standardisées des données d'écrasement de la faune sur les ILT. Les actions visent donc à relever/cartographier les collisions faune/véhicules.	Aq, Au, BN, Bo, Br, CA, HN, IDF, Li, Lo, LR, MP, PC, RA
	Changement climatique	Les lacunes concernent surtout les impacts du changement climatique sur la biodiversité et en particulier l'incapacité à modéliser précisément les déplacements des aires de répartition des espèces en réaction au changement climatique. Les actions visent la connaissance : – des impacts du changement climatique sur la biodiversité et les continuités écologiques ; – des capacités d'adaptation de la biodiversité et en particulier des questions relatives aux essences végétales (agricoles et sylvicoles). Des actions visent ainsi le suivi des répartitions d'espèces et d'autres ont pour but d'améliorer la prise en compte de cette thématique dans les pratiques de gestion.	BN, Bo, Br, FC, Lo, MP, PDL, Pi, PC, RA
	Espèces exotiques envahissantes	Les lacunes concernent essentiellement la répartition de ces espèces. Les actions visent à connaître ou consolider la répartition de ces espèces (acquisition de données) ainsi que la compréhension de leurs facultés d'adaptation et de propagation et en particulier leurs relations à la TVB (connaissance fondamentale).	Au, FC, Bo, BN, Br, Ce, Li, PC, RA
	Migration avifaune/ Trame aérienne	Les SRCE font état d'une mauvaise connaissance des voies de migration de l'avifaune, parfois élargie aux déplacements de tous les animaux volants et incluant les obstacles. Les objectifs des actions sont : – de préciser la localisation de ces voies migratoires pour définir une véritable «trame aérienne» intégrant l'ensemble des espèces volantes en particulier migratrices (avifaune, chiroptères); – de localiser les points de conflits entre ces couloirs migratoires et les activités humaines, en particulier l'éolien.	Au, Bo, Br, MP, PACA, Pi, RA
	Pollution lumineuse	Les lacunes concernent : – principalement l'absence de données de pression (cartographie de pollution lumineuse) pour prendre en compte cette pollution ; – également la compréhension et la quantification des impacts de la lumière artificielle sur le vivant et sur les continuités écologiques (connaissances fondamentales). Les objectifs des actions sont : – une meilleure compréhension des effets de la lumière artificielle sur le vivant et sur les continuités écologiques, en particulier de l'effet barrière (connaissances fondamentales); – un approfondissement de la prise en compte de cette thématique dans la TVB avec comme objectif de définir une nouvelle sous-trame («trame noire»). Dans deux régions cette initiative est associée aussi aux autres trames qui pourraient se justifier par des pollutions : pollution sonore, pollution atmosphérique, etc.	Bo, CA, HN, IDF, MP, PACA
	Activités humaines	Les lacunes, comme les enjeux et les actions prévues, relèvent essentiellement de connaissances fondamentales à propos des effets des activités humaines, prises au sens large, sur les espèces et la trame verte et bleue. Autrement dit, ils visent l'évaluation des interactions entre activités socio-économiques, biodiversité et services écosystémiques. Dans le SRCE Lorraine deux actions visent spécifiquement les carrières (mieux comprendre l'impact des carrières sur les continuités écologiques).	AI, Br, FC, Lo, MP

Champs de connaissance	Thème	Détails	Régions en ayant parlé dans son SRCE
Connaissances thématiques (suite)	Eau	Manque de connaissance concernant l'état écologique des eaux de surface. Enjeux de connaissance des fonctionnalités hydromorphologiques et écologiques des cours d'eau et de leurs altérations. Actions de suivi de la qualité écologique des cours d'eau. Actions de diagnostic du fonctionnement hydro morphologique du milieu et des altérations physiques et secteurs artificialisés	Au, BN, Br, FC
	Génie écologique	Pas de lacunes précises identifiées. Des actions de connaissance portent sur les techniques de préservation et de restauration des continuités écologiques. Ces actions relèvent essentiellement de la valorisation d'expérimentations déjà menées. Elles se fixent ainsi comme objectifs la centralisation de ces retours d'expériences pour la constitution de catalogues ou de boîtes à outils, dans un souci de diffusion et de mutualisation des bonnes pratiques. On trouve par ailleurs une action visant à proprement parler le développement d'expérimentations nouvelles.	Bo, Br, PACA
	Interrégional / Transfrontalier	Lacunes de connaissances sur les continuités écologiques situées au-delà des limites administratives (interrégionales ou transfrontalières). Les actions visent à mieux connaître ou suivre le réseau écologique situé au-delà des frontières régionales.	IDF, Lo, NPDC
	Pollution sonore	Lacunes de connaissances fondamentales sur l'effet de la pollution sonore sur la biodiversité et les continuités écologiques.	Bo, PACA
	Compensation	Etape ultime du triptyque Eviter/Réduire/Compenser. Pas de lacunes de connaissances identifiées sur ce thème dans les SRCE. Les actions portent essentiellement sur la centralisation et l'organisation de retours d'expérience en mesures de compensation sur l'atteinte aux continuités écologiques.	LR, Lo
	Foncier	Veille sur la pression foncière (suivi des documents d'urbanisme, suivi du foncier public mobilisable).	HN, PACA
	Paysage	Actions visant une meilleure connaissance des paysages et des liens entre richesse paysagère et richesse écologique. Une action a pour but une meilleure prise en compte de la TVB dans le domaine du paysage (atlas).	IDF, FC
	Service écosystémiques	Les manques de connaissances et actions prévues concernent une meilleure caractérisation et localisation des services rendus par la biodiversité et par les continuités écologiques.	Br, NPDC
	Toitures végétalisées	Manque de connaissances sur le fonctionnement des toitures végétalisées en tant qu'écosystème et sur le choix des plantes.	Br
	Sols	Action de connaissance sur la biodiversité des sols.	Bo
	Rôle social et sociétal des continuités écologiques	Action de soutien, implication ou impulsion à l'élaboration de programmes de recherche sur les rôles social et sociétal des continuités écologiques.	PACA

Couverture : Ligne ferroviaire grande vitesse en Bourgogne. Les infrastructures de transport restent l'un des principaux thèmes sur lesquels la connaissance relative aux continuités écologiques doit encore être approfondie. Crédit photo : Romain Sordello.