Trame verte, trame bleue et toutes ces autres trames dont il faudrait aussi se préoccuper

Romain Sordello,

Chef du projet 'Trame verte et bleue', UMS 2006 Patrimoine Naturel, MNHN

Regard R72, édité par Anne Teyssèdre

Mots-clefs : Fragmentation, connectivité, corridors, trame verte et bleue, trame noire, trame aérienne, sols, pollutions, politiques publiques, SRCE

La Trame verte et bleue

Une politique publique contre la fragmentation des habitats

Répondant aux demandes de scientifiques et d'associations environnementales, le Grenelle de l'environnement a souligné en 2007 le rôle de la fragmentation des habitats dans l'érosion de la biodiversité. Une nouvelle politique publique a alors été mise en place en France par le Ministère de l'environnement, la Trame verte et bleue (TVB, http://www.trameverteetbleue.fr). Son but est de préserver et restaurer une trame spatiale correspondant à un réseau écologique fonctionnel, à trois échelles territoriales : nationale, régionale, locale.

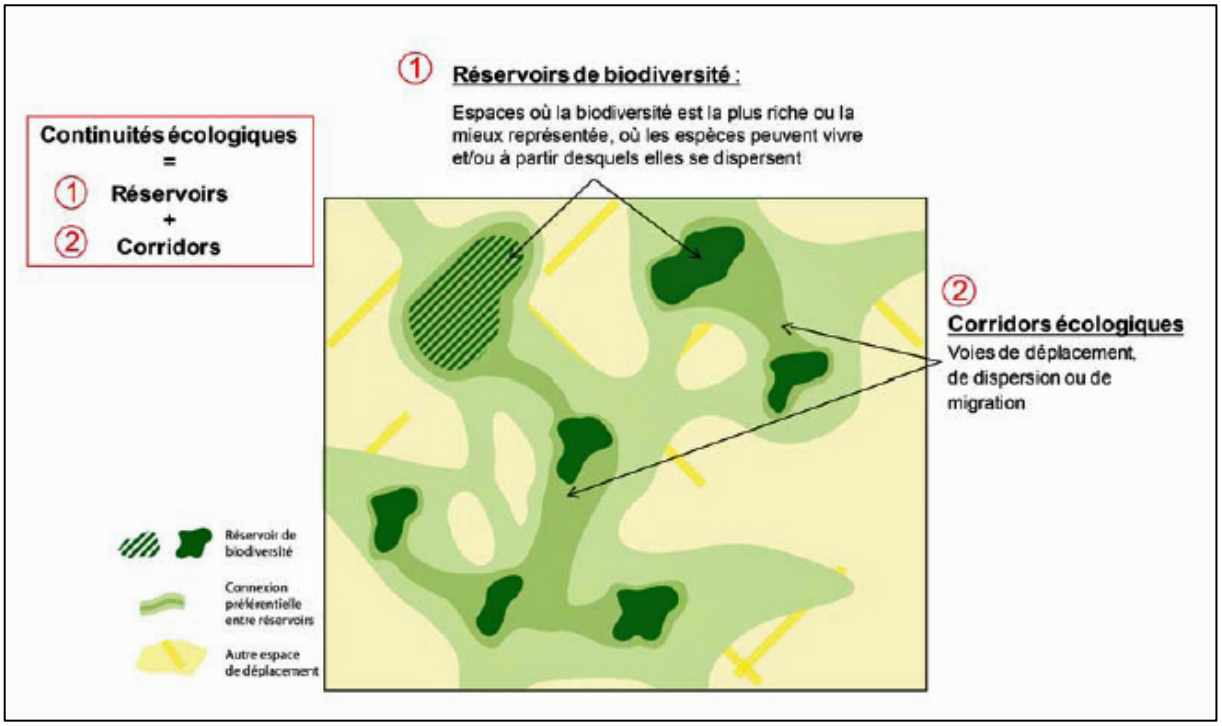

Figure 1 : La Trame verte et bleue est constituée de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques. © SRCE Bretagne

Les continuités écologiques qui forment ce réseau sont elles-mêmes constituées de réservoirs de biodiversité et de corridors. La TVB reprend ainsi des concepts issus de l'écologie des paysages (ex : Keitt *et al.*, 1997 ; Henein & Merriam, 1990 ; Pulliam, 1988 ; Forman & Baudry, 1984, et voir les Regards R6 et RO4). Les réservoirs de biodiversité servent de lieux de vie et de reproduction, tandis que les corridors sont dédiés aux déplacements des espèces entre ces sites.

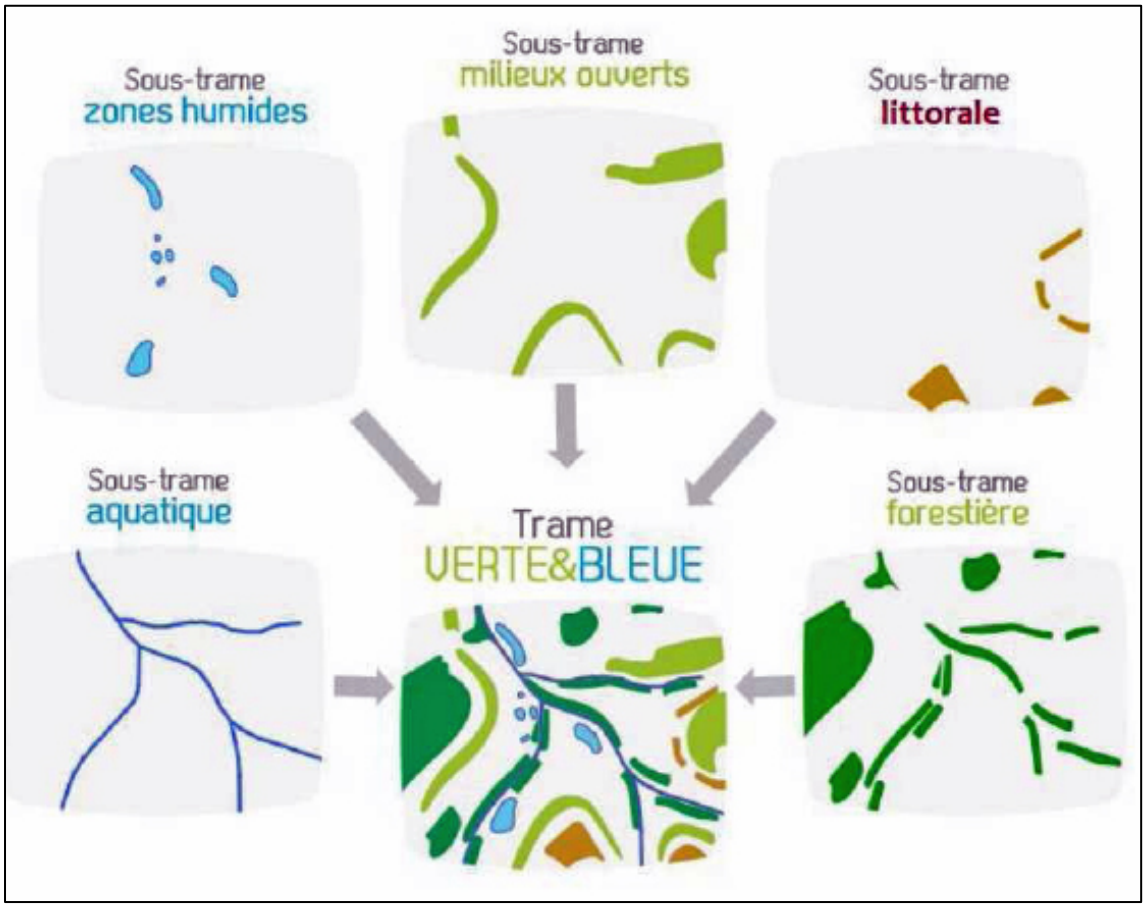

Figure 2 : La Trame verte et bleue est une compilation de sous-réseaux écologiques appelés « sous-trames ». © SRCE Basse-Normandie, d'après IRSTEA 2010.

Les limites de périmètre dans le cadrage actuel de la TVB

Une dizaine d'années environ ont donc déjà passé depuis l'émergence de cette politique publique et des débats associés. Ces débats et leur traduction législative et règlementaire s'étaient appuyés dès 2007 sur un important corpus de connaissances - en génétique et dynamique des populations, éthologie, écologie des communautés et des paysages, dynamique des réseaux écologiques, fonctionnement des écosystèmes, etc. (ex : Burel 1989 ; Fahrig 2003 ; Gerlach & Musolf 2000 ; Tewksbury *et al.*, 2002 ; Malanson & Armstrong, 1996 ; Dunthorn & Errington, 1964) accumulées depuis les années 1950 et qui n'étaient peu ou pas pris en compte jusqu'alors dans l'aménagement du territoire.

D'autres expériences de politiques simi-laires en Europe étaient également déjà disponibles depuis une décennie environ (Jongman, 1995). En 2014, un ensemble d'orientations nationales ont été définies pour cette politique pour en fixer les grands objectifs et les contours. Depuis, les connaissances en écologie appliquée ont continué de progresser,

soulignant la nécessité de prendre en compte la complexité du vivant et de ses modalités de mobilité dans le contexte des changements globaux. De nouvelles problématiques liées à la fragmentation des habitats ont émergé ou se sont fortement amplifiées dans le domaine de la recherche.

Au regard de ces évolutions scientifiques, trois principales limites peuvent aujour-d'hui être relevées dans le périmètre du cadrage national actuel de la TVB :

1 - La variabilité abordée est presque exclusivement spatiale (aires de répartition des espèces, des populations, domaines vitaux des individus, …). L'échelle temporelle est en grande partie occultée, en particulier la variabilité cyclique des déplacements à l'échelle d'une journée, selon le rythme nycthéméral (rythme fonctionnel suivant la variation de luminosité du jour et de la nuit) des espèces considérées (ex : Saldaña-Vasquez & Munguia-Rosas, 2013 ; Daly *et al.*, 1992 ; Hailman, 1984). Pourtant, cette périodicité peut engendrer des problématiques très spécifiques de fragmentation, circonscrites dans le temps (par exemple liées à l'éclairage artificiel nocturne).

2 - L'espace est considéré presque uniquement comme un plan (deux dimensions) situé au niveau de la surface terrestre (incluant la végétation) ou dans l'eau (continuité aquatique et sédimen-taire). Pourtant, des déplacements ont également lieu en hauteur - dans l'air - ou en profondeur - dans le sol - où la biodiversité est susceptible de rencontrer des barrières bien particulières (ex : éoliennes).

3 - Les principaux facteurs de fragmentation considérés sont des infrastructures matérielles. Les infrastructures linéaires de transport sont visées en priorité, ainsi que les obstacles à la continuité aquatique et sédimentaire (seuils/dénivellations, barrages, …). Pourtant, d'autres sources de fragmentation, « immatérielles », sont désormais reconnues par la littérature scientifique. Les pollutions - chimique, lumineuse, sonore - sont en effet susceptibles d'occasionner des barrières pour le vivant.

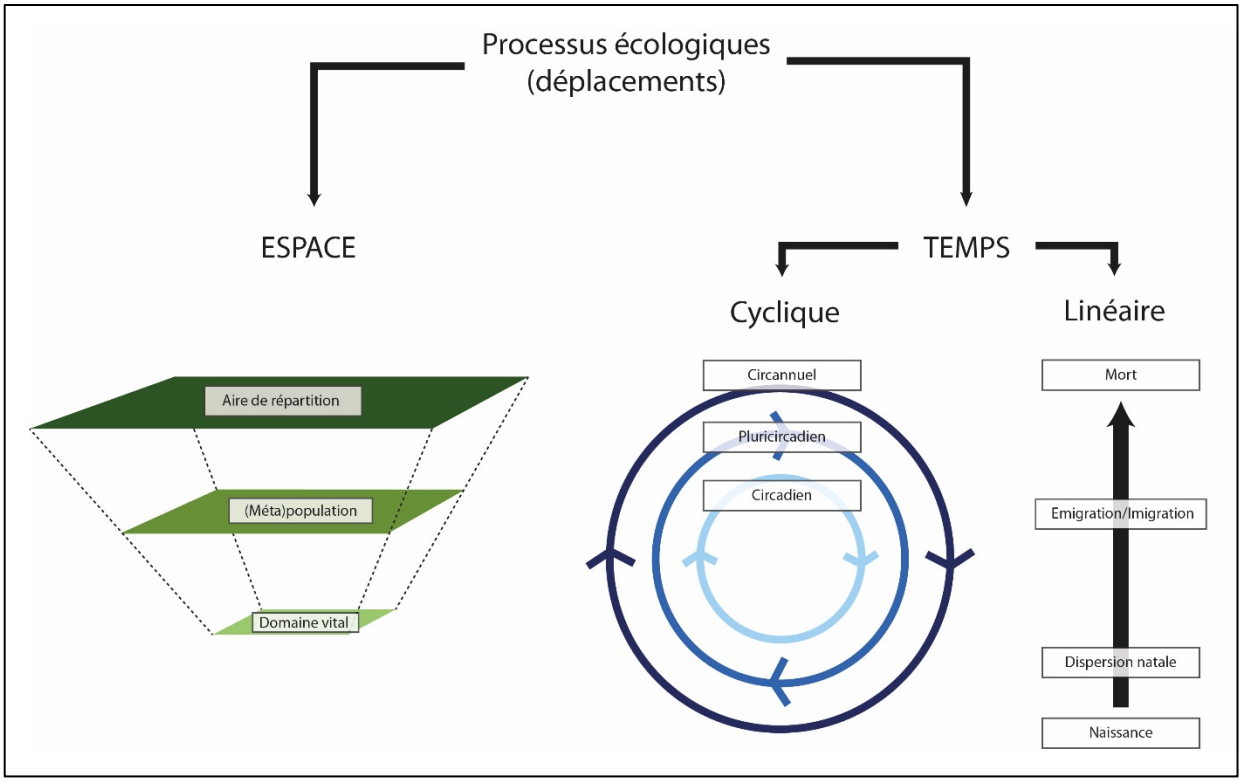

Figure 3 : Echelles spatiales et échelles temporelles © Romain Sordello

Aujourd'hui, la phase d'adoption des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) - qui concrétisent la politique TVB à l'échelle régionale - est achevée. La TVB a également été déclinée sur de nombreux territoires infrarégionaux (documents d'urbanisme, chartes de parcs naturels régionaux (PNR), …). Il ressort de ces expériences que les acteurs régionaux et locaux ont déjà entamé des démarches prospectives sur ces thématiques nouvelles liées aux continuités écologiques, qui ne sont pas ou très peu détaillées dans le cadrage national actuel de la TVB. Ainsi, de nouvelles trames sont aujourd'hui à la fois préconisées par les scientifiques et expérimentées par les acteurs opérationnels.

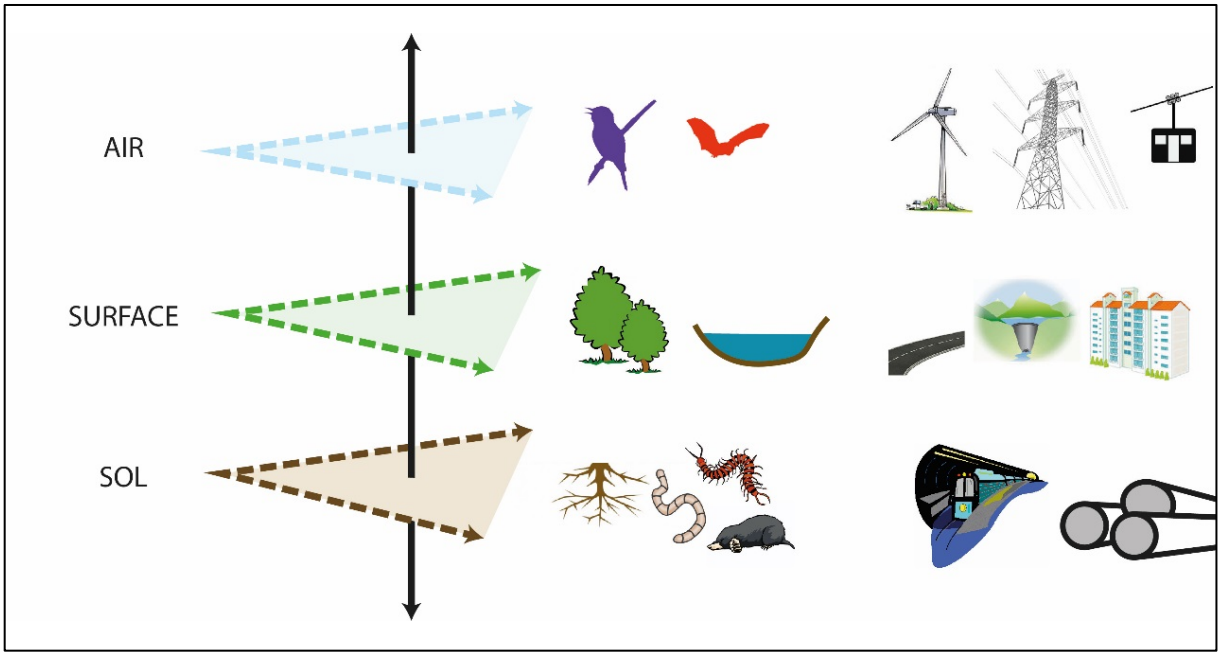

Figure 4 : Les trois compartiments de l'espace - air, surface, sol - habités par la biodiversité. Le compartiment aquatique est ici considéré comme étant situé au niveau de la surface, en interaction avec le compartiment de l'air et du sol, même si ce milieu aquatique est lui-même habité également dans sa verticalité. © Romain Sordello

Des trames complémentaires

Un réseau écologique pour les espèces volantes : la trame aérienne

Une partie de la faune se déplace en volant à des altitudes élevées, notamment les oiseaux et les chauves-souris. Ces déplacements aériens peuvent être contraints par différentes constructions humaines (éoliennes, lignes électriques,…) pouvant causer une mortalité directe par collision (ex : Liechti *et al*., 2013), électrocution ou encore barotraumatisme (traumatisme provoqué par un changement de pression pouvant engendrer des lésions voire la mort ; ici la vitesse extrême des pales des éoliennes engendre une baisse brutale de la pression atmosphérique à leur voisinage) (ex : Baerwald *et al*., 2008).

Au regard de cette problématique, un réseau écologique fonctionnel et sécurisé pour les déplacements de la faune dans les airs - appelé « trame aérienne » - est conseillé. A la Réunion une trame aérienne a déjà été identifiée en complément de la trame terrestre (DEAL Réunion, 2014). Certains SRCE prévoient de faire de même prochainement (ex : en Rhône-Alpes le plan d'action stratégique du SRCE prévoit de « *Cartographier la Trame aérienne pour la révision du SRCE* »). D'autres SRCE comportent déjà des cartes indicatives dans leur diagnostic, illustrant les voies de migration de l'avifaune (ex : Midi-Pyrénées) ou des chiroptères (ex : Champagne-Ardenne).

Figure 5 : Les lignes électriques constituent des barrières pour la faune aérienne. © Romain Sordello

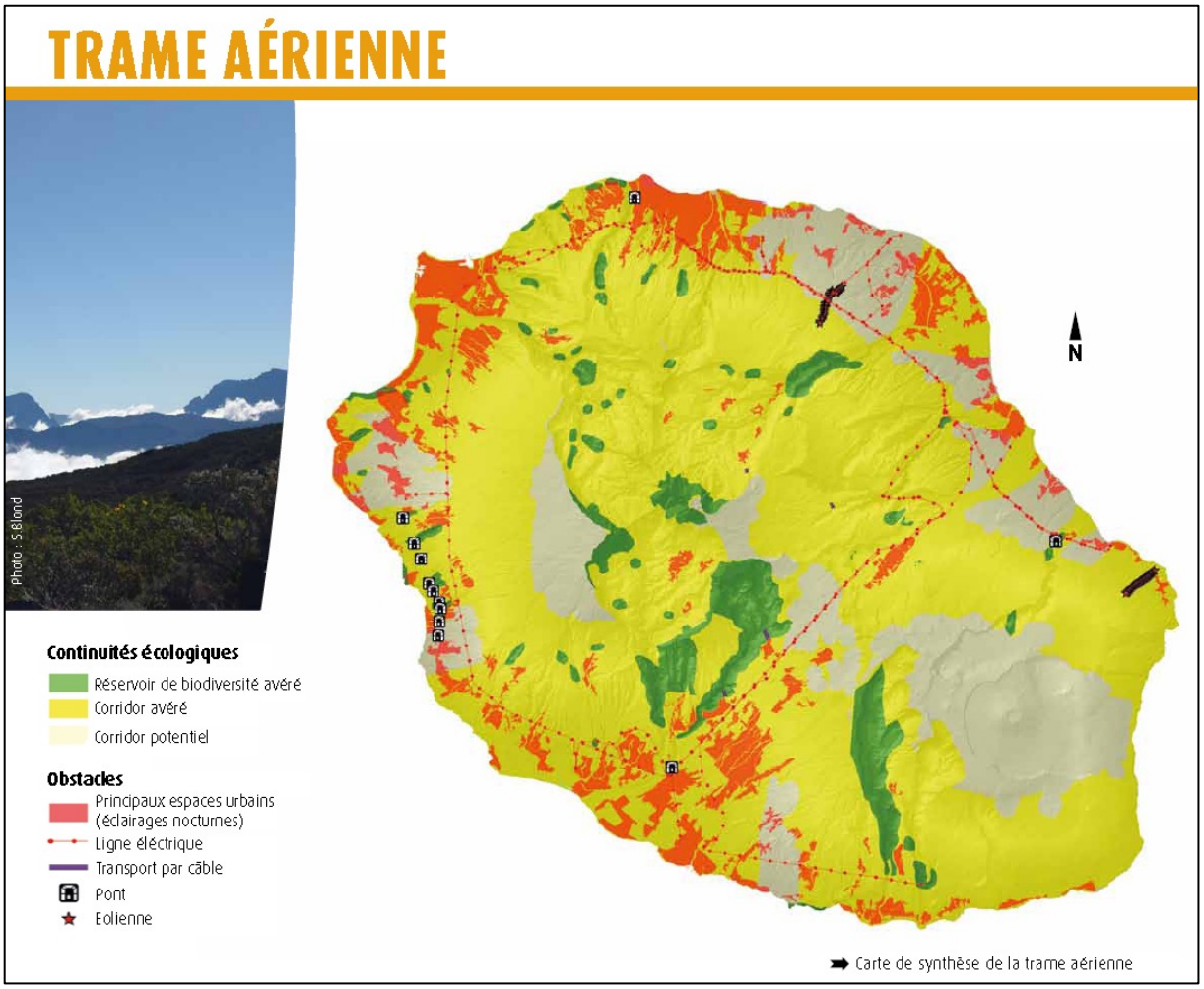

Figure 6 : Trame aérienne Réunion. © DEAL Réunion, 2014

Un réseau écologique pour la biodiversité du sol : la trame brune

Les sols constituent un habitat pour de nombreux groupes biologiques (cf. Regards n°28, n°70 et RO1). Ces premiers centimètres de la croûte terrestre abritent en effet des bactéries, champignons, faune invertébrée (nématodes, collemboles, lombrics, …), des mammifères (rongeurs, insectivores, carnivores et autres constructeurs de terriers, galeries) ou encore des végétaux (par leur système racinaire) (ex : Wolters, 2001 ; Bardgett & Cook, 1998 ; Brussaard, 1997). On estime même que plus d'un quart des espèces terrestres seraient présentes dans les sols (Jeffery *et al.*, 2010). Pour tous ces organismes, le sol est à la fois un lieu de vie et de déplacement (ex : Mathieu, 2016 ; Eijsackers, 2011 ; Auclerc *et al.*, 2009).

Ces déplacements sont susceptibles de se heurter à de nombreux obstacles souterrains. Les sociétés humaines colonisent en effet fortement le compartiment du sol : fondation des habitations, réseau de transport d'énergie (ex : gazoducs) ou de personnes (ex : métro). Certaines activités humaines, comme l'extraction de matériaux ou l'agriculture, ont également des incidences directes sur le sol (ex : Falco *et al.*, 2015 ; Menta *et al.*, 2014). En ville, les espaces de pleine terre peuvent être rares ; de nombreux espaces verts - par exemple en bords de rues - se limitent à des grands bacs de terre sans communication entre eux. Pourtant les arbres peuvent aussi avoir besoin d'échanger des nutriments entre eux via leurs racines (ex : Klein *et al.*, 2016).

Face à cela, il parait essentiel de préserver une continuité écologique dans le sol, en complément de la continuité écologique en surface (zones non imperméabilisées) déjà prise en compte par la TVB. Le terme de « trame brune » est alors utilisé pour désigner ce réseau écologique en profondeur, à préserver et restaurer (Chalot, 2016 ; Natureparif, 2012). A l'échelle des régions, aucun SRCE n'en a identifié. En revanche, deux SRCE (ceux des anciennes régions de Franche-Comté et du Centre, adoptés en 2015) ont caractérisé des réservoirs de biodiversité spécifiques représentant les gîtes à chiroptères souterrains, ce qui témoigne d'une amorce de réflexion sur la vie sous terre.

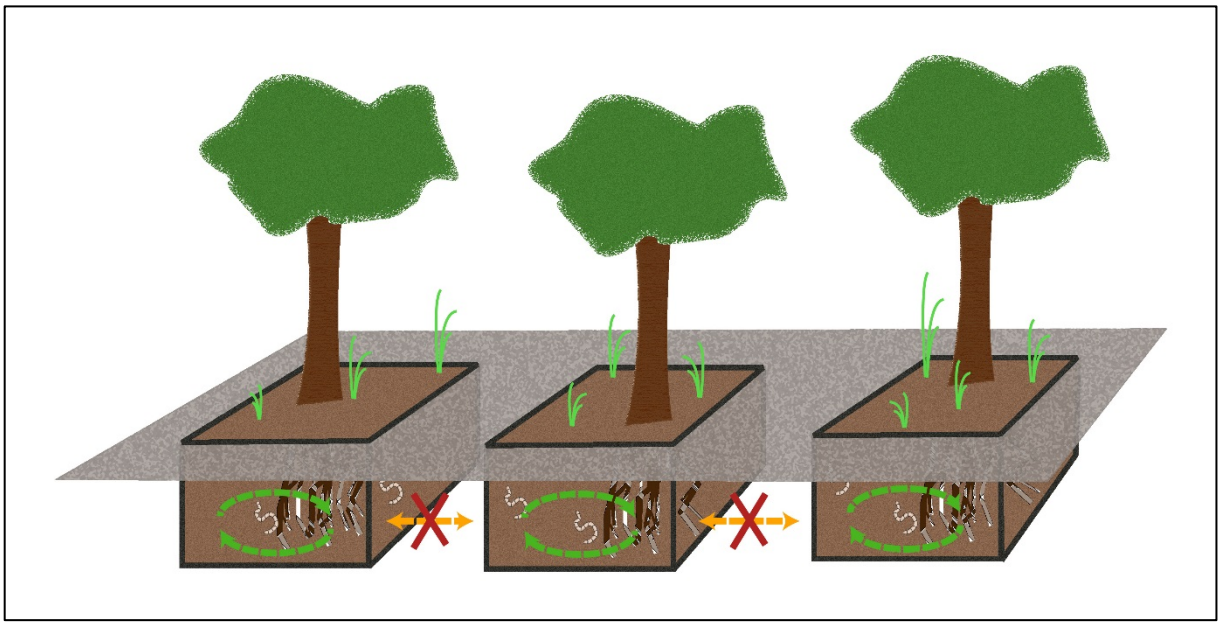

Figure 7 : Problématique de fragmentation des sols en ville, d'après Chalot, 2016 © Romain Sordello

Un réseau écologique pour la vie la nuit : la trame noire

Certaines espèces ont un rythme d'activité journalier marqué, parfois bimodal (crépuscule/aube), avec par conséquent des déplacements ciblés dans le temps (cycle nychtéméral). Des cas de figures complexes peuvent aussi exister : par exemple certaines espèces dites diurnes réalisent en réalité un évènement fondamental de leur cycle annuel la nuit (c'est le cas de la migration des oiseaux deux fois par an pour la plupart d'entre eux, e.g. Wiltschko *et al.*, 1987). Au final, une majorité d'espèces animales s'activent/se déplacent en totalité ou en partie la nuit (Hölker *et al.*, 2010).

Figure 8 : Pollution lumineuse. © Romain Sordello

Or, l'éclairage nocturne s'est considérablement déployé à l'échelle planétaire ces dernières décennies, générant une pollution lumineuse pour le vivant (Falchi *et al.*, 2016). Aujourd'hui, la littérature scientifique montre que, au-delà de dégrader la qualité de l'habitat des espèces la nuit, cette lumière artificielle est aussi une source de fragmentation « *per se* » c'est-à-dire que certains animaux ne peuvent franchir des structures éclairées (ex : Van Grunsven *et al.*, 2017 ; Bliss-Ketchum *et al.*, 2016 ; Beier, 1995).

Face à cette menace, le maintien de réseaux écologiques obscurs, désignés sous l'appellation « trame noire », apparait comme une solution. De toutes les trames complémentaires évoquées dans cet article, la trame noire est sans conteste la plus anciennement proposée (Challéat, 2010). Un tiers des SRCE la mentionnent, avec l'ambition de la caractériser à moyen ou long terme (Sordello, 2015). Divers projets sont également en cours, pilotés par des bureaux d'études (projet TRAME NOIRE du bureau d'études Biotope mené à Lille) ou des espaces naturels (projet « Trame sombre » mené sur le Parc national des Pyrénées et le PNR des Pyrénées ariégeoises).

D'autres trames encore

D'autres trames encore seraient légitimes et sont pour certaines déjà évoquées par des acteurs de la TVB. Notamment, la pollution sonore aurait elle aussi des impacts de type « fragmentation » (ex : Troïanowski *et al.*, 2017 ; Jones, 2008) ; ce qui pourrait justifier une « trame de quiétude » (EEA, 2014). Le SRCE de Provence-Alpes-Côte-D'azur prévoit dans son plan d'action le « *Développement ou approfondissement de nouvelles recherches sur les différentes trames : Trame nuit, Trame son, magnétique, air* », incluant ainsi également la problématique des ondes électromagnétiques et de la pollution atmosphérique. On peut citer aussi les pollutions chimiques (pesticides, eau, …) parmi les sources de fragmentation « immatérielle ».

Comment caractériser ces nouvelles trames ?

Cette diversité du phénomène de fragmentation des habitats semble impliquer inévitablement une multiplication des trames qu'il faudrait identifier, préserver et restaurer. La tâche est d'autant plus complexe que chacune de ces trames doit elle-même théoriquement se décliner en plusieurs sous-réseaux par types de milieux (sous-trames). Par exemple, la trame noire doit comporter aussi bien des continuités forestières qu'aquatiques, compte tenu de la diversité des cortèges d'espèces impactés par la pollution lumineuse. Il s'agit ainsi de caractériser de nouvelles trames et non pas simplement de nouvelles sous-trames. La question de l'opérationnalité se pose donc et une mutualisation des démarches serait utile.

A cette fin, il parait nécessaire de distinguer :

- d'un côté, les trames aériennes et souterraines, qui constituent des réseaux écologiques situés à d'autres niveaux d'espaces que la TVB actuelle. A ce sujet, il semble nécessaire d'identifier de nouveaux réseaux écologiques impossibles à déduire de la TVB existante. Par exemple, la modélisation des corridors et réservoirs de biodiversité dans le sol nécessite à la fois des données spécifiques sur l'environnement (ex : pédologie) et sur les espèces ou groupes d'espèces locaux (ex : lombrics, myriapodes), ce qui diffère des modèles de perméabilité du paysage habituels.

- d'un autre côté, les trames relatives à des pollutions (lumière, son, substances, …). Pour ces trames au moins deux solutions existent. Ces pollutions peuvent être prises en compte comme des facteurs diminuant la « perméabilité » du paysage (Sordello *et al.*, 2014). Elles peuvent ainsi être considérées dans les modélisations des continuités écologiques, à part ou cumulées aux facteurs usuellement considérés (fragmentation matérielle), dans une approche que l'on pourrait qualifiée d'« intégrative ». Sinon, une autre démarche plus rapide, que l'on pourrait appeler « déductive », est possible en effectuant une extraction *a posteriori* par un croisement cartographique entre ces pressions et la TVB telle qu'elle est identifiée actuellement. C'est la démarche utilisée par le bureau d'études Dark Sky Lab sur les territoires du PNP et du PNR PA pour caractériser leur trame sombre. Avec cette dernière option, les trames correspondants (ex : trame noire) sont donc incluses dans la TVB actuelle.

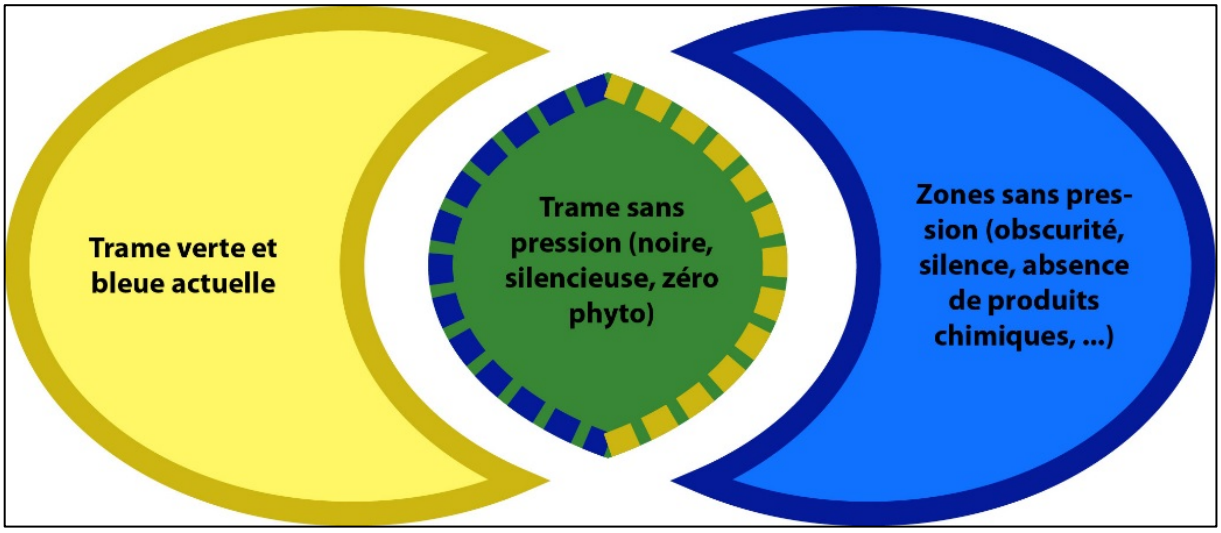

Figure 9 : Caractérisation d'une trame noire, silencieuse ou sans produits chimiques par croisement entre la TVB actuelle et les cartes des pressions en question (lumière, bruit, pesticides, …)
© Romain Sordello (d'après Sordello, 2017a)

D'autres approches possibles au-delà de la caractérisation de ces trames

L'approche par les obstacles

Qu'il s'agisse des contraintes aux déplacements de la faune aérienne ou des contraintes liées aux pollutions (lumineuses, sonores, chimiques), une option peut être de travailler sur les obstacles aux continuités écologiques, quelle que soit la manière dont ces dernières ont été caractérisées. Par croisement cartographique, des zones de conflits peuvent ainsi être identifiées dans le but ensuite de les atténuer, voire de les résorber (Sordello *et al.*, 2014). Cette méthode a notamment été testée par le Parc naturel régional des Causses du Quercy pour la pollution lumineuse (Granier, 2012). Elle

est aussi préconisée pour la trame aérienne en Rhône-Alpes (LPO, 2013).

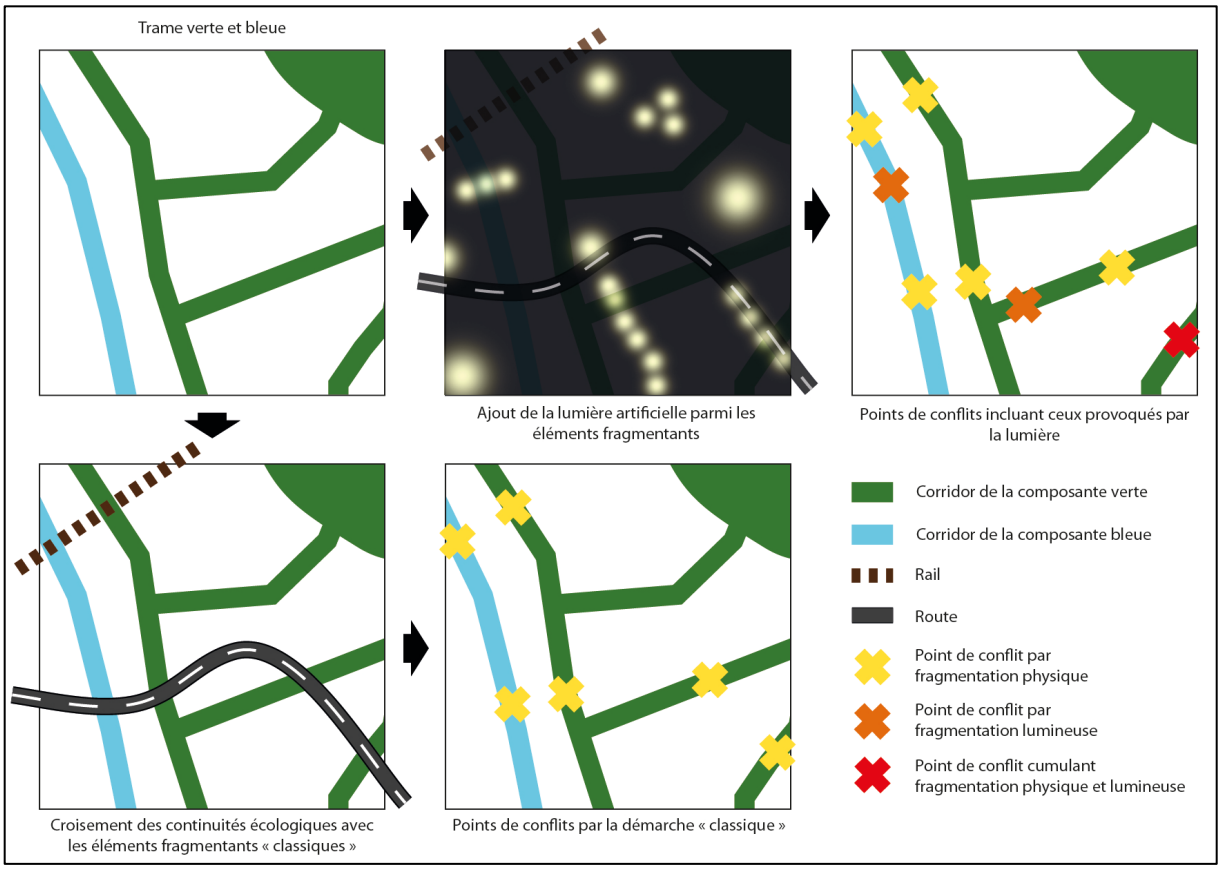

Figure 10 : Identification d'obstacles aux continuités écologiques provoqués par la fragmentation immatérielle de l'éclairage nocturne en plus de ceux provoqués par la fragmentation des infrastructures physiques. © Romain Sordello

L'approche par la gestion

Dans une approche pragmatique qui peut convenir pour les pollutions évoquées ici, une autre option peut consister à gérer ces pressions au sein des continuités écologiques, même si ces dernières n'ont pas été définies sur la base de ces pressions. Ainsi, le niveau sonore, les concentrations de pesticides, la qualité de l'eau, la lumière artificielle peuvent être contrôlés dans les réservoirs et les corridors écologiques par des mesures « génériques ». Par exemple, pour la lumière artificielle, il est possible de travailler sur la spatialisation des points lumineux, sur la temporalité de l'éclairage ou encore sur la qualité/quantité de lumière artificielle (types de lampes, niveaux d'éclairement, orientation des luminaires, …).

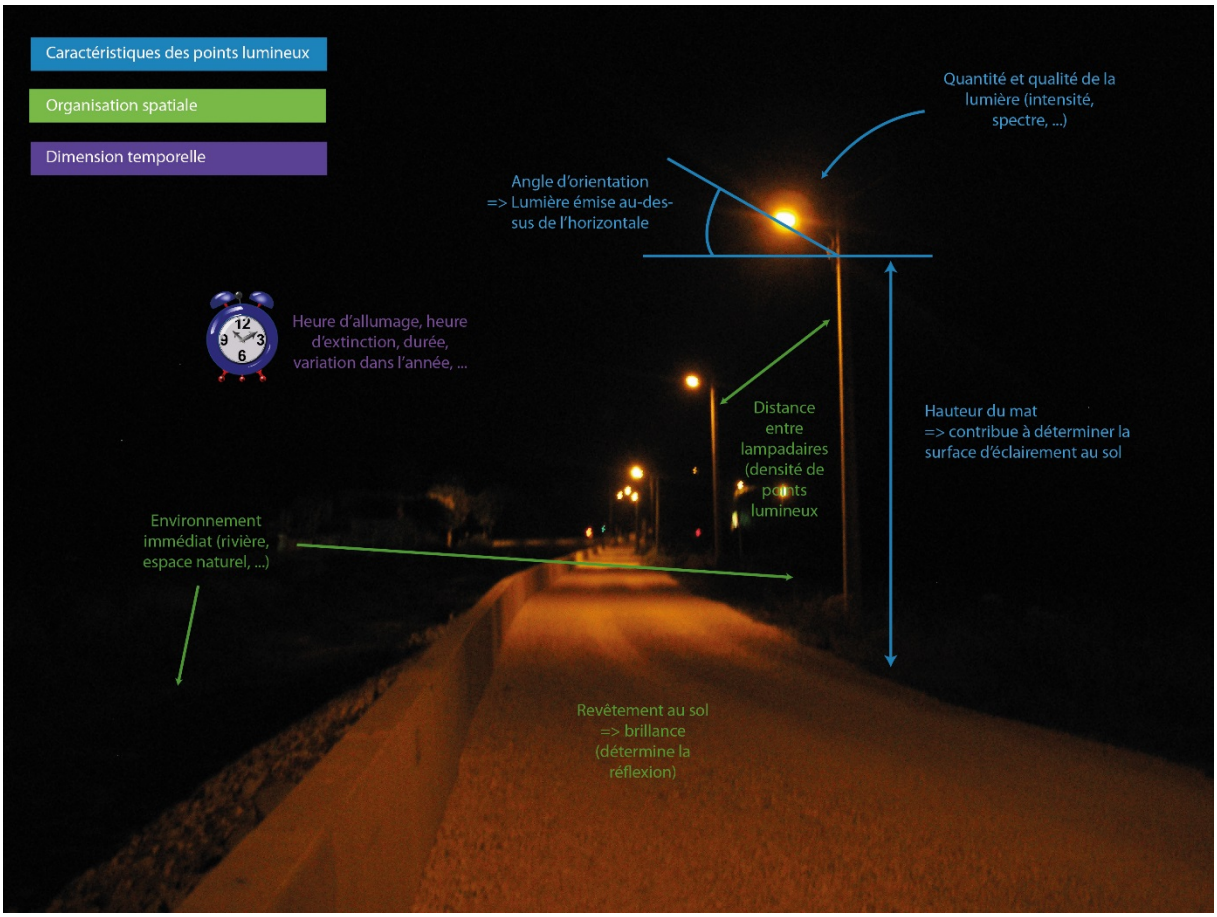

Figure 11 : Trois axes possibles pour gérer la lumière artificielle dans les continuités écologiques
© Romain Sordello

Conclusion

Lors de son émergence en 2007, la politique TVB a marqué une évolution majeure dans les politiques de protection de la nature, de par la thématique qu'elle aborde (fragmentation/connectivité) et son approche (transversale, englobante, multiscalaire). Malgré tout, la connaissance scientifique et les démarches prospectives des acteurs continuent d'élargir peu à peu son assise en mettant encore à jour de nouvelles problématiques de fragmentation et certaines dimensions du vivant insuffisamment considérées jusque-là dans l'aménagement du territoire.

Il existe même un vrai paradoxe car ces problématiques actuellement sous-traitées ont potentiellement des conséquences déterminantes puisqu'elles concernent la majorité du vivant (sol, nuit). Cet article souligne ainsi la manière dont la maitrise d'ouvrage (Ministère public), la recherche et les acteurs opérationnels progressent, tantôt ensemble tantôt séparément, et au final co-construisent une politique, dans un rapport qui n'est pas toujours descendant : en l'occurrence des innovations locales précèdent ici le cadrage national. A ce titre, il parait nécessaire que le cadrage national de la TVB soit mis à jour à court ou moyen terme pour intégrer ces avancées scientifiques et accompagner la dynamique des acteurs opérationnels.

La réflexion sur la manière d'aborder ces nouvelles thématiques et de prendre en compte la complexité spatiale et temporelle des continuités écologiques doit se poursuivre. L'articulation de ces

différentes trames doit faire l'objet d'un vrai débat. Certaines problématiques étant voisines (ex : différents types de pollutions), il existe un véritable intérêt à les aborder ensemble, afin de tendre vers des méthodologies cohérentes. En outre, certaines de ces trames nécessairement se recoupent (ex : trame noire et trame aérienne pour la migration des oiseaux) ; toutefois il faut souligner que c'est déjà le cas dans la trame verte et bleue actuelle (par exemple, les milieux humides peuvent appartenir aussi bien à la trame verte qu'à la trame bleue). Enfin, une réflexion sur la terminologie de ces différentes trames serait utile (par exemple, pour la pollution lumineuse, différentes expressions co-existent déjà telles que trame noire, trame sombre, trame nuit, …).

Toutes ces problématiques dites « émergentes » abordées dans cet article, ne bénéficient pas du même niveau de connaissance et la priorité accordée à leur prise en compte doit donc être fixée en conséquence. Par exemple, le rôle de fragmentation « *per se* » est désormais prouvé pour l'éclairage nocturne alors que, concernant la pollution sonore, son effet fragmentant reste pour le moment plutôt déduit d'une dégradation de l'habitat (ex : Mason *et al*., 2016). De même la biodiversité du sol et l'impact des structures souterraines anthropiques sur ses déplacements constituent un champ de connaissance à explorer. Par ailleurs, même pour les problématiques les plus étudiées, certains points restent lacunaires et les besoins de recherche sont donc forts. Par exemple, en ce qui concerne la pollution lumineuse, l'enjeu est désormais de déterminer les seuils de sensibilité des différents groupes d'espèces (distance aux points lumineux, d'éclairement, …) de manière à quantifier ces effets par guilde d'espèces (groupe d'espèces apparentées selon leurs exigences écologiques, traits de vie, milieux fréquentés, niche écologique occupée, …) et à inclure ces données dans les modèles d'identification des éléments de trames (Sordello, 2017b). Une question fondamentale est aussi de pouvoir hiérarchiser ces différentes pressions selon leur niveau d'impact, pour prioriser les démarches et les « rentabiliser ». Par exemple, il a été démontré dernièrement que la pollution lumineuse expliquait mieux la répartition de certaines chauves-souris à l'échelle nationale que l'urbanisation (au sens physique), probablement du fait de l'action à distance de la lumière artificielle (Azam *et al*., 2016). Ce genre de résultat plaiderait pour encourager plutôt, selon l'échelle et les espèces, une approche par la lumière, plus englobante, que par l'artificialisation des sols.

Enfin, nous avons abordé ici la partie uniquement terrestre et aquatique d'eau douce de la biodiversité mais une démarche sur la connectivité en mer est également en réflexion sur certains territoires. A titre d'exemple, une trame marine a été identifiée à la Réunion en complément de la trame aérienne et de la trame terrestre.

Bibliographie

AUCLERC A., PONGE J.F., BAROT S. & DUBS F. (2009).— Experimental assessment of habitat preference and dispersal ability of soil springtails. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 41. Numéro 8. Pages 1596–1604. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.04.017

AZAM C., LE VIOL I., JULIEN J.-F., BAS Y. & KERBIRIOU C. (2016).— Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program. *Landscape Ecology* 31: 2471. http://doi.org/10.1007/s10980-016-0417-3

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*. Volume 18, Issue 16, 26 August 2008, Pages R695–R696. http://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.029

BARDGETT R.D. & COOK R. (1998). Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands. *Applied Soil Ecology*. Volume 10. Numéro 3. Pages 263–276. http://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00125-5

BEIER P. (1995). Dispersal of Juvenile Cougars in Fragmented Habitat. *The Journal of Wildlife Management*. Volume 59. Numéro 2. Pages 228-237. http://doi.org/10.2307/3808935

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*. Volume 199. Pages 25–28. http://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.025

BUREL F. (1989).— Landscape structure effects on carabid beetles spatial patterns in western France. *Landscape Ecology*. Volume 2. Numéro 4. Pages 215-222. http://doi.org/10.1007/BF00125092

BRUSSAARD L. (1997).— Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil. *Ambio*. Volume 26. Numéro 8 (Dec., 1997). Pages 563-570.

CHALOT R. (2016).— *Trame brune* [En ligne]. Blog du bureau d'études Lichen. https://agencelichen.wordpress.com/2016/09/21/trame-brune/#sdfootnote5sym

CHALLEAT S. (2010).— *« Sauver la nuit » – Empreinte lumineuse, urbanisme et gouvernance des territoires*. Thèse de Géographie, Université de Bourgogne. 540 pages.

DALY M., BEHRENDS P.R., WILSON M.I. & JACOBS L.F. (1992).— Behavioural modulation of predation risk: moonlight avoidance and crepuscular compensation in a nocturnal desert rodent, Dipodomys merriami. *Animal behaviour*. Volume 44. Numéro 1. Pages 1-9. https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80748-1

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT DE LA REUNION (2014).— *Etude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à la Réunion*. 27 pages. http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJOINT_0014222&search=

EIJSACKERS H. (2011). Earthworms as colonizers of natural and cultivated soil environments. *Applied Soil Ecology*. Volume 50, October 2011, Pages 1–13. http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.07.008

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2014). *Good practice guide on quiet areas*. Technical report No 4/2014. 53 pages. http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas

FALCHI F., CINZANO P., DURISCOE D., KYBA C.C.M., ELVIDGE C.D., BAUGH K., PORTNOV B.A., RYBNIKOVA N.A. & FURGONI R. (2016).— The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*. Volume 2. Numéro 6, e1600377. http://doi.org/10.1126/sciadv.1600377

FALCO L.B., SANDLER R., MOMO F., DI CIOCCO C., SARAVIA L & COVIELLA C. (2015). Earthworm assemblages in different intensity of agricultural uses and their relation to edaphic variables. *PeerJ*. 3: e979. http://doi.org/10.7717/peerj.979

FAHRIG L. (2003).— Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. Volume 34. Pages 487-515. http://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419

FORMAN R.T.T. & BAUDRY J. (1984).— Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management*. 8: 495-510. http://doi.org/10.1007/BF01871575

GERLACH B. & MUSOLF K. (2000).— Fragmentation of landscape as a cause for genetic

subdivision in bank voles. Conservation Biology. Volume 14. Numéro 4. Pages 1066–1074. http://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98519.x

GRANIER H. (2012).— Comment prendre en compte la pollution lumineuse dans l'identification des continuités écologiques ?. Parc naturel régional des Causses du Quercy. 100 pages + annexes. http://doc-nievre-itis1.antisearch.net/142533/M/MemoireFinal.TVBPollLum.HGranier.2012_DIFF.pdf

HAILMAN J.P. (1984).— Bimodal nocturnal activity of the the Western Toad (Bufo boreas) in relation to ambient illumination. *Copeia*. Volume 1984. Numéro 2. Pages 283-290. http://doi.org/10.2307/1445183

HENEIN K. & MERRIAM G. (1990).— The elements of connectivity where corridor quality is variable. Landscape. *Ecology*. Volume 4. Pages 157-170. http://doi.org/10.1007/BF00132858

HÖLKER F., WOLTER C., PERKIN E.K. & TOCKNER K. (2010).— Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*. Volume 25. Numéro 12. Pages 681–682. http://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007

JEFFERY S., GARDI C., JONES A., MONTANARELLA L., MARMO L., MIKO L ;, RITZ K., PERES G., ROMBKE J. & VAN DER PUTTEN W.H. (2010).— *Atlas Européen de la Biodiversité des Sols*. Commission européenne. Bureau des publications de l'Union européenne, Luxembourg. Disponible en version électronique sur : http://bookshop.europa.eu/fr/atlas-europ-en-de-la-biodiversit-des-sols-pbLBNA24375/downloads/LB-NA-24375-FR-C/LBNA24375FRC_002.pdf?FileName=LBNA24375FRC_002.pdf&SKU=LBNA24375FRC_PDF&CatalogueNumber=LB-NA-24375-FR-C

JONES G. (2008).— Sensory Ecology: Noise Annoys Foraging Bats. *Current Biology*. Volume 18. Numéro 23. Pages R1098–R1100. http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2008.10.005

JONGMAN R.H.G. (1995).— Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning*. Volume 32. Pages 169-183. https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)00197-O

KEITT T.H., URBAN D.L. & MILNE B.T. (1997).— Detecting critical scales in fragmented landscapes. *Conservation Ecology* [online] 1(1): 4. Available from the Internet. URL: http://www.consecol.org/vol1/iss1/art4/

KLEIN T., SIEGWOLF R.T.W. & KÖRNER C. (2016).— Belowground carbon trade among tall trees in a temperate forest. *Science*. http://doi.org/10.1126/science.aad6188

LIECHTI F., GUÉLAT J. & KOMENDA-ZEHNDER S. (2013).— Modelling the spatial concentrations of bird migration to assess conflicts with wind turbines. *Biological Conservation*. Volume 162, June 2013, Pages 24–32. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.03.018

LIGUE DE PROTECTION DES OISEAUX (2013).— *Contribution de la LPO Rhône-Alpes au volet « stratégie et mesures » du Schéma Régional de Cohérence Ecologique*. 3 pages. https://auvergne-rhone-alpes.lpo.fr/IMG/pdf/trame_aerienne_note_lpora_v3.pdf

MASON J.T., MCCLURE C.J.W. & BARBERA J.R. (2016). Anthropogenic noise impairs owl hunting behavior. *Biological Conservation*. Volume 199. Pages 29–32. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.009

MATHIEU J. (2016).— *Biodiversité et syndrome de dispersion dans les communautés de macrofaune du sol*. Thèse de doctorat. Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris. https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01342216

MENTA C., CONTI F.D., PINTO S., LEONI A. & LOZANO-FONDÓN C. (2014). Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. *Applied Soil Ecology*. Volume 83. Pages 22–29. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.013

NATUREPARIF (2012).— *Urbanisme : intégrer les enjeux relatifs à la biodiversité*. Victoires Editions. 17 pages. http://www.natureparif.fr/connaitre/publications/g

uides-pratiques/les-fiches-pratiques/document/documents-durbanisme-integrer-les-enjeux-relatifs-a-la-biodiversite-1?format=raw

Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, approuvées par le décret n°2014-45 du 20 janvier 2014. http://www.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/Document-cadre%20Orientations%20nationales%20pour%20la%20pr%C3%A9servation%20et%20la%20remise%20en%20bon%20%C3%A9tat%20des%20continuit%C3%A9s%20%C3%A9cologiques.pdf

PULLIAM H.R. (1988).— Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist*. Volume 132. Numéro 5. Pages 652-661.

SALDAÑA-VÁZQUEZ R.A. & MUNGUÍA-ROSAS M.A. (2013).— Lunar phobia in bats and its ecological correlates: A meta-analysis. *Mammalian Biology*. Volume 78. Numéro 3. Pages 216–219. https://doi.org/10.1016/j.mambio.2012.08.004

SORDELLO R. (2017a).— Pollution lumineuse et trame verte et bleue : vers une trame noire en France ?. *Territoires en mouvement*. Soumis

SORDELLO R. (2017b).— Trame verte et bleue : bilan des besoins, enjeux et actions de connaissance identifiés par les Schémas régionaux de cohérence écologique. *Naturae*. A paraitre

SORDELLO R. (2015).— *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 / Centre de ressources TVB. 15 pages. http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/mnhn-spn_bilan_srce_pollution_lumineuse_mai_2015.pdf

SORDELLO R., VANPEENE S., AZAM C., KERBIRIOU C., LE VIOL I. & LE TALLEC T. (2014).— *Effet fragmentant de la lumière artificielle. Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques ?*. Muséum national d'histoire naturelle, Centre de ressources Trame verte et bleue. 31 pages. http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/141125_-_pollution_lumineuse_et_fragmentation.pdf

TROÏANOWSKI M., MONDY N., DUMET A., ARCANJO C. & LENGAGNE T. (2017).— Effects of traffic noise on tree frog stress levels, immunity and color signaling. *Conservation biology*. http://doi.org/10.1111/cobi.12893

TEWKSBURY J.J., LEVEY D.J., HADDAD N.M., SARGENT S., ORROCK J.L., WELDON A., DANIELSON B.J., BRINKERHOFF J., DAMSCHEN E.I. & TOWNSEND P. (2002).— Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *PNAS*. Volume 99. Numéro 20. Pages 12923–12926. http://doi.org/10.1073/pnas.202242699

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*. Volume 38. Numéro 1. Pages 49-55. http://doi.org/10.1163/15685381-00003081

WILTSCHKO W., DAUM P., FERGENBAUER-KIMMEL A. & WILTSCHKO R. (1987).— The Development of the Star Compass in Garden Warblers, Sylvia borin. *Ethology*. Volume 74. Numéro 4. Pages 285-292. http://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1987.tb00939.x

WOLTERS V. (2001).— Biodiversity of soil animals and its function. *European Journal of Soil Biology*. Volume 37. Pages 221–227. https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01088-3

Regards connexes :

Regard R6 : La fragmentation des habitats, par John Thompson et Ophélie Ronce, 18 novembre 2010. https://www.sfecologie.org/regard/regards-6-thompson-ronce/

Regard R28 : Les écosystèmes du sol, par Sébastien Barot et Florence Dubs, 17 février 2012. https://www.sfecologie.org/regard/r28-sols-barot-et-dubs/

Regard RO1 : Des préoccupations d'une direction de l'Environnement à une politique de recherche en faveur de la biodiversité en région Nord-Pas-de-Calais, par M. Veyrières *et al*., 4 février 2016. https://www.sfecologie.org/regard/ro1-des-preoccupations-dune-direction-de-lenvironnement-a-une-politique-de-recherche-en-faveur-de-la-biodiversite-en-region-nord-pas-de-calais/

Regard RO4 : Nouveaux horizons pour l'Ecologie des paysages, par Marc Deconchat et Clélia Sirami, 20 mars 2017. https://www.sfecologie.org/regard/ro4-ecologie-des-paysages-m-deconchat-et-c-sirami/

Regard R70 : Variations en sol majeur, par Jean-François Ponge, 20 février 2017. https://www.sfecologie.org/regard/r70-fev-2017-j-f-ponge-sol-majeur/

Regard R72 édité et mis en ligne par Anne Teyssèdre pour la Société Française d'Ecologie et Evolution (SFE2), suivi d'un débat en ligne : https://www.sfecologie.org/regard/r72-mai-2017-r-sordello-corridors-ecologiques/

Regards et débats sur la biodiversité : https://www.sfecologie.org/regards/