

Projets de paysage

Revue scientifique sur la conception et l'aménagement de l'espace

Clémence Vannier, Thomas Delattre, Violette Le Féon, Chloé Vasseur, Hugues Boussard

Paysage et interdisciplinarité : regards croisés sur la zone atelier de Pleine-Fougères en Bretagne

Landscape and interdisciplinarity : exchange vues over the Zone Atelier of Pleine-Fougères

Si un tel assemblage d'arbres, de montagnes, d'eaux et de maisons que nous appelons un paysage est beau, ce n'est pas par lui-même, mais par moi.

Baudelaire, *Curiosités esthétiques*

Introduction

La zone atelier de Pleine-Fougères représente un territoire commun à de nombreux chercheurs appartenant à différentes disciplines. La ZA¹ est à la fois une ressource commune en termes de bases de données mais également un outil de recherche interdisciplinaire sur et par le paysage. Le paysage, produit d'interactions entre nature et société, offre une entrée commune aux différentes recherches. Quatre travaux de thèse, en écologie du paysage et en géographie, cherchent ici à répondre à une question de recherche interdisciplinaire, à une représentation commune et partagée du concept de paysage :

1. une thèse centrée sur l'interaction entre les changements d'usage des terres et les changements climatiques, et ses impacts sur les déplacements individuels d'un papillon ;
2. une thèse s'intéressant aux relations entre les types de paysages agricoles et l'abondance et la diversité des insectes pollinisateurs ;
3. une thèse portant sur la modélisation spatio-temporelle de l'impact des pratiques agricoles sur la viabilité des populations d'espèces modèles dans le but d'évaluer écologiquement des scénarios agronomiques ;
4. une thèse portant sur la représentation spatiale des pratiques agricoles à partir de données de télédétection, et l'évaluation de nouvelles méthodes de traitement d'images pour l'identification et la caractérisation de structures paysagères telles que le bocage.

À travers ces quatre travaux de thèse utilisant la ZA avec des approches très différentes, nous présenterons ici :

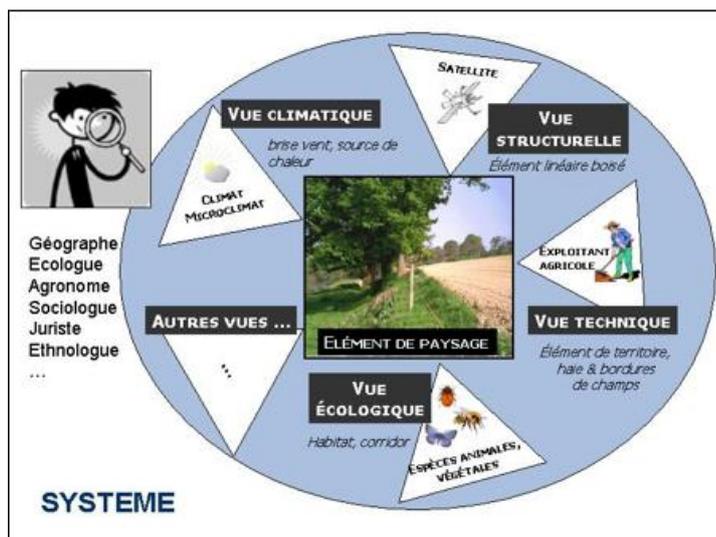
1. notre conceptualisation commune du paysage selon un espace multi-couche ;
2. le territoire de la ZA, ses recherches, son paysage, ses données ;
3. la manière de croiser les différentes « couches » du paysage pour répondre à des questions de recherche interdisciplinaire, en s'appuyant sur l'exemple des éléments linéaires ;
4. la complémentarité des résultats des différents travaux menés sur la ZA et ce qui en fait un véritable outil de recherche interdisciplinaire.

Un concept commun de la recherche interdisciplinaire : le paysage

La pluridisciplinarité du concept de paysage conduit à l'appropriation de notions communes telles qu'un *espace dynamique*, qu'un *lieu de confrontation entre la nature et les activités anthropiques* et qu'un *système composé d'éléments hétérogènes en interaction*. En revanche, la nature de ces éléments et la structure de la mosaïque étudiée peuvent se distinguer d'une discipline à l'autre. Les divers éléments étudiés ne correspondent pas toujours aux mêmes entités spatiales, bien que leur choix se justifie par l'espace des processus étudiés.

On peut considérer le paysage comme le support matériel d'un système composé d'agents, c'est-à-dire :

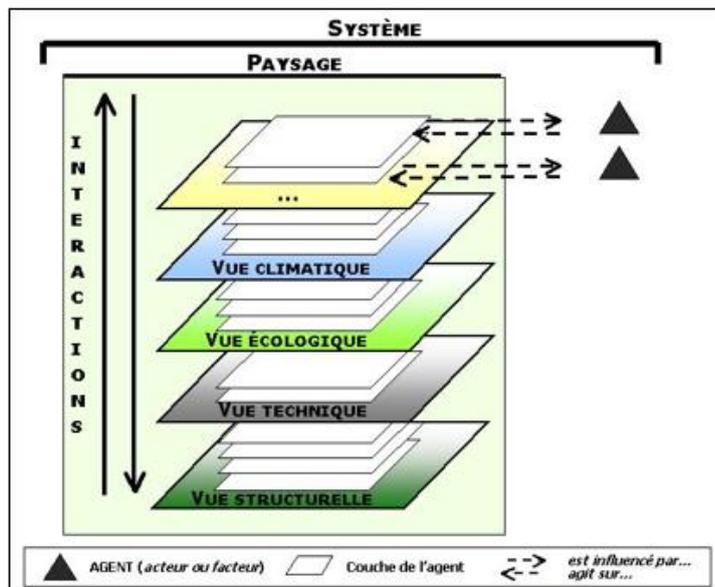
1. d'acteurs (agriculteurs et gestionnaires de l'espace, espèces, etc.),
2. de facteurs (climat, morphologie, etc.) qui interagissent via un paysage qu'ils partagent. Cependant, la place accordée à la subjectivité du regard reste à expliciter car elle semble faire débat. L'origine de ce débat s'explique par l'étymologie du mot « paysage », qui est *ce que l'on voit du pays* et qui laisse place à une ambiguïté sémantique. C'est pourquoi nous distinguons la « représentation » du paysage par le chercheur (extérieur au système), et la perception du paysage par les agents (acteurs et facteurs) du système. Pour le géographe, le fait qu'il soit regardé fait l'essence même du paysage, puisque selon lui, il n'existe pas en dehors de la perception humaine (Brunet 2005, Levy et Lussault, 2003). Pour l'écologue au contraire, le paysage correspond à une entité réelle (Forman et Godron, 1986), qui existe en tant que telle en dehors du regard de l'observateur et surtout du chercheur (Burel et Baudry, 1999). Là où le géographe considérera qu'il existe autant de paysages que de regards, l'écologue parle d'un paysage unique au-delà des regards. L'idée de paysage partagé où se confrontent plusieurs approches et perceptions est illustrée par la ci-dessous.



Multiplicité des « regards » sur le paysage : exemples de perceptions d'agents, et exemples de représentations du chercheur-observateur d'un même élément de paysage.

Nous proposons de concevoir le paysage comme une entité unique, indépendante du regard du chercheur, mais constituée de l'ensemble des territoires des différents agents. Chacun de ces territoires constitutifs est propre à un agent et se compose de l'ensemble des réalités auxquelles il a accès, qu'il perçoit et sur lesquelles il agit. Les choix faits par le chercheur

pour tenter de représenter tout ou partie de cette réalité en rapport avec une question de recherche seront appelés « représentations du paysage ». Le paysage d'un agent est donc bien subjectif, mais réel et propre à ce dernier, alors que le choix de représentation d'un paysage par un chercheur est une tentative imparfaite et volontairement simplifiée de représenter la perception d'un ou plusieurs agents. On peut alors représenter le paysage selon la figure ci-dessous, comme une entité composée des différentes couches de « perception-réaction », chacune étant propre à un agent du système.



Représentation conceptuelle du paysage.

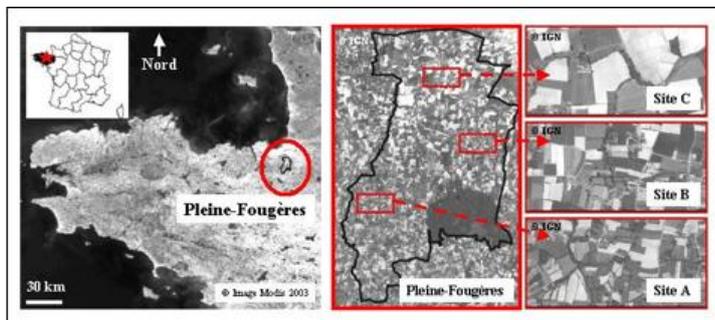
Chaque chercheur, en fonction de sa question de recherche et de ses objets d'étude, considère une ou plusieurs vues et une ou plusieurs couches. On considère que la couche correspondant à la mosaïque structurelle du paysage constitue l'entrée commune de nos différentes représentations. On peut alors traiter de la question des impacts des activités d'un agent sur un autre agent en étudiant comment le premier modifie sa propre couche et comment ses modifications sont perçues et donc s'inscrivent dans la couche d'un autre agent.

Un espace commun pour la recherche interdisciplinaire : La zone atelier de Pleine-Fougères

Depuis 1993, des chercheurs de différentes disciplines travaillent sur la ZA de Pleine-Fougères et peuvent ainsi développer des travaux de recherche interdisciplinaire. Les problématiques de recherche de la ZA traitent de la question de la multifonctionnalité du paysage et des interactions entre changements d'usage des terres, changements

climatiques, flux biogéochimiques et processus écologiques à différentes échelles spatio-temporelles. Les questionnements qui en découlent portent sur la mesure de la connectivité des paysages, l'évaluation des effets sur la biodiversité, les services écosystémiques, l'évaluation des politiques publiques, leurs effets sur les exploitations agricoles, l'organisation de la mosaïque des pratiques agricoles... La ZA constitue une plate-forme de construction interdisciplinaire ayant comme perspective d'articuler l'ensemble des démarches de recherche. %u2028La ZA a permis de produire une base de données spatialisée commune comportant des observations sur le suivi multitemporel de l'occupation des sols, le réseau de haie et son évolution, la gestion des bordures de champs, les stratégies d'utilisation des terres, la biodiversité, la qualité de l'eau... Il s'agit d'une ressource fondamentale qui permet de faire se croiser des chercheurs de toutes disciplines sur des thèmes communs.

La ZA de Pleine-Fougères est située en Bretagne, au nord-est de l'Ille-et-Vilaine et plus précisément au sud de la baie du Mont-Saint-Michel. Elle présente un paysage agricole bocager dominé par des systèmes de production de type « polyculture-élevage » à dominance de production laitière. Ce paysage est caractérisé par une forte variabilité de structures sur une étendue de seulement 9 350 hectares (Baudry *et al.* , 2000). Ainsi, le Nord offre un paysage ouvert, aux parcelles céréalières relativement vastes pour la région (jusqu'à plus de 10 hectares) et au bocage quasiment inexistant dont la densité atteint seulement 40 m/ha. Le long du gradient, le parcellaire se resserre, les couverts prairiaux augmentent, accompagnés de bordures de champs boisées atteignant une densité de 78 m/ha. Par contraste, le Sud offre un paysage fermé au parcellaire morcelé dans un réseau bocager dense représentant un linéaire de 95 m/ha (Reboux, 2001).



La Zone Atelier de Pleine-Fougères.

La ZA offre donc la possibilité pour des chercheurs de travailler sur différents paysages et d'explorer l'impact des interactions entre différents gradients paysagers (paysage de pratiques et paysage structurel).

Les éléments linéaires du paysage : application du modèle multicouche

à un objet de paysage partagé

À partir de l'exemple des éléments linéaires, nous illustrerons quatre approches développées sur la ZA de Pleine-Fougères qui témoignent à la fois de l'interdisciplinarité des travaux menés et de la diversité des manières d'appréhender le paysage. Sur ce même paysage, la diversité de nos approches illustre comment traiter de certaines couches du modèle de « paysage multicouche » et de leurs interactions.

Caractérisation écologique des pratiques agricoles pour la conception de systèmes techniques innovants

La perception et l'utilisation du paysage par les espèces peuvent être très variables et dépendantes de leurs traits d'histoire de vie (pour illustration, voir Duelli *et al.*, 1990). En premier lieu, l'aspect structurel du paysage est un élément important de la survie des populations en milieu fragmenté. En connectant les taches d'habitat et par conséquent les populations, un réseau dense d'éléments linéaires permet une dynamique de colonisation-recolonisation et le maintien des populations locales associées à ces habitats.

Toutefois, bien que la « vue » structurelle du paysage soit essentielle à considérer, la vue technique de ce même paysage permet également de caractériser d'autres aspects de la qualité écologique de ces éléments (Vasseur, 2008). En effet, localement, les pratiques agricoles déterminent les états du milieu (nature et état du couvert végétal, structure du sol et qualité environnementale de l'eau et de l'air), leur temporalité et leur dynamique. Par conséquent, l'habitabilité et la perméabilité des bordures de champs est fortement dépendante :

1. des pratiques de gestion,
2. des pratiques de production sur la parcelle adjacente si celles-ci empiètent sur la bordure. Ainsi, le sol nu d'une bordure traitée à l'herbicide n'offre plus les conditions de température, d'humidité et les proies nécessaires à la survie d'un carabe forestier. De même, les déplacements de ce dernier seront potentiellement plus faciles dans une végétation maintenue rase par le pâturage que dans une végétation dense d'une bordure non entretenue.

De plus, à l'échelle du paysage, l'organisation spatio-temporelle des pratiques de gestion et de production (successions culturales et itinéraires techniques) au sein des exploitations agricoles créent une mosaïque très dynamique des états du milieu. Cette organisation détermine au cours du temps et dans le paysage :

1. la disponibilité des ressources et leur quantité,
2. leur accessibilité et la connectivité entre les taches d'habitat(s).

Par conséquent, la structure spatio-temporelle de la mosaïque des pratiques est susceptible d'avoir un impact, non seulement sur les processus individuels tels que la supplémentation/complémentation d'habitat(s), mais également, via son influence sur la structure spatiale et la qualité des territoires des populations, sur les processus

populationnels de démographie locale et de dispersion (Helenius 1995). Pour caractériser écologiquement le paysage, il est donc important de prendre en compte ce filtre technique.

En travaillant avec les agronomes, il est possible de comprendre les règles de décision des exploitants agricoles qui sont à l'origine de cette mosaïque de pratiques. Par exemple, les pratiques de gestion des bordures de champs sont à la fois dépendantes de la structure du paysage, de la structure du territoire d'exploitation et des pratiques de production (organisation du travail et temps disponible, nature de la culture dans la parcelle adjacente, éclatement du parcellaire, etc.) (Burel et Baudry, 1999). Ainsi sur la base de simulations de différentes mosaïques de pratiques et de la modélisation de la perception du paysage par les espèces en intégrant ce filtre technique, on peut établir une typologie « écologique » des pratiques ou ensembles de pratiques.

Impact des synergies entre changements globaux

Les conditions climatiques ont une influence primordiale sur de nombreux aspects de la biologie des organismes, particulièrement chez les ectothermes. La nécessité d'équilibrer en permanence leur budget énergétique est l'une des contraintes les plus importantes agissant sur les individus de ces espèces.

Il est donc probable que la perception par un ectotherme des ressources et des contraintes liées au paysage et à ses éléments constitutifs soit fortement modulée par la couche climatique. Il est donc particulièrement important d'étudier les effets synergiques émergeant potentiellement de l'interaction entre changements de paysage (couche structurelle) et changements climatiques.

Un élément du paysage a une influence directe sur les microclimats de son environnement immédiat. Par exemple, une haie exerce un effet écran limitant l'énergie solaire reçue du côté opposé au soleil. Du côté exposé au soleil, l'énergie solaire reçue est accentuée par un effet de réflexion sur le feuillage (Guyot, 1991). Les haies ont également un rayonnement thermique propre, augmentant la température à proximité, sur une distance comprise entre trois et quatre fois la hauteur de la haie (Chiapale, 1975). Certains éléments du paysage peuvent donc permettre de « tamponner » localement une variation climatique régionale par leur influence sur les microclimats locaux, alors, un organisme a la possibilité de moduler son utilisation de la mosaïque paysagère et de ses éléments pour optimiser son bilan énergétique. Dans un contexte de changement global, ce mécanisme pourrait donc permettre à certaines populations de se maintenir dans une partie de leur aire de répartition devenue hostile du point de vue des conditions climatiques, si toutefois un aménagement adéquat est réalisé.

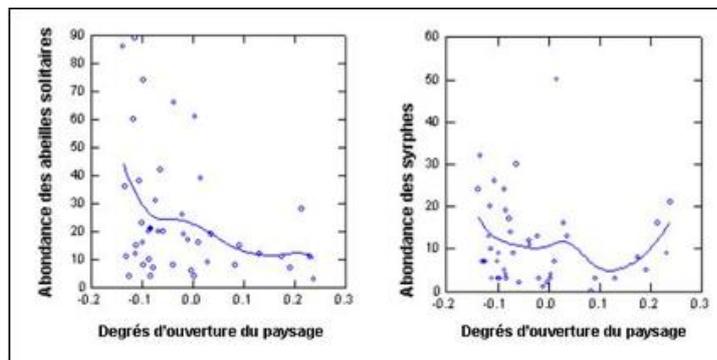
Par ailleurs, une espèce a besoin pour son cycle de vie de ressources souvent dispersées dans l'espace. L'utilisation d'un élément du paysage étant modulée par le microclimat local, les changements climatiques pourraient limiter l'accessibilité de certaines ressources nécessaires, et en rendre de nouvelles disponibles.

La mobilité des individus est l'un des aspects de la biologie des ectothermes les plus sensibles aux conditions climatiques (Dennis, 1993). Il est donc probable que leurs capacités de dispersion soient également affectées. Ainsi chez les papillons, la distance de dispersion est influencée positivement par la luminosité et la température, et négativement par la force du vent (Delattre *et al.*, données non publiées). Les changements climatiques risquent donc d'altérer - ou d'améliorer - de manière peu prévisible les capacités de dispersion des organismes, et donc leur capacité à tolérer la fragmentation des habitats.

Densité du réseau linéaire boisé et abondance des insectes pollinisateurs : réponses contrastées des syrphes et des abeilles solitaires

Depuis quelques années, différentes études mettent en évidence un déclin des insectes pollinisateurs et s'inquiètent des possibles conséquences pour la reproduction des plantes entomophiles sauvages et cultivées (par exemple Allen-Wardell *et al.*, 1998, Steffan-Dewenter, 2003, Biesmeijer *et al.*, 2006). L'intensification de l'agriculture, avec la fragmentation des habitats et l'usage massif de pesticides, est la cause principale de ce déclin (Kearns 1998, Steffan-Dewenter *et al.*, 2003). Comprendre l'influence du type de paysage agricole sur les pollinisateurs est donc un enjeu de recherche majeur.

Dans le cadre de cet article, nous nous focalisons sur l'influence de la densité d'éléments linéaires boisés sur l'abondance de deux groupes d'insectes pollinisateurs : les syrphes et les abeilles solitaires. L'abondance des abeilles solitaires diminue lorsque l'ouverture du paysage augmente (fonction inverse de la densité bocagère). L'abondance des syrphes en revanche ne semble pas être liée à la densité du réseau bocager (Le Féon *et al.*, données non publiées). Cette différence de réponse peut s'expliquer par les exigences biologiques différentes de ces deux groupes.



Nombre d'individus d'abeilles solitaires et de syrphes en fonction du degré d'ouverture du paysage (mesuré dans une fenêtre de 500 mètres x 500 m ètres autour de chaque point d'échantillonnage des pollinisateurs).

L'habitat des abeilles solitaires doit répondre à deux types de besoins : il doit fournir les

ressources floristiques (pollen et nectar) qui constituent l'alimentation des larves et des adultes, et des sites de nidification, dont les caractéristiques varient selon les espèces (Westrich, 1996). Après la reproduction, la principale activité des imagos est l'approvisionnement des sites de ponte en pollen et en nectar. Ces ressources alimentaires sont récoltées sur une diversité variable de plantes, selon le degré de spécialisation alimentaire des espèces (Michener, 2000). Le maintien des populations d'abeilles solitaires est donc fortement dépendant de l'abondance et de la diversité des ressources floristiques disponibles ainsi que de l'offre en micro-habitats favorables à la nidification. D'après nos résultats, la densité du réseau de haies favorise les populations d'abeilles solitaires. La présence des haies peut traduire une moindre dégradation du milieu, qui possède encore une proportion suffisante d'espaces semi-naturels. Les zones à réseau de bocage dense fournissent alors probablement des ressources floristiques de meilleure qualité que les zones ouvertes et contiennent davantage de micro-habitats nécessaires à la nidification.

Chez les syrphes, seuls les imagos se nourrissent de pollen et de nectar (Schweiger *et al.* , 2007). La quantité de fleurs butinées par un syrphe est donc très inférieure à celle des fleurs butinées par une abeille solitaire. De plus, ces diptères présentent moins de spécialisations alimentaires que les abeilles (Branquart et Hemptinne, 2000). Les syrphes sont donc moins exigeants quant à la quantité et à la qualité des ressources florales présentes dans leur environnement, ce qui peut expliquer qu'ils soient répartis de façon plus homogène dans le paysage agricole.

La densité de linéaires boisés apparaît donc être un facteur déterminant de l'abondance de certains groupes d'insectes pollinisateurs dans les paysages agricoles. La prise en compte ultérieure de la « vue » agronomique du paysage permettra de préciser l'influence du type de paysage agricole sur ces insectes.

Détection des bordures de champs boisées à partir de données de télédétection

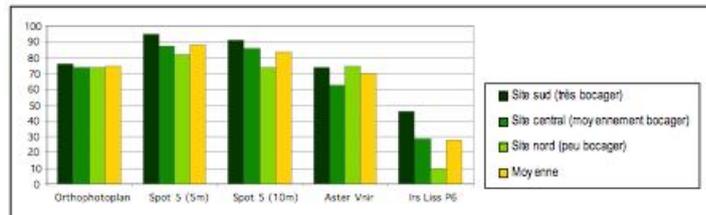
L'identification et le suivi des éléments linéaires boisés représentent un enjeu majeur en contexte agricole intensif. En effet ces structures jouent un rôle de protection des cultures contre le vent, l'érosion, mais sont également reconnues pour leurs valeurs écologiques dans le maintien de la biodiversité (Baudry *et al.* , 2000). Ces rôles clés dépendent de la localisation, de la composition et de la direction de ces structures paysagères (Saunders *et al.* ,1991). L'objectif de cette étude est de détecter les haies boisées à partir de différentes données de télédétection en utilisant une méthodologie orientée-objets (Blaschke et Strobl, 2001). Ces travaux permettent d'estimer la proportion du réseau de haies pouvant être extrait automatiquement à différentes résolutions spatiales (Vannier et Hubert-Moy, 2008). Les données utilisées sont des données satellitaires et aéroportées :

- Orthophotoplan été 2001 (0.5 m)
- Spot5 été 2002 (5 m et 10 m)
- Aster Vnir été 2004 (15 m)
- Irs Liss été 2005 (23,5 m)

Des photographies aériennes, vols ULM et cartographies manuelles du bocage, ont permis

la validation des classifications.

Les résultats montrent que l'image Spot5 fusionnée à 5 mètres détecte correctement 87 % du réseau linéaire boisé.



Résultats des classifications (en %).

Les résultats produits à partir des classifications de l'orthophotoplan et de l'image Aster sont moins performants que ceux produits à partir de Spot5 à 5 mètres et 10 mètres. Enfin, l'image Irs Liss P6 ne permet d'extraire que 28 % du réseau linéaire bocager, ce qui est dû à une résolution spatiale peu adaptée (23 mètres), à l'observation d'éléments fins dans un environnement complexe. Les résultats montrent également que la complexité des types de paysage influe sur les scores de classification, la précision de l'extraction progressant avec la densité du bocage.

À partir de données de télédétection, il est alors possible d'extraire des structures spatiales et non plus seulement des cartographies d'éléments. Cela permet de construire un gradient paysager allant d'un bocage dense à un bocage « ouvert », qui peut alors être confronté à des données de relevés d'espèces afin d'améliorer la compréhension de la relation existant entre structures paysagères et biodiversité. La cartographie produite permet également d'évaluer, au-delà d'une évaluation statistique, la valeur fonctionnelle que l'on peut en déduire en termes de biodiversité. Les premiers tests montrent que tous les capteurs (sauf Irs Liss) permettent de détecter la relation entre l'abondance des abeilles solitaires et le gradient d'ouverture du paysage.

Complémentarité des travaux de recherches et perspectives

La ZA de Pleine-Fougères constitue une plate-forme de construction interdisciplinaire rassemblant l'ensemble de la diversité des approches des questions de recherche. Les travaux présentés précédemment illustrent la diversité de méthodes, de niveaux d'organisation et d'échelles spatiales de ces recherches ; des ponts étant possibles, illustrés ici par quatre travaux de thèse interconnectés.

Ainsi, les données de relevés de biodiversité peuvent permettre la validation écologique de travaux effectués à partir de données de télédétection et d'échelles de résolution. Les approches « impacts des changements climatiques » et « impacts des pratiques agricoles »

sur la biodiversité peuvent également être croisées. En effet, climat et pratiques agricoles peuvent interagir notamment dans la modification des états du milieu, soit en synergie soit en compensation. Enfin, les jeux de données sur la biodiversité permettent également de paramétrer et de valider différents modèles. La ZA, en concentrant des chercheurs de différentes disciplines et des données depuis plusieurs années, représente une ressource commune d'informations et d'historiques. Plus encore, elle permet de développer des approches conceptuelles engendrant une recherche interdisciplinaire.

R *merciements* : Ces travaux bénéficient du financement du programme Zone Atelier du CNRS. La thèse de Clémence Vannier est financée par le CAUE (Conseil d'architecture, d'urbanisme et d'environnement) du Morbihan et le CNRS (bourse docteur ingénieur). Elle est encadrée par Laurence Hubert-Moy (Caren/université Rennes 2) et Léna Sanders (CNRS/université Paris 1). La thèse de Violette Le Féon est financée par l'ANR dans le cadre du projet GMBioImpact coordonné par Jane Lecomte (université Paris XI/CNRS), encadrée par Jacques Baudry (CAREN/INRA), Françoise Burel (Caren/CNRS) et Agnès Ricroch (université Paris XI/CNRS). La thèse de Chloé Vasseur est cofinancée par l'INRA et la Région Bretagne. Elle est encadrée par Jacques Baudry (CAREN/INRA) et Jean-Marc Meynard (INRA). La thèse de Thomas Delattre est financée par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Il est encadré par Françoise Burel et Philippe Vernon (Caren/CNRS).

Notes

**Clémence Vannier, Thomas Delattre, Violette Le Féon, Chloé Vasseur,
Hugues Boussard**

Clémence Vannier

Géographe, doctorante, Caren, Laboratoire Costel CNRS UMR 6554, Rennes

Courriel : clemence.vannier@uhb.fr

Thomas Delattre

Écologue, doctorant, Caren, Laboratoire Ecobio CNRS UMR 6553, Rennes

Courriel : Thomas.delattre@univ-rennes1.fr

Violette Le Féon

Écologue, doctorante, Caren, Laboratoire Ecobio CNRS UMR 6553, Rennes

Courriel : violette.lefeon@univ-rennes1.fr

Chloé Vasseur

Écologue, doctorante, Caren, Inra Sad Paysage, Agrocampus Ouest, Rennes

Courriel : chloe.vasseur@rennes.inra.fr

Hugues Boussard

Modélisateur informaticien, ingénieur d'étude, Caren, Inra Sad Paysage, Agrocampus Ouest, Rennes

Courriel : hugues.boussard@rennes.inra.fr

Bibliographie

Allen-Wardell, G. *et al.*, « The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields », *Conservation biology*, vol.12, 1998, p. 8 *sq.*

Baudry, J, Bunce, R.-G.-H., Burel, F, « Hedgerows, An international perspective on their origin, function and management », *Journal of Environmental Management*, vol. 60(1), 2000, p. 7 *sq.*

Biesmeijer, J.-C., Roberts, S.-P.-M., *et al.*, « Parallel declines in pollinators & insect-pollinated plants in Britain & the Netherlands », *Science*, vol. 313, 2006, p. 351 *sq.*

Blaschke, T., Strobl, J., « What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS », *Geographic Information System*, vol. 6/01, 2001, URL : <http://courses.washington.edu/gis/>

Branquart, E, Hemptinne, J.-L., « Selectivity in the exploitation of floral resources by hoverflies (Diptera: Syrphinae) », *Ecography*, vol. 23, 2000, p. 732 *sq.*

Brunet, R, Ferras, R, Théry, H, *Les Mots de la géographie*, Paris, Reclus-La Documentation française, 2005.

Burel, F, Baudry, J, *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*, Paris, Lavoisier, Paris, 1999.

Chiapale, J.-P., « A numerical model for estimating the modification of heat budget introduced the modification of heat budget introduced by hedges », *Proceedings of Internal Conference for Heat and Mass Transfer in the Biosphere Dubrovnik*, Washington, Scribbook Co, 1975, p. 457 sq.

Dennis, R.-L.-H., *Butterflies and Climate Change*, Manchester University Press, 1993.

Duelli, P, Studer, M, Marchand, I, Jakob, S, « Population movements of arthropods between natural and cultivated areas », *Biological Conservation*, vol. 54, 1990, p. 193 sq.

Forman, R.-T.-T., Godron, M, *Landscape Ecology*, New York, Wiley inc, 1986.

Guyot, G, « Les effets microclimatiques des brise-vent et des aménagements régionaux », *Encyclopédie des tech*

Helenius, J, « Regional crop rotations for ecological pest management (EPM) at landscape level », dans McKinlay, R.-G., Atkinson, D (ed.), *Integrated crop protection: towards sustainability*, Edinburg (UK), BCPC Symp. Proc., 1995, p. 255 sq.

Kearns, C.-A., Inouye, D, Waser, N.-M., « Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions », *Annual review of ecology and systematics*, vol. 29, 1998, p. 83 sq.

Levy, J, Lussault, M, *Dictionnaire de la géographie et de l'espace et des sociétés*, Paris, Belin, 2003.

Michener C, *The Bees of the World*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2000.

Reboux, M, « Étude de l'évolution du parcellaire et des modes d'occupation du sol en paysage bocager, essai de cartographie dynamique sur le site de Pleine-Fougères (Bretagne orientale) », mémoire de maîtrise sous la direction de Laurence Hubert-Moy, université de Rennes 2, 2001.

Saunders, DA, Hobbs, R.-J., Margules, CR, « Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review », *Conservation Biology*, vol. 5, 1991, p.18 sq.

Schweiger, O *et al.*, « Functional richness of local hoverfly communities (Diptera, Syrphidae) in response to land use across temperate Europe », *Oikos*, vol. 116, 2007, p. 461 sq.

Steffan-Dewenter, I, « Importance of habitat area & landscape context for species richness of bees

& wasps in fragmented orchard meadows », *Conservation Biology*, vol. 17, 2003, p.1036 sq.

Vannier, C, Hubert-Moy, L, « Detection of wooded hedgerows in high resolution satellite images using an object-oriented method », *International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2008 Conference*, Boston, 2008, p. 731 sq.

Vasseur, C, Joannon, A, Burel, F, Goffi, C, Meynard, J.-M., Baudry, J, « The mosaic of cropping systems: a hidden part of agricultural landscapes heterogeneity », dans P. Carey (ed.), *The 15th Annual IALE(UK) Conference : Landscape ecology and Conservation*, Cambridge (UK), 2008, p. 33 sq.

Westrich, P, « Habitat requirements of central European bees & the problems of partial habitats », dans Matheson, A, Buchmann, S.-L., O'Toole, C, Westrich, P (ed.), *The Conservation of Bees*, London, Academic Press, 1996.