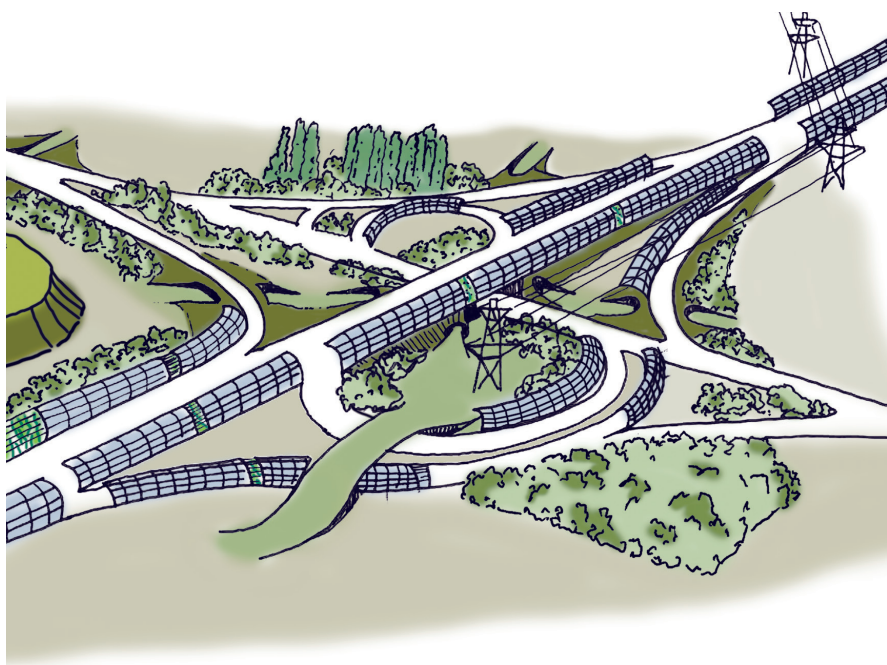


INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT CRÉATIVES

Mieux les intégrer aux écosystèmes,
paysages et territoires

Sophie Bonin, coordinatrice



Infrastructures de transport créatives

Mieux les intégrer aux écosystèmes,
paysages et territoires

Sous la direction de Sophie Bonin

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex

Collection Synthèses

L'antibiorésistance

Un fait social total

C. Harpet, coord.

2022, 240 p.

La fabrique de la ville en transition

M. Fenker, I. Grudet, J. Zetlaoui-Léger, coord.

2022, 258 p.

La fabrique de l'agronomie

De 1945 à nos jours

J. Boiffin, T. Doré, F. Kockmann, F. Papy, P. Prévost, coord.

2022, 498 p.

L'édition de cet ouvrage a bénéficié du soutien financier de l'Ademe pour en permettre une diffusion large et ouverte.

Cet ouvrage est diffusé sous licence CC-by-NC-ND 4.0.

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex

www.quae.com

www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2023

ISBN papier : 978-2-7592-3812-5

ISBN PDF : 978-2-7592-3813-2

ISBN ePub : 978-2-7592-3814-9

ISSN : 1777-4624

Pour citer cet ouvrage :

Bonin S., 2024. *Infrastructures de transport créatives : mieux les intégrer aux écosystèmes, paysages et territoires*, Versailles : Éditions Quæ, 252 p.

Toutes les références numériques et liens hypertextes mentionnés dans cet ouvrage ont été vérifiés et étaient actifs à la date du 21 novembre 2023.

Sommaire

Remerciements	7
----------------------------	---

INTRODUCTION

Chapitre 1. Stratégies de recherche sur les interrelations entre infrastructures et territoires face aux défis environnementaux : le programme Ittecop	13
---	----

Chapitre 2. Les projets de recherche Ittecop 2020 au regard de l'évaluation environnementale	19
---	----

Chapitre 3. Quelles bonnes pratiques pour des recherches hybridées ?	24
---	----

PARTIE I

LA RECOMPOSITION DES TERRITOIRES PAR LES INFRASTRUCTURES

Introduction : comment les grands ouvrages participent-ils à la recomposition des territoires ?.....	33
--	----

Chapitre 4. COHNECS-IT : que sait-on du rôle d'habitat et de corridor des dépendances d'infrastructures de transport ? Retour sur trois revues systématiques	36
---	----

Contexte et problématique	36
---------------------------------	----

Le projet COHNECS-IT.....	37
---------------------------	----

La méthode des revues systématiques	38
---	----

Résultats obtenus.....	41
------------------------	----

Enseignements pour les aménageurs, les décideurs et les chercheurs	49
--	----

Chapitre 5. Imaginer les recompositions territoriales autour de la biodiversité du canal Seine-Nord Europe. L'heuristique de la crainte dans la détermination de futurs possibles	57
--	----

Le cadrage territorial dominant du canal Seine-Nord Europe	59
--	----

La construction de scénarios alternatifs au discours territorial dominant sur le canal Seine-Nord Europe.....	60
---	----

Penser la pluralité des futurs : les apports critiques de la crainte face à l'utopie techniciste	64
--	----

Conclusion : les apports de la crainte pour le projet INFLUBIO.....	65
---	----

Chapitre 6. Considérer le fonctionnement d'une interface de transport – À propos de l'importation de biens alimentaires en Guadeloupe, réflexions à partir des travaux de Gilbert Simondon	67
Exemple du trafic portuaire et de l'alimentation en Guadeloupe.....	68
Un équipement technique si peu connu	69
Gilbert Simondon, une proposition d'analyse du fait technique.....	71
Chapitre 7. Quand les infrastructures reconfigurent l'action publique territoriale. Propositions à partir des dispositifs d'accompagnement (1 % paysage des routes et plans d'accompagnement des lignes à haute tension)	76
Dispositifs d'accompagnement territoriaux des infrastructures : définition	78
Un dispositif réglementaire initialement porté par l'État au nom du paysage : le 1 % paysage et développement	79
Un dispositif réglementaire, mais contractuel au nom du développement économique : le PAP des lignes à haute tension	82
Autres exemples de dispositifs à l'initiative des opérateurs pour une gestion coconstruite avec les acteurs locaux.....	83
Les effets de ces dispositifs sur les recompositions territoriales et les enjeux associés....	85

PARTIE II

L'HYBRIDATION DES DISCIPLINES DANS LA PRISE EN COMPTE DES INFRASTRUCTURES

Introduction : du problème à la méthode.....	91
Chapitre 8. Chronique d'une mutation paysagère majeure : le cas des alignements d'arbres le long des canaux de navigation du sud de la France	95
À l'origine, un bioagresseur	97
Les moyens de lutte face à la propagation de la maladie.....	98
Vers une logique de reconfiguration paysagère, entre diversité et continuité	99
Analyser la diffusion du chancre à l'échelle du paysage : vers une démarche prospective.....	102
Conclusion : un dialogue nécessaire entre humains et non-humains	104
Chapitre 9. Vers une écologie des clôtures : quel sens donner aux échappatoires pour la grande faune ?	108
Explorer le panorama des dispositifs à la fois sécuritaires et environnementaux	109
Des informations disséminées et hétérogènes	109
Des réalisations variées avec des passages avérés dans certains cas	111
De premières recommandations techniques générales.....	114

Des questions qui confrontent l'éthologie animale aux contingences opérationnelles de l'ingénierie et à la sécurité juridique des réalisations...	116
Chapitre 10. Les abords des infrastructures linéaires de transport peuvent-ils constituer des espaces publics de nature ?	
Étude de cas du périphérique nantais	120
Cadre théorique : convergence des notions clés	122
Une méthode de recherche interdisciplinaire	126
Premiers résultats croisés issus de l'analyse métropolitaine	130
Chapitre 11. Caractériser la demande sociale pour la biodiversité et les services écosystémiques à l'aide des sciences économiques : le cas du tramway	137
L'apport des sciences économiques dans l'évaluation de la demande sociale	140
Approche conceptuelle générale des projets SEMEUR et PÉPITE	141
Conclusion et perspectives : la demande sociale pour l'intégration écologique du tramway	146
 PARTIE III OPÉRATIONNALITÉ DES MÉTHODES, MUTATIONS DES PRATIQUES	
Introduction : évolution du cadre institutionnel et nouvelles stratégies de développement	151
Chapitre 12. E = RC+ : ne pas mettre tous ces E dans le même panier	154
La pénurie de E	154
Comment aborder ces E en amont ?	155
E réinvestis, R et C reconsidérés	157
Mise en perspectives	159
Chapitre 13. Au cœur de la séquence ERC – Tentatives de caractérisation de l'hétérogénéité des méthodes d'évaluation des impacts	165
Quelle influence des projets et des écosystèmes ?	167
Quelle influence du modèle économique et marchand des bureaux d'études ?	171
Chapitre 14. RENATU : un indicateur de biodiversité potentielle pour les espaces verts industriels et urbains à l'usage d'utilisateurs opérationnels	178
Comment a été construit RENATU ?	179
Comment mettre en œuvre RENATU ?	180
La validation de RENATU et les retours d'expérience	181

PARTIE IV
UNE RECHERCHE QUI FAIT PROJET

Introduction : la gestion des environnements infrastructurels comme méthode de recherche	185
Chapitre 15. Scénarios pour une gestion active des dépendances des infrastructures linéaires de transport au service du stockage de carbone	190
Approche exploratoire de scénarios de gestion des dépendances vertes favorisant le stockage de carbone.....	191
Perspectives	201
Chapitre 16. Réflexion prospective sur l'engagement des propriétaires pour une gestion écologique ambitieuse dans les emprises des lignes de transport d'électricité en forêt	204
Mise à profit écologique des tranchées forestières.....	205
Objectifs écologiques dans le droit forestier	206
Possibilités ouvertes aux propriétaires de tranchées forestières	207
Difficultés, opportunités et évolutions pour une gestion renouvelée des tranchées forestières	209
Chapitre 17. Analyse scientifique et conduite de travaux.....	213
L'impossible état des (non-)lieux ?	214
La recherche comme agent de transformation des environnements infrastructurels....	216
Ce que la conduite de travaux fait à la recherche.....	217
Ce que la recherche fait à la conduite de travaux.....	221
CONCLUSION	
Chapitre 18. Cinq leçons pour transformer notre rapport aux infrastructures de transport	229
Réduire la mise à distance, traverser les échelles	231
Élargir le périmètre considéré sous influence de l'infrastructure	233
Activer des relations entre infrastructures et territoires.....	234
Se ressaisir de notre capacité à agir sur des objets techniques qui dépassent l'échelle du citoyen et de son cadre de vie immédiat	236
Opérationnalité de la recherche : percolation, sensibilisation, coconstruction ?	237
Annexe : tableau synthétique sur le rôle d'habitat ou de corridor des dépendances des infrastructures de transport.....	240
Liste des auteurs	244
Liste des sigles.....	250

Remerciements

Cet ouvrage est d'abord redevable à la formidable animation du programme Ittecop, active et fidèle par-delà les années et les obstacles pour joindre les deux bouts, sur le plan financier, comme pour soutenir les spécificités thématiques et les enjeux d'opérationnalité des recherches qui y sont menées, au-delà de tous les aléas politiques et ministériels : Yannick Autret et Judith Raoul-Duval, qui m'a beaucoup aidée pour la production de cet ouvrage. Au nom du conseil scientifique, merci.

Des remerciements appuyés sont à exprimer aux membres du bureau du programme, en particulier ceux qui sont les relais indispensables auprès des financeurs et qui assurent l'animation partenariale : Pierre Taillant pour l'Ademe, Nicolas Hette-Tronquart pour l'Office français de la biodiversité, Charlotte Navarro pour la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, Lisa Garnier et Jean-François Lesigne pour le Réseau de transport d'électricité, Marc Moroni, sous-directeur à la recherche du ministère de la Transition écologique.

Il est enfin dédié aux scientifiques qui ont marqué les orientations du programme lors de sa fondation puis des passages de relais au conseil scientifique, soutenant son caractère interdisciplinaire comme ses ambitions au service de l'action publique : à Yves Luginbühl, Bruno Villalba et Sylvie Vanpeene.

Introduction

Sophie Bonin et l'ensemble du conseil scientifique d'Ittecop

Les grands projets d'aménagement pour le transport des personnes, de l'énergie ou des marchandises sont certes de moins en moins nombreux dans nos vieux pays industrialisés, mais les dynamiques de construction persistent, dans un contexte d'opposition sociale de plus en plus vive... et de réalités écologiques de plus en plus dramatiques. Ces équipements représentent aussi un héritage ambigu du point de vue paysager comme écologique : destructeurs des réseaux écologiques, mais créateurs d'autres, producteurs de patrimoines remarquables (canaux, ponts), mais plus encore de balafres qui semblent irrémédiables. Les projets comme cet héritage encombrant renvoient à un écart actuel, devenu infranchissable, entre des visions différentes du développement humain : entre les projets animés par une volonté de croissance de l'activité économique associée à ces grands chantiers, et ceux de l'atterrissement de nos modes de vie, de consommer, de nous déplacer. L'espérance n'est plus celle de la croissance économique à tout prix, elle s'est déplacée vers la nécessité de nous affranchir des ressources fossiles, de ralentir l'érosion de la biodiversité, de cesser les émissions nocives de nos activités sur le climat et sur la qualité de nos milieux de vie. Cet écart n'est pas ici abordé pour le dénoncer ou s'insurger, mais pour l'envisager comme un ressort de créativité pour la recherche, et de son opérationnalité, bien sûr.

L'adjectif « créatives » renvoie à la situation de recherche qu'offrent ces grandes infrastructures pour la transition, au sens réellement géométrique, du déplacement d'un modèle vers un autre. Ce sujet est au cœur du programme de recherche Ittecop

— infrastructures de transports, territoires, écosystèmes et paysages. Son conseil scientifique, son comité d'orientation, soutenus par des établissements publics et de grandes entreprises de l'aménagement des territoires, ses équipes de recherche, sont unis pour y travailler depuis 2008. Les thématiques ont évolué au fil des appels à projets de recherche, et de ces nouveaux enjeux.

D'une préoccupation d'abord empreinte d'un besoin de connaissances sur l'impact de ces grands linéaires artificiels, d'un besoin également de méthodes pour aborder aussi bien les questions de biodiversité que celles de gestion des habitats sous influence de ces infrastructures, il est apparu très tôt que le programme avait une mission de mise en relation entre recherche publique et privée, entre disciplines scientifiques les unes avec les autres et avec l'ingénierie, entre sciences écologiques et sciences sociales, économiques ou politiques. Plus encore, ces dernières années, il est porté par une nouvelle conviction et par l'urgence de sortir de l'impasse technocentrée dans laquelle ces infrastructures sont enfermées : l'idée principale est qu'elles peuvent devenir des leviers des transformations socio-écologiques de nos modes de vie, de nos façons de nous relier à nos environnements et, pour reprendre le vocabulaire d'un anthropologue inspirant tous ceux qui s'intéressent à nos rapports à la nature, Philippe Descola, de relier les mondes humains et non humains.

La créativité proposée procède d'un renversement pour traquer les opportunités, les conditions de transformation, les innovations techniques ou sociales pour que les infrastructures déjà là soient mieux intégrées, voire apportent des solutions à certains enjeux de la transition, et pour que les nouveaux équipements soient conçus autrement, sur un nouveau paradigme plus attentif aux écosystèmes, aux territoires et aux paysages.

Trois premiers chapitres introductifs permettront d'abord de revenir sur l'histoire du programme de recherche et, à travers elle, sur l'histoire des enjeux qui animent la recherche sur les grands aménagements. L'ambition de cet ouvrage est bien d'identifier et de situer les besoins d'adaptation, d'évolution des infrastructures de transport, et les défis méthodologiques pour la recherche dans une perspective internationale (chapitre 1). Ils ont évolué depuis le premier ouvrage associé au programme, qui date de 2013 : *Infrastructures de transports terrestres, écosystèmes et paysages. Des liaisons dangereuses ?*, dirigé par Yves Luginbühl. Puis nous examinerons une ambition particulière de ces recherches qui est de participer à l'amélioration de l'évaluation environnementale des projets (chapitre 2). Enfin, un examen plus épistémologique permettra de tirer quelques leçons du programme et même des recommandations, en matière d'hybridation et d'interdisciplinarité (chapitre 3).

La première partie rassemble les propositions qui examinent comment les infrastructures de transport peuvent constituer un moteur de recomposition territoriale. Elles sont traditionnellement envisagées par la recherche (et par la société) comme des facteurs de fragmentation territoriale, dont les effets se font sentir aussi bien du point de vue biologique que social. Les méthodes sont aujourd'hui assez bien connues pour mesurer les impacts de cette fragmentation de la biodiversité ou des pratiques des groupes sociaux. Mais cette logique de l'impact socio-environnemental est porteuse d'ambiguïtés, puisque ces linéaires peuvent aussi apporter de la cohésion (connecteurs) ou de la diffusion (propagateurs), en fonction de l'échelle spatiale et du territoire pris en compte. Le premier chapitre de cette partie

(chapitre 4) fait le point sur ce sujet, en ce qui concerne la biodiversité animale et végétale. Les trois autres chapitres, eux, prennent comme hypothèse la logique de la reconfiguration territoriale : la mise en récit prospectiviste autour d'un grand projet montre son rôle pour permettre aux acteurs locaux de se saisir des enjeux environnementaux et de tisser de nouveaux liens (canal Seine-Nord Europe, chapitre 5) ; une réflexion sur le besoin de reprise de contrôle de ces objets technocentrés questionne la façon dont le débat public s'organise actuellement (chapitre 6 sur le port de la Guadeloupe) ; l'examen de dispositifs déjà expérimentés d'accompagnement des territoires par les grands opérateurs d'infrastructures (1 % paysage et développement ; plans d'accompagnement de projet) illustre leurs difficultés de mise en place, mais aussi leurs potentiels (chapitre 7). Ainsi des communautés, des écosystèmes et de nouvelles et complexes spatialités sont rendus plus visibles. Leur prise en compte par les concessionnaires et les gestionnaires d'infrastructures permettrait de soutenir et d'accroître la résilience face à de nouvelles perturbations.

La deuxième partie porte sur l'hybridation des disciplines pour aborder les infrastructures de transport. Objets très humains, elles sont dans Ittecop des entrées privilégiées pour s'interroger sur les rapports de l'homme au vivant dans des logiques moins anthropocentrées — explorant de nouvelles modalités de gestion des abords, mais aussi de nouvelles façons de concevoir ces aménagements, de les mettre en relation avec un territoire. Comment les recherches sur nos objets peuvent-elles répondre à ce repositionnement de l'espèce humaine parmi les acteurs des écosystèmes, et non plus seulement en tant qu'observateurs ou acteurs extérieurs ? Quelle pertinence ont les concepts devenus canoniques pour appréhender ces environnements complexes, hybrides et évolutifs ? Des concepts de l'écologie du paysage (matrice paysagère, connectivité biologique, trame verte) ont eu un retentissement important dans les politiques publiques, mais n'ont-ils pas masqué d'autres questionnements ou façons de faire ? La discussion est ouverte sur la place prise par les approches fonctionnelles, s'intéressant aux flux et aux processus, par rapport à l'analyse des structures qui ne doit pas être abandonnée. La problématique de la diffusion d'une maladie à une essence d'arbre remarquable (chapitre 8 sur le chancre du platane) offre un bel exemple du besoin de dialogue entre la recherche et les problématiques de gestion et même de stratégies politiques. Ce besoin de connaissances sur les circulations des êtres vivants et leur maîtrise implique de développer des outils de suivi et des méthodes de mesure qui sont encore insuffisamment déployés. C'est ce que montre une recherche sur les échappatoires à faune (chapitre 9). Mais surtout, des questionnements surgissent, comme la compatibilité de nos lignes de transport à fournir des espaces de vie écologique et sociale (chapitre 10 au sujet des abords du périurbain nantais ; ou chapitre 11 qui aborde cela sous l'angle de la demande sociale).

La troisième partie s'intéresse à l'évolution des doctrines pour des enjeux qui sont assez stables (protection de la nature, limitation ou réparation d'activités humaines négatives), mais dont les pratiques et la prise de conscience se sont beaucoup renouvelées ces dix dernières années (changement climatique, développement des énergies renouvelables, compensation écologique, etc.). C'est également le contexte lui-même qui ne peut plus être considéré comme stable et certain, du fait des changements plus ou moins contrôlables qui sont annoncés sur les climats. Les stratégies devraient alors évoluer, de la conservation, la remédiation et la restauration,

vers des politiques plus adaptatives et des démarches davantage orientées vers la préservation des fonctionnalités. Mais qu'en est-il dans les faits et dans les actions, publiques ou privées, administratives ou des entreprises ? Les recherches critiques sur la séquence « éviter-réduire-compenser » (ERC) convergent, dans la diversité de leurs approches, vers des recommandations fortes pour travailler plus en amont avec les acteurs locaux, et de façon plus transversale (chapitre 12 qui revient sur la priorité de l'évitement) ; pour alerter quant à la robustesse des méthodes d'évaluation (chapitre 13) ; ou pour proposer des outils, accessibles aux gestionnaires, d'autoévaluation des effets de leurs pratiques sur la biodiversité (chapitre 14).

La quatrième partie pousse le renversement de perspective au sein même des manières de faire de la recherche : le chercheur investit ses terrains dans une posture impliquée, participante, mais plus que la classique observation participante se développe une posture partenariale avec les gestionnaires, travaillant avec eux à créer de nouvelles pratiques, ou du moins à en expérimenter. Les environnements sur lesquels Ittecop travaille en effet ne sont pas stables, mais en perpétuelle évolution, soumis à des modes de gestion généralement erratiques, et eux-mêmes souvent en crise du fait de la réduction des budgets consacrés à leur gestion. Il est impossible de les décrire et de les analyser comme des objets fixes. La recherche doit intégrer leur plasticité et faire donc des cadres de leur dynamisme un objet central de sa démarche. Les méthodes prospectives, avec les propriétaires des abords des infrastructures par exemple (chapitre 15), ou à partir de scénarios modélisés quant aux meilleurs bilans carbone ensuite soumis à discussion (chapitre 16), font partie de ces protocoles de recherche ouverts délibérément sur l'action du chercheur avec les acteurs. Il est enfin possible, et expérimenté par une des équipes (chapitre 17), de conduire une recherche en prise avec les chantiers des gestionnaires. La logique devient celle de la coconstruction des pratiques elles-mêmes, assumant, puisque conduisant cela délibérément, le rôle des relations interpersonnelles qui s'installent dans ces situations où chercheurs et acteurs de terrain tentent, ensemble, de produire une science transformatrice.

Chapitre 1

Stratégies de recherche sur les interrelations entre infrastructures et territoires face aux défis environnementaux : le programme Ittecop

Yannick Autret et Catherine Carré

Les primevères et les paysages [...] ont un défaut grave : ils sont gratuits.
L'amour de la nature ne fournit de travail à nulle usine.

Le Meilleur des mondes (1932), Aldous Huxley

La relation des infrastructures à l'environnement est souvent ramenée à une dimension antagoniste produisant des conflits constants et croissants¹ illustrés par le débat actuel sur l'autoroute A69 par exemple. Ce débat est en effet écartelé entre les avis de la recherche et des experts (avis négatif de l'Autorité environnementale : « projet anachronique d'aménagement du territoire » ; du commissariat général à l'investissement : « gains de temps surévalués » ; et de la commission d'enquête publique : « coût inaccessible pour certains usagers »), et des volontés politiques locales et nationales de poursuivre un projet amorcé depuis plusieurs décennies. Face aux oppositions aux projets d'infrastructures et à un désir d'équipement toujours opérant dans les territoires, ce nouveau récit répond au besoin d'un fil rouge pour les politiques publiques.

Si les infrastructures de transport ou d'énergie sont le plus souvent identifiées comme des marqueurs techniques, économiques et politiques majeurs du progrès, leur emprise dans les territoires affecte durablement les milieux. Leur accumulation dans l'espace et dans le temps, leur densité croissante pour répondre aux besoins sociétaux de mobilité, d'échanges commerciaux, de sécurité énergétique ne sont pas sans présenter des contradictions par rapport aux ambitions environnementales de

1. Cf. Critique de projets coûteux et inutiles : carte de Reporterre. <https://luttelocales.gogocarto.fr/annuaire#/carte/@46.76,4.75,6z?cat=all@c>

lutte contre le changement climatique ou l'érosion croissante de la biodiversité. Ces contradictions existent aussi face aux exigences croissantes des populations riveraines, soucieuses de leur cadre de vie, demandant à être impliquées dans les transformations de leurs paysages quotidiens.

À l'appui de cette ambition, là où le traitement de la biodiversité dans le projet reste souvent un moyen pour le conforter dans son tracé, et la relation à l'infrastructure généralement étudiée sous le prisme de la seule séquence ERC, les opérateurs et les aménageurs sont aujourd'hui outillés pour une évaluation environnementale large, intégrant l'ensemble des volets nécessaires, et le rapport 2022 de l'Autorité environnementale² salue la qualité de certaines opérations.

Il reste que la compréhension du sujet comme un ensemble cohérent est toujours difficile. Au-delà des nouveaux projets, c'est aussi la prise en charge des infrastructures de transport existantes, leur entretien, à décliner selon les milieux, les paysages créés, et les situations territoriales pour leur permettre d'évoluer à l'aune des nouvelles ambitions qui se présentent face aux enjeux futurs (comme une place pour de nouveaux réseaux de transport avec de nouvelles énergies).

Et pour cela, il faut engager une réflexion quant au rôle des infrastructures dans les territoires, tout au long de leur cycle de vie, depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement ou leur requalification pour d'autres usages. Ces équipements sont en interaction réciproques avec des lieux, où doivent cohabiter les réponses aux besoins humains et non humains.

C'est à ces besoins sociétaux et écologiques fondamentaux, dont les relations conflictuelles sont constantes, que s'adresse le programme national de recherche Ittecop (infrastructures de transports, territoires, écosystèmes et paysages). Comment comprendre la notion d'infrastructures créatives portée dans cet ouvrage et l'ambition d'une mise en récit positive de leur relation avec la biodiversité, les territoires et les paysages ? Au-delà de leur simple fonctionnalité, c'est dans un cadre mouvant, incertain, conflictuel, mêlant objectifs opérationnels, politiques, sociétaux et environnementaux que le programme national de recherche Ittecop accompagne la recomposition de la relation des infrastructures à des milieux soumis à des mutations profondes et rapides laissant la place à l'incertitude et aux doutes. L'interrogation de la place des infrastructures dans les territoires est au cœur des recherches engagées. Or, la difficulté à penser ces enjeux et les solutions à développer pour y remédier nécessite d'inventer une autre manière de procéder et impose d'engager, de façon pragmatique, une approche scientifique hors des silos disciplinaires et souvent hors des cadres habituels de la recherche.

Cette compréhension nécessite de disposer de ressources structurées. Or, depuis sa création, le programme associe, dans une organisation ouverte, des acteurs tant publics que privés cherchant conjointement à améliorer leurs modes d'action en mobilisant de manière la plus ouverte possible des recherches actives, hybrides, créatives et de projet. Les sujets développés dans les projets, sans tabous des conflits

2. Note de l'Autorité environnementale sur les projets d'infrastructures de transport routières, numéro de dossier AE : 2019-N-06, délibérée lors de la séance du 6 février 2019.

et des contradictions, sont envisagés ici comme des défis méthodologiques pour la recherche, mais aussi pour les utilisateurs finaux de ces travaux.

Les pistes développées dans cet ouvrage mobilisent les résultats des projets engagés depuis 2017. La relation des infrastructures aux territoires et leurs rôles par rapport aux questions environnementales y sont explorés par des écologues, des économistes, des sociologues, des juristes, des paysagistes, des géographes, mais sont engagés aussi les acteurs opérationnels qui voient s'entremêler leurs réseaux, brisant les séparations habituelles des métiers... Les travaux soutenus visent à développer l'hybridation des savoirs et des pratiques en créant une autre manière d'engager une recherche exigeante, tournée vers l'action. C'est cette voie ambitieuse, fragile, mais également porteuse d'espoir, que nous vous invitons à arpenter en leur compagnie.

► Itinéraires pour fabriquer du liant entre les chercheurs et les acteurs publics comme privés

La recherche sur les interrelations entre infrastructures et environnement s'est très longtemps concentrée en tant qu'objet technique répondant à un autre objet technique marqué par des questions très pratiques telles que la définition des caractéristiques des passages à faune pour mieux traverser des routes, des lignes ferroviaires ou des canaux.

Cette approche, engagée depuis la fin des années soixante, a permis de poser les bases d'un dialogue entre les spécialités d'ingénierie civile et environnementale. D'importants progrès ont ainsi été accomplis dans les années 1980 et 1990, décennies marquées par la production de travaux d'infrastructures et des investissements massifs. Ce mouvement n'a pas affecté que la France, et c'est bien un mouvement européen, incarné par le projet COST 341 auquel le Sétra³ a alors fortement contribué, qui en a marqué l'aboutissement le plus concret⁴.

Toutefois, au tournant des années 2000, tout en continuant cette approche, la France a engagé une réflexion différente née d'un sentiment diffus et difficile à exprimer d'un manque de recul sur les enjeux transversaux des infrastructures. Ainsi, en 2006, chercheurs, professionnels des transports et gestionnaires des milieux dressaient le constat d'une absence de généralistes capables d'avoir une vision transversale des objets, et d'un retard de la recherche sur les enjeux croisés. Les spécialistes du sujet fonctionnaient (et fonctionnent encore) par silo : chercheurs et professionnels spécialistes d'un type d'infrastructure (route, rail, voie d'eau, port), d'un type de milieu (terrestre, aquatique), voire d'un type d'espèce. La mobilisation des acteurs privés restait difficile et hétérogène. Les centres de recherche privés, rares, se concentraient sur des sujets plus en aval. La nécessaire interdisciplinarité du sujet, portée prioritairement par quelques acteurs intermédiaires du secteur public, fait

3. Sétra : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements. Cet organisme a été intégré au sein du Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) depuis 2013. <https://www.cerema.fr/fr>

4. COST 341 : *Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure*. <https://www.iene.info/projects/cost-341-action/>

que le secteur de la recherche et ses organismes officiels ne s'y intéressent que peu, ou en ordre dispersé, autour d'individus plus que d'équipes de recherche.

Né dans le cadre du PREDIT (programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres), dans l'ébullition du Grenelle de l'Environnement, le programme Ittecop voit le jour en 2008 pour tester la possibilité de porter réellement ces questions. Sous la houlette du nouveau ministère, issu de la fusion de celui des Transports et de l'Environnement auquel s'associe l'Ademe, et avec Yves Luginbühl à la tête d'un conseil scientifique interdisciplinaire, la volonté est d'interroger, par la recherche, la relation des infrastructures avec leur territoire dans une dynamique de projet. L'objectif est ainsi d'aller au-delà de l'aspect technique, très spécifique, de solutions partielles et segmentées, tout en bénéficiant d'une recherche qui se fasse avec les préoccupations et les attentes des opérationnels, publics ou privés.

Dans l'idée d'une recherche en appui à l'action publique et privée, dans un contexte scientifique et politique où l'on manque d'outils de dialogue, de liant, l'ambition du programme est de ne pas isoler les ressources, mais au contraire de les faire dialoguer et entrer en synergie.

► Créer une synergie et des résonances : les appels à projets d'Ittecop

Ce terme de « mise en synergie » est essentiel pour comprendre le fonctionnement du programme. Au fur et à mesure des appels, Ittecop a rassemblé nombre d'acteurs souhaitant mutualiser leurs besoins, mais aussi leurs ressources sur le sujet. Pour ceux-là, ne trouvant pas les moyens internes ou d'acteurs de la recherche externe pour répondre à ces questions complexes, le programme est devenu progressivement, de manière itérative et en concertation constante entre ses membres, un lieu d'expérimentation de l'hybridation de la recherche avec l'action opérationnelle. Cette ambition thématique, organisationnelle, est aussi une ambition de recherche dont l'indépendance vis-à-vis des financeurs est garantie tant pour le conseil scientifique que pour les équipes. La totale publicité des résultats validés par les pairs est une pierre angulaire de cette volonté maintenue sans faillir depuis 2008⁵. L'exigence de qualité des recherches, appuyée sur une attention aux méthodes développées et aux bases de données exploitables dans la durée, marque le contrepoint de cette liberté et permet d'engager un dialogue vigoureux, objectif, mais apaisé sur les sujets abordés, quel que soit leur niveau de conflictualité.

Ce travail impose de parvenir à développer des outils de transfert des résultats de recherche pour les rendre exploitables par les non-spécialistes. Et là aussi, les équipes engagées au fur et à mesure des années ont déployé de très importantes ressources, renforçant le rôle des intermédiaires à la recherche (Fondation pour la recherche sur la biodiversité [FRB], Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement [Cerema]...) dont l'action, souvent méconnue,

5. Les rapports finaux des projets de recherche financés dans le cadre du programme Ittecop sont disponibles sur www.ittecop.fr.

est essentielle au succès collectif. Les supports de diffusion sont multiples, ils participent grandement à cette publicisation des résultats (webdoc, colloques filmés, synthèses en quatre pages... et cet ouvrage !).

Un élément majeur de la recherche qui la différencie fondamentalement des études est la prise de risque et la possibilité d'échouer⁶. Il est ainsi extrêmement difficile pour des financeurs de recherche d'arriver à concevoir un système où, tout en ayant réponse aux questions qu'ils posent, ils puissent aussi risquer de ne pas obtenir de résultats. La majeure partie des projets proposés présente dans leur exposé liminaire de propositions les résultats auxquels ils seront quasi certains d'aboutir à terme. Or, certains sujets ou thèmes imposent de sortir des sentiers battus pour réussir. De la même manière, l'évaluation des chercheurs les obligeant à publier pour progresser limite leur volonté de prendre des risques.

Cette nécessité de devoir prendre des risques s'est toutefois imposée progressivement au sein du programme Ittecop, une fois le constat établi de la lenteur des progrès accomplis depuis les premiers travaux de recherche engagés dans les années 1980⁷, et ce, malgré les besoins croissants des acteurs opérationnels sur le sujet. Ces risques sont multiples, cumulatifs et de différents ordres :

- organisationnel : comment faire travailler ensemble les services de l'État, les agences et les opérateurs d'infrastructures ?
- thématique : comment faire dialoguer les disciplines et les infrastructures à l'échelle des territoires ?
- scientifique : comment valoriser un travail qui peut susciter des oppositions fortes ?

Or, si les acteurs opérationnels n'y vont pas, si les organismes de recherche comme l'Agence nationale de la recherche (ANR) ne savent pas comment porter de tels sujets, faut-il malgré tout se résoudre à ne pas agir ?

La réponse à cette question au sein du programme Ittecop a été collective et pragmatique. Elle a surtout été ambitieuse, car elle implique un renforcement des synergies au niveau national et international et s'intègre dans un mouvement plus large.

La résolution de l'ONU 14/3 *Mainstreaming of biodiversity in the energy and mining, infrastructure, manufacturing and processing sectors*⁸ met ainsi, dès 2018, clairement en avant la nécessité d'engager une approche inter-infrastructures intégrée sur les questions environnementales, et de biodiversité en particulier. En 2019, c'est l'IPBES (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques) qui affirme la nécessité de changements transformateurs impliquant de sortir des cadres conceptuels et organisationnels habituels. En 2021, l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) appuie cette analyse par son rapport sur la prise de risque en recherche⁹. Fin 2022, le *Coalition for Advancing Research Assessment (CoARA)*¹⁰ engage une mutation

6. Park M., Leahey, E., Funk, R.J., 2023. Papers and patents are becoming less disruptive over time, *Nature*, 613, 138-144, <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05543-x>.

7. Sétra, 1987. *Route et faune sauvage*, actes du colloque, Strasbourg, *Conseil de l'Europe*, 5-7 juin 1985, 406 p.

8. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-03-en.pdf>

9. <https://www.oecd.org/sti/effective-policies-to-foster-high-risk-high-reward-research-06913b3b-en.htm>

10. <https://coara.eu/>

profonde de l'évaluation des chercheurs interdisciplinaires. Or, l'entrée en vigueur en 2024 de la taxonomie européenne pour qualifier les impacts des activités économiques sur la biodiversité va nécessiter d'organiser et de systématiser le suivi en mobilisant une palette de nouveaux outils d'analyse.

La France accueille de nombreux acteurs mondiaux des infrastructures, parmi lesquels l'Association mondiale de la route (PIARC), l'Union internationale des chemins de fer (UIC), l'OCDE... Tous mobilisent leurs moyens pour répondre à ces enjeux. Par la participation active de ses membres au réseau européen de recherche IENE¹¹ et au projet BISON¹², Ittecop a partagé une partie de son expérience, mais le chemin à parcourir reste long et complexe et devra faire l'objet d'attentions constantes pour accompagner une recherche appliquée ambitieuse.

En affirmant la nécessité d'un dialogue ouvert entre tous les acteurs, quels que soient les présupposés liminaires ou les hésitations, Ittecop a engagé dès sa création un processus original. Son ambition d'accompagner les acteurs dans leur évolution a été renforcée par une prise de conscience progressive de la volonté de tous de collaborer, que ce soit au niveau local, national, européen ou international. Les chemins ouverts depuis maintenant plus d'une décennie par les projets soutenus par Ittecop ne sont pas tous rectilignes ni attendus, pris individuellement. Ils ne portent souvent que sur des aspects qui peuvent paraître spécialisés. Ainsi, quoi de commun entre les arthropodes nécrophages, les outils et méthodes du marché de l'évaluation environnementale et les questions de bien-être environnemental ou d'espace public autour des infrastructures ? Par cet ouvrage, nous invitons le lecteur à un cheminement de traverse au sein d'une recherche en mouvement, aux différents registres. Ce kaléidoscope de recherches et de réflexions reflète la complexité des territoires et des infrastructures qui les irriguent.

11. IENE : *Infrastructure and Ecology Network Europe*. <https://www.iene.info>

12. BISON : *Biodiversity and Infrastructure Synergies and Opportunities for European Transport Networks*. <https://bison-transport.eu/>

Chapitre 2

Les projets de recherche Ittecop 2020 au regard de l'évaluation environnementale

Carmen Cantuarias-Villessuzanne¹³

L'évaluation environnementale (EE) en France est régie par le Code de l'environnement et envisage la conception de projets de moindre impact sur l'environnement dans son ensemble : biodiversité, climat, eau, air, sol, terres, paysage, santé humaine, biens matériels, patrimoine culturel (commissariat général au Développement durable [CGDD], 2019).

Le contexte réglementaire en matière d'EE¹⁴ a évolué en considérant de façon croissante la plus-value des approches interdisciplinaires et écosystémiques couplées. Il s'accompagne du développement des cadres méthodologiques (Cerema, 2020) pour l'évaluation d'impacts d'infrastructures publiques et privées sur l'environnement.

LEE est une étape fondamentale, réalisée par le maître d'ouvrage, non seulement pour identifier les actions potentiellement contradictoires avec les objectifs environnementaux, mais aussi pour examiner les alternatives. Il s'agit de garantir la transparence du processus décisionnel pour l'autorité publique autorisant le projet et la participation du public. Elle permet notamment au maître d'ouvrage de proposer des mesures pour éviter, réduire ou, le cas échéant, compenser les impacts résiduels d'un projet¹⁵.

Trois moments clés articulent le processus d'EE : (i) l'élaboration d'un rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement par le porteur du projet ou l'entité

13. ESPI2R, ESPI Research in Real Estate, université de Bordeaux, BSE et PSAE, UMR Paris-Saclay Applied Economic.

14. LEE des projets est encadrée en droit européen par la directive 2011/92/UE, modifiée par la directive 2014/52/UE.

15. Art. 69 de la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.

publique responsable de la politique, du plan ou du programme ; (ii) la réalisation des consultations prévues ; (iii) l'examen par l'Autorité environnementale¹⁶. Dans ce processus, la prise de décision se caractérise par une hiérarchie de niveaux, où la politique publique intervient par la définition de plans et programmes impactant les projets (OCDE, 2006). Ce chapitre vise à identifier à quel niveau certains projets de recherche du programme Ittecop 2020 contribuent aux liens entre l'évaluation environnementale et la politique publique (figure 2.1).

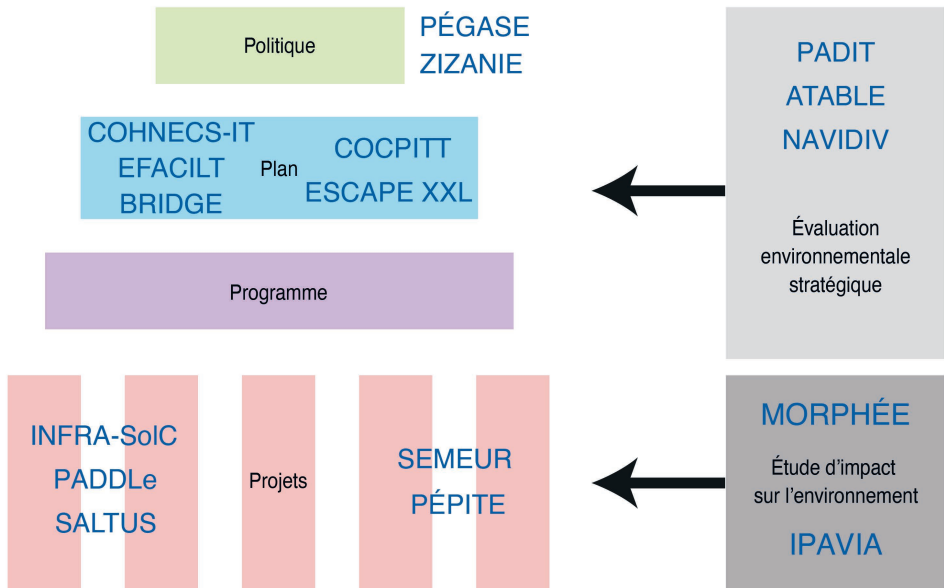


Figure 2.1. Liens entre la politique publique, l'évaluation environnementale et certains projets de recherche Ittecop 2020

Source : adaptation du schéma OCDE, 2006

Afin d'aider le lecteur, le tableau 2.1 établit les correspondances entre les acronymes et les titres des projets Ittecop, issus de l'appel de 2017, y compris ceux qui ne relèvent pas de l'évaluation environnementale. Ce tableau permet aussi de renvoyer aux chapitres, le cas échéant : cet ouvrage n'est pas exhaustif de l'ensemble des projets supportés par le programme, mais le lecteur trouvera sur le site internet du programme l'ensemble des présentations et des rapports de recherche.

En matière de politique environnementale, le projet de recherche PÉGASE, « Gouvernance de l'évaluation environnementale : Air, Paysages, Écosystèmes », analyse le rôle de l'Autorité environnementale. Il ambitionne d'améliorer le processus de prise en compte des préoccupations environnementales dans l'action publique. Dans un premier volet, PÉGASE réalise une analyse comparée du processus de prise de décisions par les autorités environnementales au sein et en dehors de l'Union européenne, ainsi qu'une analyse du contentieux européen sur l'interprétation des directives relatives à l'EE et leur respect aux États membres. Dans un deuxième volet, ce projet s'intéresse au fonctionnement de l'Autorité

16. <https://www.ecologie.gouv.fr/levaluation-environnementale>

Tableau 2.1. Liste des projets Ittecop

Acronyme	Titre du projet	Chapitre
ATABLE	Un atelier territorial de biodiversité longitudinale sur le canal latéral à la Garonne	8
BRIDGE	Quand corridors routiers, corridors fluviaux et bords de cultures entrent en contact : coconstruction paysagère des diversités taxonomiques et fonctionnelles végétales	
COCPITT	Collisions opportunistes et collisions protocolées liées aux infrastructures de transport terrestre	
COHNECS-IT	Connectivité longitudinale et potentiel d'habitat des dépendances vertes en fonction de leur nature, des espèces et du contexte : une revue systématique sur les infrastructures de transport	4
E = RC+	Investir le E de manière intégrative et mesurer les conséquences sur le R et le C dans le cadre de projets d'aménagement d'infrastructures	12
EFACILT	Impacts des ILT sur les déplacements des mammifères terrestres et identification des points pour maintenir une connectivité fonctionnelle forestière	
ESCAPE XXL	Retour d'expérience sur les dispositifs de sortie des clôtures pour la grande faune sauvage	9
INFLUBIO	Infrastructures fluviales et biodiversité aquatique – Le cas du Canal Seine-Nord face à ses biodiversités	5
IPAVIA	Infrastructures, paysages et visibilité atmosphérique	
INFRA-SolC	Les dépendances vertes, puits carbone à préserver et à valoriser	15
LIGNES CRÉATIVES	Le défi d'un projet créatif de paysage pour les lignes à haute tension et les infrastructures routières : action publique, paysage et biodiversité	7
MORPHÉE	Morphologie, outils et méthodes du marché de l'évaluation environnementale	13
NAVIDIV	Infrastructures de navigation fluviale et biodiversité	
PADDLe	Partenariats de gestion durable dans les dépendances vertes des infrastructures linéaires de transport	16
PADIT	Paysage alimentaire et développement d'une interface de transport. Les systèmes alimentaires en Guadeloupe, entre globalisation et territoire	6
PÉGASE	Gouvernance de l'évaluation environnementale. Air, Paysages, Écosystème	
PÉPITE	Préférences sociales pour des caractéristiques écologiques et paysagères d'infrastructures de transports à l'échelle des territoires	11
RENATU	Analyse des processus de renaturation en tissu urbain dense en relation avec des infrastructures linéaires de transport urbaines et leurs emprises : cas de la Métropole du Grand Paris	14
SALTUS	Entre biodiversité, biomasse et espaces publics informels : quelle gestion pour la trame verte spontanée de Likoto ?	17
SEMEUR	Capacité des infrastructures de transport à répondre à la demande en services écosystémiques du milieu urbain – Cadre méthodologique et site d'expérimentation au territoire de Saint-Fons (Grand Lyon)	11
T'ILT	Territoires d'ILT, méandres de lieux de nature métropolitains ?	10
ZIZANIE	Zones urbaines et infrastructures face au ZAN : une inflexion écologique ?	

Source : Judith Raoul-Duval, d'après www.ittecop.fr

environnementale en France et au processus de production des avis et aux conditions de leur prise en compte par les acteurs. Par ces ambitieux objectifs, ce projet de recherche contribue à la politique environnementale sur le rôle de l'Autorité environnementale, ayant des effets sur l'ensemble de l'EE.

Sur la politique de « zéro artificialisation nette », le projet de recherche ZIZANIE, « Zones urbaines et infrastructures face au ZAN : une inflexion écologique ? », interroge le processus d'intégration des enjeux écologiques dans l'aménagement du territoire. Il questionne la manière dont un territoire peut être artificialisé sans porter atteinte à la résilience écologique des milieux.

L'évaluation environnementale stratégique est une évaluation intégrée qui examine simultanément les effets produits sur les composantes environnementales, sociales et économiques d'un territoire donné. Dans ce cadre, les projets de recherche PADIT, ATABLE et NAVIDIV font un focus sur les enjeux territoriaux. PADIT, « Paysage alimentaire et développement d'une interface de transport » questionne la manière dont le développement d'une interface de transport (port de la Guadeloupe, chapitre 6) contribue à la déstructuration ou à la restructuration des systèmes alimentaires locaux. ATABLE, « Un atelier territorial de biodiversité longitudinale sur le canal latéral à la Garonne », étudie le dépérissement massif des platanes le long des rives du canal du Midi dû au chancre coloré (*Ceratocystis platani*). Le platane est marqueur d'une identité paysagère et d'une représentation touristique forte, et le projet de recherche analyse la mise en place d'une transition paysagère.

NAVIDIV, « Infrastructures de navigation fluviale et biodiversité : impacts et opportunités pour la gestion du paysage navigable », examine les impacts de la navigation fluviale et des infrastructures associées sur la biodiversité (poissons, invertébrés et végétation riparienne) à travers différents contextes et échelles spatiales (par exemple la gestion de bassins *versus* le réseau de zones protégées).

À l'échelle du projet, nous retrouvons les projets de recherche PÉPITE (« Préférences sociales pour des caractéristiques écologiques et paysagères d'infrastructures de transports à l'échelle des territoires ») et SEMEUR (« Capacité des infrastructures de transport à répondre à la demande en services écosystémiques du milieu urbain »). Ils s'intéressent aux préférences sociales sur les caractéristiques environnementales des projets d'infrastructures, potentiellement créatrices de services écosystémiques, respectivement en milieux peu artificialisés et artificialisés. De nouveaux regards sur les dépendances des infrastructures de transport sont proposés par INFRA-SolC sur le potentiel de séquestration carbone dans les dépendances vertes des autoroutes. Il en est de même pour PADDLe (« Partenariats de gestion durable dans les dépendances vertes des infrastructures linéaires de transport ») qui enquête sur les modèles de partenariats entre exploitants d'infrastructures et acteurs locaux pour une gestion des dépendances vertes profitable à la biodiversité. Enfin, le projet SALTUS explore la possibilité d'élaborer une nouvelle forme de plans de gestion, croisant chercheurs et gestionnaires, sur les espaces publics informels qui se sont constitués à proximité immédiate des dépendances vertes des grandes infrastructures de transport en secteur urbain et périurbain, à partir du cas de l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai.

Sur l'amélioration des études d'impact sur l'environnement, plusieurs projets de recherche proposent de prendre en considération de nouveaux impacts. Notamment, le projet IPAVIA, « Infrastructures, paysages et visibilité atmosphérique », souligne la visibilité atmosphérique, la qualité de l'air et le paysage le long des infrastructures de transport. Ces effets pourraient être étudiés par les données issues des réseaux de capteurs dans les routes. Le projet MORPHÉE (« Morphologie : outils et méthodes du marché de l'évaluation environnementale ») analyse les réseaux d'acteurs des EE, en se focalisant principalement sur les bureaux d'études, afin d'étudier les facteurs explicatifs de la diversité d'outils et méthodes proposés par les consultants sur le marché de l'évaluation environnementale.

Par le regard sur l'évaluation environnementale et son processus, par la diversité des approches et méthodes, les projets de recherche Ittecop contribuent à construire des solutions face aux critiques de l'évaluation environnementale (CGDD, 2019) sur certains points : élargir les impacts pris en compte (PADIT, IPAVIA), concevoir des mesures ERC de manière anticipée (PADDLe, ZIZANIE), évaluer l'ensemble des impacts du projet sur les facteurs environnementaux identifiés sous la forme d'enjeux hiérarchisés (ATABLE, NAVIDIV), établir les engagements du maître d'ouvrage (MORPHÉE), faire participer le public (SEMEUR, PÉPITE) et éclairer l'autorité décisionnaire (PÉGASE).

► Bibliographie

Cerema, 2020. *L'évaluation environnementale des projets d'infrastructures linéaires de transport*, éditions Céréma, 220 p., coll. Les Références, <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/evaluation-environnementale-projets-infrastructures>

CGDD, Versmisse J., Maubant A.-H., Alligand G., 2019. *L'évaluation environnementale, démarche d'amélioration des projets*, Théma Essentiel, 4 p., <https://www.notre-environnement.gouv.fr/IMG/pdf/thma20-201va009c.pdf>

OCDE, 2006. *L'évaluation environnementale stratégique*, éditions OCDE, 178 p., <https://www.oecd.org/fr/environnement/environnement-developpement/37354750.pdf>

Chapitre 3

Quelles bonnes pratiques pour des recherches hybridées ?

Agnès Patuano

Les recherches hybridées sont le futur de la science. Parfois considérées comme « le troisième mouvement méthodologique » (Tashakkori et Teddlie, 2003) après le développement des méthodes quantitatives et qualitatives, elles remettent en question une grande partie de la tradition scientifique. En se plaçant à l'avant-garde d'une nouvelle science, ces recherches interrogent notre compréhension du principe même de la création de savoir.

Depuis sa création, le projet Ittecop soutient avec ferveur ces nouvelles pratiques scientifiques. Ce faisant, de nombreux projets de recherche ont été menés, qui proposent plusieurs modalités méthodologiques. Dans ce chapitre, je propose de faire un bilan de ces projets, d'un point de vue épistémologique et ontologique, afin d'en extraire quelques recommandations.

► Pourquoi hybrider les recherches

Avant de considérer les meilleures pratiques, il s'agit d'abord de définir ce que l'on entend par « recherches hybridées » et de considérer leurs avantages et leurs inconvénients.

Définitions

Dans leur état le plus simple, les recherches hybridées sont des recherches qui combinent à la fois des approches qualitatives et quantitatives. Cependant, cette hybridation peut s'entreprendre en gradient, en considérant différents niveaux d'intégration s'appliquant aux éléments méthodologiques ou s'étendant jusqu'à la conception du problème de recherche (Creswell et Plano Clark, 2018).

En pratique, l'hybridation des recherches repose souvent sur un partenariat entre plusieurs disciplines scientifiques, chacune amenant ses connaissances, perspectives et compétences afin de mieux cerner le sujet. Le concept d'interdisciplinarité n'est pas récent et date au moins du début du xx^e siècle. On exclut la période précédant l'institutionnalisation des disciplines scientifiques, du temps où les chercheurs pouvaient être à la fois mathématiciens, philosophes et artistes. Mais ce n'est qu'au cours des années 1960 et 1970 que l'approche a commencé à être largement reconnue et pratiquée dans les milieux universitaires (Turner, 2010).

Encore plus récemment, l'attention des chercheurs s'est tournée vers la collaboration au-delà des confins des disciplines scientifiques en intégrant les acteurs de terrain, les savoirs locaux et les connaissances issues de la société civile. Le sociologue suisse Jean Piaget est souvent considéré comme l'un des premiers penseurs à avoir développé l'idée de la recherche transdisciplinaire dans les années 1970 (Rigolot, 2020). Cependant, celle-ci a vraiment pris son envol dans les années 1980 et 1990, avec la montée en puissance des mouvements environnementaux, le développement de la science participative, et la reconnaissance croissante de l'importance des savoirs locaux et autochtones.

Enfin, les frontières disciplinaires et académiques ont continué à se dissoudre jusqu'à atteindre un principe initialement fondateur de la recherche scientifique : l'objet de recherche reste invariable et indépendant de la recherche elle-même¹⁷. Afin d'apporter des réponses concrètes à des problèmes réels dans des contextes spécifiques, la recherche-action implique les parties prenantes concernées dans le processus de recherche. Ce faisant, le problème peut lui-même évoluer dans un processus dynamique entre objets observés et observateurs. En effet, la recherche-action se caractérise par une approche participative, collaborative et itérative, dans laquelle les acteurs impliqués dans le processus de recherche sont considérés comme des partenaires à part entière. Cela implique souvent une réflexion sur les pratiques professionnelles et la cocréation de solutions innovantes pour résoudre les problèmes identifiés.

Derrière ce terme de « recherche-action », on peut reconnaître deux types de recherches pas forcément distincts l'un de l'autre : la recherche participative et la recherche par le projet. La recherche participative est une méthode de recherche qui implique la participation active des membres de la communauté concernée par l'objet d'étude, ou des parties prenantes dans le processus de recherche. Elle peut être considérée comme une forme de recherche-action dans la mesure où elle vise également à résoudre des problèmes réels dans des contextes définis. Cependant, la recherche participative est spécifiquement orientée vers la participation des membres de la communauté à toutes les étapes du processus de recherche, y compris à la formulation des questions de recherche, la collecte et l'analyse de données et à la production de résultats. Parallèlement, la recherche par le projet vise également à résoudre des problèmes pratiques ou à répondre à des besoins spécifiques dans un contexte donné. Contrairement à la recherche fondamentale, qui se concentre sur la production de connaissances génériques, la recherche par le projet vise à produire des résultats concrets et directement applicables. Cela implique souvent une collaboration étroite entre les chercheurs et les partenaires du projet tels que des organisations gouvernementales, des entreprises ou des groupes d'habitants ou d'utilisateurs.

17. Voir le texte d'introduction de la partie IV sur la recherche qui fait projet et le chapitre « Analyse scientifique et conduite de travaux », p. 185.

En somme, les recherches hybrides incluent donc les recherches interdisciplinaires (qui impliquent au moins deux disciplines scientifiques), les recherches transdisciplinaires (qui impliquent la société civile en collaboration avec les institutions scientifiques) et les recherches-actions (telles que les recherches participatives et recherches par le projet, qui incluent les acteurs publics et privés dans la transformation de l'objet de recherche).

Application dans le contexte environnemental et paysager

Le développement épistémologique des recherches hybridées suit de près le développement de notre compréhension des problèmes environnementaux. Dans son chapitre « *A Brief History of Landscape Research* », Marc Antrop (2013) présente un historique détaillé de la recherche en paysage, en commençant par les descriptions systématiques des explorations du XVIII^e siècle, pour finir sur la recherche transdisciplinaire appliquée entreprise par la Convention européenne du paysage (2000).

D'un côté les sciences environnementales ont épousé la progression des révolutions scientifiques, d'abord positivistes en se reposant sur des sciences « dures » qui privilégient l'observation et l'expérimentation telles que la biologie et la géologie. Puis elles ont intégré les sciences sociales, plus portées sur la subjectivité des points de vue, telles que la sociologie et l'économie. La catégorisation de certaines disciplines en tant que sciences environnementales est relativement récente, ayant émergé dans les années 1960 et 1970, en réponse à la prise de conscience de la détérioration de l'environnement et à l'augmentation de la conscience environnementale (Antrop, 2013). Au cours des années 1970, la recherche environnementale a commencé à se développer en tant que discipline distincte, en réponse aux préoccupations croissantes concernant la pollution de l'air, de l'eau et des sols, ainsi que les impacts de l'agriculture et de l'industrie sur l'environnement. Les gouvernements et les organisations ont commencé à financer cette recherche pour comprendre les impacts environnementaux et trouver des solutions. Dès ce moment, il ne suffisait plus de seulement regarder l'environnement en tant qu'entité physique indépendante de l'action humaine, mais bien de comprendre l'interaction de la société moderne et de ses territoires, afin de pouvoir guider les actions sociales, comportementales, politiques et économiques (Antrop, 2013). Les sciences sociales ont poursuivi un cheminement similaire, particulièrement pour traiter des questions d'éthique de l'environnement ou des ramifications sociales de la crise écologique : « Elles ne peuvent plus considérer l'environnement comme un simple décor inerte et passif, puisqu'il devient de plus en plus évident que la nature (rétro) agit constamment avec le social. » (Foyer, 2011, p. 184.)

D'un autre côté, d'après Antrop (2013), le terme « paysage » reflète en lui-même cette nécessité d'hybridation des recherches. En effet, la définition présentée lors de la Convention européenne du paysage (2000) englobe à la fois « une partie de territoire », donc un objet physique, « telle que perçue par les populations », donc des représentations sociales collectives, mais aussi « l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ». L'histoire, les sciences politiques et l'écologie sont donc toutes essentielles à la compréhension d'un paysage. La définition est elle-même interdisciplinaire, voire un appel à la transdisciplinarité pour que soient mises en débat les différentes représentations et aspirations sociales (ce qu'expose particulièrement le chapitre de Petitrumbert *et al.*).

►► Ittecop et les recherches hybridées

Le programme Ittecop a pour vocation principale de soutenir les besoins d'aide à la décision publique et privée dans un contexte institutionnel de protection de la biodiversité. Les projets transdisciplinaires, qui proposent des solutions pratiques applicables et engagent les acteurs de terrain, sont donc par définition privilégiés, même s'ils ne sont pas les seuls à être soutenus par le programme¹⁸. En traitant des questions d'intégration des infrastructures de transport dans des paysages aux réalités à la fois écologiques et sociales, le programme privilégie également les recherches interdisciplinaires. L'appel à projets de 2020 exprime enfin une volonté claire de soutenir des projets de recherche-action. L'hybridation des recherches est donc au cœur du programme Ittecop.

C'est donc sans surprise que, dans cet ouvrage, deux parties sont consacrées à l'exploration de ce sujet : celle sur « L'hybridation des disciplines », et celle sur « Une recherche qui fait projet ». Dans chacune de ces parties, des projets récents sont présentés par les équipes qui partagent leurs réflexions et leurs recommandations.

Cependant, d'autres projets, plus anciens, ont également apporté leur pierre à l'édifice hybride d'Ittecop. C'est, par exemple, le cas du projet E = RC+ (2017)¹⁹ à la fois pluri et transdisciplinaire qui, en engageant les sciences du droit et de l'écologie, ainsi que des partenaires civils et entreprises privées, a réussi à explorer les réalités pratiques de la séquence ERC appliquée aux enjeux de biodiversité dans les projets d'aménagement d'infrastructures, et à proposer des modes opératoires susceptibles de prendre en compte la biodiversité dans toutes ses dimensions socio-écologiques. Un autre projet, RENATU (2014)²⁰, avait également combiné sciences écologiques et géographie pour évaluer les perceptions de la biodiversité en ville par plusieurs populations (citoyens, acteurs des politiques publiques, écologues), afin de mieux cerner leurs attentes et pour pouvoir mieux y répondre.

►► Avantages et inconvénients des recherches hybridées

Théoriquement, l'hybridation des recherches permet de mieux comprendre les phénomènes, souvent complexes, qui sont étudiés, et de formuler des recommandations plus pertinentes. Cependant, la pratique présente aussi certains obstacles.

Avantages

En regardant l'historique dressé précédemment, les avantages des recherches hybridées sont évidents : elles apportent des réponses plus complètes à des problèmes plus complexes ; elles permettent une compréhension holistique des phénomènes et, dans le cas des recherches transdisciplinaires, offrent des solutions pratiques et applicables

18. Voir, par exemple, le chapitre 4 « Que sait-on du rôle d'habitat et de corridor des dépendances d'infrastructures de transport ? Retour sur trois revues systématiques », p. 36.

19. Le rapport final est accessible sur <https://ittecop.fr/fr/recherches-2017-cat/projets-de-recherche/e-rc>.

20. Le rapport final est accessible sur <https://ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2014/projets-de-recherche-2014/item/127-renatu>

au plus près du terrain. En prenant en compte le caractère dynamique des paysages, les recherches hybridées possèdent aussi l'avantage de « la souplesse et l'adaptabilité pragmatique du bricolage à des objets mouvants » (Foyer, 2011, p. 183). Elles permettent la reconnaissance et l'intégration de plusieurs perspectives, au-delà du clivage binaire qualitatif-quantitatif, et promeuvent d'autres approches et paradigmes.

Ces approches sont également censées être plus réalistes et plus proches de notre manière de comprendre le monde (Creswell et Plano Clark, 2018). Individuellement, nous sommes plus susceptibles de résoudre un problème en combinant une réflexion à la fois inductive et déductive et en procédant pragmatiquement par essais et erreurs qu'en suivant un raisonnement purement linéaire.

Principalement, les recherches hybridées permettent de pallier les limitations des recherches purement quantitatives — souvent critiquées pour leur absence de contexte, leur froideur et leur détachement des préoccupations humaines — ou purement qualitatives — souvent qualifiées de trop subjectives, trop sujettes à l'interprétation et produisant des résultats difficiles à généraliser (Creswell et Plano Clark, 2018). En invitant également les acteurs de terrain à participer aux recherches, les recherches transdisciplinaires ou participatives permettent enfin d'intégrer des savoirs autrement inaccessibles, car absents des publications scientifiques traditionnelles²¹.

Inconvénients

Cependant, ces recherches sont également complexes et posent des problèmes à plusieurs niveaux : épistémologique, scientifique, éthique et pratique.

Scientifiquement, l'une des premières questions qui se posent est celle de l'évaluation des recherches hybridées. En effet, il est difficile de définir des critères de qualité pour les recherches menées. Les critères traditionnels de répliquabilité et de validité sont difficiles à mettre en œuvre lorsque les recherches sont profondément ancrées dans leur contexte. Traditionnellement, le système de *peer-review* mis en place par les revues scientifiques s'est imposé comme le gardien de la qualité scientifique des recherches. Mais qu'en est-il lorsque les savoirs sont destinés à un public non scientifique ? Les projets Ittecop produisent souvent des livrables opérationnels : par exemple un modèle de partenariat de gestion durable par type d'ILT (projet PADDLe), un plan de gestion testé et repris après (au moins) une expérimentation (projet SALTUS), des recommandations à une agglomération (projet T'ILT), etc. De plus, même si les projets de recherche entendent produire des articles scientifiques en parallèle de leurs livrables destinés aux acteurs publics et privés, il semblerait que les revues scientifiques soient encore réfractaires à de telles publications (Roy *et al.*, 2013 ; Uiterkamp et Vlek, 2007). Même si, en principe, les critères des revues scientifiques sont clairs et que les articles ne doivent pas présenter d'insuffisances méthodologiques ou théoriques, la question de ce qui est considéré suffisant demeure, tant la réponse dépend de la discipline. Cela rend donc leur évaluation, ainsi que leur dissémination, difficile²². Une coalition de chercheurs et d'institutions

21. Voir l'article sur le projet ESCAPE XXL (chapitre 9), p. 108 et suivantes.

22. Une coalition de chercheurs et d'institutions prépare actuellement une réforme des critères d'évaluation des recherches prenant en compte cette diversité de produits et pratiques (CoARA, <https://coara.eu/>).

prépare actuellement une réforme des critères d'évaluation des recherches prenant en compte cette diversité de produits et pratiques (CoARA, <https://coara.eu/>).

De même, épistémologiquement, la généralisation des résultats obtenus lors d'études ancrées dans le contexte spatio-temporel est difficile. Au-delà de ces questionnements, la création de savoirs par ce type de recherche demande une flexibilité de paradigme, oscillant entre le positivisme et le constructivisme. Cependant, chaque paradigme correspond à une considération précise du savoir (« la croyance vraie et justifiée » de Platon) et cette considération exclut tout autre. Succinctement, le paradigme positiviste, celui des sciences naturelles, quantitatives et expérimentales, considère qu'il n'existe qu'une seule vérité, universelle et immuable, et que le but de la recherche est de découvrir cette vérité ou de s'en rapprocher au plus près. Cette conception du monde s'inscrit à l'opposé du paradigme constructiviste des sciences humaines et sociales qui, lui, considère qu'il y a autant de vérités que d'individus et que l'objectif de la recherche est de donner sens aux interactions entre individus et contextes sociaux, historiques et culturels. Historiquement, Creswell et Plano Clark (2018) décrivaient une période d'intenses débats entre académiciens sur la possibilité même de combiner les savoirs qualitatifs et quantitatifs tant les philosophies qui les sous-tendent sont différentes.

Éthiquement, on peut également s'interroger sur les modalités des recherches transdisciplinaires en se demandant : « qui participe ? » et « à qui profite le savoir ? ». Les recherches participatives ont tendance à être considérées comme le pinacle des pratiques scientifiques démocratiques et inclusives, mais en pratique elles dépendent beaucoup des disponibilités, des volontés et des capacités des participants. Cela implique en général, à moins qu'elles soient spécifiquement visées, l'exclusion de certaines catégories, sociales, professionnelles ou ethniques, de populations.

Enfin, les acteurs de terrain et autres praticiens attendent beaucoup de recommandations qui sont difficiles à formuler lorsque le sujet est complexe. Ces recommandations sont parfois attendues comme modèle de prédiction de type « pour obtenir X, faites Y ». Mais cela implique un rapport de cause à effet qui tient plus du paradigme positiviste déterministe que de l'approche constructiviste ou holistique moderne. Ce rapport de cause à effet est d'autant plus difficile à établir lors de recherches dites « naturelles », menées hors des laboratoires dans le monde réel où les relations entre variables et acteurs sont complexes. Il peut donc y avoir un décalage entre l'ambition affichée des projets et leurs résultats. Ces derniers étant difficiles à généraliser, ils ne peuvent que toucher un public restreint, ou au mieux formuler des conseils de méthodes (de gouvernance par exemple).

Pratiquement, les recherches hybridées ont tendance à nécessiter un temps considérablement plus long que les recherches traditionnelles (Creswell et Plano Clark, 2018). Ce temps peut être principalement consacré à la collection et à l'analyse de données, souvent plus long pour les méthodes qualitatives, ou à la communication entre chercheurs afin de garantir une bonne intégration des pratiques et des résultats. C'est d'autant plus le cas pour les recherches participatives qui reposent sur une bonne organisation d'activités et une excellente communication avec le public.

►► Recommandations

En considérant ces projets et en consultant la littérature, plusieurs recommandations peuvent être formulées.

Partage des connaissances

D'abord, les chercheurs impliqués devraient être formés à la fois aux méthodes de collections de données et d'analyse des sciences qualitatives et quantitatives (Creswell et Plano Clark, 2018). Pour la recherche quantitative, les chercheurs devraient se familiariser avec les méthodes traditionnelles telles que les questionnaires, mais aussi avec les méthodes de base d'analyse statistique. Principalement, les chercheurs doivent connaître les points essentiels de la recherche scientifique tels que les questions de validité et de répliquabilité. Pour la recherche qualitative, les chercheurs doivent pouvoir identifier le phénomène qu'ils étudient et formuler des questions de recherche exploratoires orientées vers la signification de ce phénomène. Ils doivent également se familiariser avec les méthodes qualitatives traditionnelles telles que les entretiens, mais aussi avec les méthodes d'analyse telles que le codage de texte. Ensuite, les chercheurs doivent comprendre les sujets importants pour garantir la qualité de ces recherches, c'est-à-dire la crédibilité, la fiabilité et les stratégies de validation. Enfin, les chercheurs devraient se familiariser aux recherches hybridées en consultant la littérature procédurale qui s'est développée depuis les années 1980, ainsi que les recherches existantes, et en notant les meilleures procédures d'intégration ou de combinaison des données (Creswell et Plano Clark, 2018). Cette recommandation est soutenue par exemple dans les projets PÉPITE et SEMEUR (chapitre 11) qui ont mis en place une méthode issue des sciences économiques qui nécessite des compétences spécifiques.

Un calendrier approprié

Bien que contre-intuitif, il peut être bénéfique de diviser l'équipe en plusieurs groupes, chacun concentré sur une série de tâches précises. Autant que possible, ces groupes devraient rester inter ou transdisciplinaires. Cela permet au moins de contrer le problème du temps nécessaire en menant plusieurs tâches sur un même calendrier. Dans ce cas, la direction de ces équipes et leur collaboration au fil du projet restent primordiales. Un exemple de cette organisation en équipes interdisciplinaires est le projet T'ILT (chapitre 9) divisé en tâches successives d'analyses pluridisciplinaires parallèles.

Plusieurs projets transdisciplinaires présentés dans la partie 3, PÉPITE, SEMEUR et ESCAPE XXL (tableau 2.1) ont choisi d'intégrer les savoirs des acteurs de terrain en phase préliminaire de leur recherche : dans le cas de PÉPITE et SEMEUR des entretiens ont été menés afin de préparer les modalités de choix ensuite présentés aux participants ; pour ESCAPE XXL, l'équipe a collecté des retours d'expérience d'acteurs publics sur les dispositifs d'échappatoires afin de construire un inventaire permettant l'identification de tels dispositifs en France et à l'étranger.

En commençant le projet par cette phase qualitative, cela permet de limiter les problèmes d'organisation en les confinant sur une période précise.

Un paradigme de recherche adapté et explicite

Épistémologiquement, même si les paradigmes de recherches peuvent sembler incompatibles, les liens entre les méthodes de recherche et leurs philosophies sont moins étroits que dans le passé (Creswell et Plano Clark, 2018). De plus, d'autres paradigmes de recherche tels que les situationnistes ou les pragmatistes contiennent l'idée que plusieurs visions du monde peuvent être utiles pour répondre à des questions complexes. Généralement, afin d'éviter tout débat sur les différents paradigmes de recherche qui sous-tendent un projet, il est recommandé d'être explicite sur les différents points de vue philosophiques et présupposés qui apparaissent dans chaque partie (Creswell et Plano Clark, 2018).

Normalisation du vocabulaire

Pour cela, il est indispensable que chaque projet hybride adopte une communication claire, explicite et cohérente au sein de ses équipes. Dans le cas d'ESCAPE XXL, il s'agissait de préciser la notion sémantique utilisée pour l'opérationnaliser dans des termes clairs afin d'évaluer, par exemple, la fonctionnalité et l'efficacité des dispositifs d'échappatoires étudiés. Le projet T'ILT présente, lui, une volonté de convergence théorique entre sciences sociales, psychologie environnementale, écologie et urbanisme, atteinte grâce à un vocabulaire conceptuel partagé autour des notions de « lieu », « milieu » et « lien », ainsi que sur les différentes terminologies utilisées pour qualifier les espaces des abords d'infrastructures linéaires de transport. Chaque discipline ayant sa propre définition et compréhension des concepts d'études (souvent vus à travers le prisme paradigmatique de sa tradition scientifique), il est essentiel de s'assurer que les chercheurs parlent le même langage. C'est d'autant plus important lors de projets internationaux²³.

Au-delà du vocabulaire, d'autres normalisations ou points d'ancrage sont possibles afin de focaliser un projet. Majoritairement, par la nature des sujets, les projets peuvent être géolocalisés et s'appuyer sur des informations cartographiques qui permettent une lecture des territoires en couches superposées, similaire au *model triplex*. Dans ce cas, les chercheurs peuvent avoir différentes perspectives sur le phénomène d'étude, mais au moins s'accorder sur sa localisation. C'est le cas dans le projet T'ILT. Pour SEMEUR, les chercheurs ont privilégié l'articulation de leur problématique autour de variables financières, compréhensibles par tous les participants. Pour PÉPITE, l'unité d'ancrage choisie était le temps, en l'occurrence, le temps de trajet supplémentaire que les individus étaient prêts à assumer pour protéger la biodiversité aux abords d'une ligne de tramway.

23. Pour les chercheurs intéressés, un point de départ est le glossaire proposé par le réseau IENE et le projet Horizon 2020 BISON : <https://handbookwildlifetraffic.info/annex-1-glossary/>.

Critique de la qualité des savoirs

Si l'hybridation des recherches rend leur évaluation difficile en matière de qualité, les chercheurs sont encouragés à développer une réflexion critique poussée sur leurs pratiques. Cela impose une certaine transparence sur les problèmes rencontrés et les limitations de la recherche menée par rapport aux objectifs initiaux du projet. Il est attendu qu'il soit plus facile de démarrer un projet de recherche hybride que de le finir (Uiterkamp et Vlek, 2007). Si l'on considère la nature dynamique et flexible notamment de la recherche-action et de projet, les objectifs initiaux ne pourront pas toujours être atteints. D'autres savoirs, peut-être inattendus, pourront en revanche émerger. En reconnaissant la contextualisation nécessaire des savoirs créés, ceux-ci peuvent être placés dans une perspective scientifique plus large, avec leurs forces et leurs faiblesses. Si l'effort scientifique est par nature cumulatif, chaque savoir se construisant sur la base de savoirs précédents, c'est la responsabilité des chercheurs de communiquer clairement leurs conclusions au reste de la communauté scientifique. Il est donc impératif que cette communication s'opère en toute honnêteté et avec intégrité.

►► Conclusion

Les recherches hybridées nous apportent de nouvelles approches scientifiques pour mieux comprendre nos territoires et les problématiques complexes qui les animent. Cependant, elles souffrent encore d'un manque de reconnaissance au sein de la communauté scientifique. Bien qu'étant nées vers la fin des années 1980, et représentant le degré le plus élémentaire de l'hybridation, les recherches interdisciplinaires sont encore aujourd'hui considérées comme problématiques. Il nous faudra peut-être encore cinquante ans afin d'être pleinement à l'aise avec l'hybridation plus avancée des recherches participatives, action et de projet. Pour ce faire, un changement de perspective sur la création de savoir et sur la multiplicité de ce dernier doit s'opérer.

►► Bibliographie

- Antrop M., 2013. A brief history of landscape research, in Howard P., Thompson I., Waterton E. (Eds.), *The Routledge Companion to Landscape Studies*, New York, Routledge, p. 12-22.
- Creswell J.W., Plano Clark V.L., 2018. *Designing and conducting mixed methods research* (3^e ed.). Los Angeles, SAGE, 520 p.
- Foyer J., 2011. *Libérer et écologiser les sciences sociales*, CNRS Éditions, Hermès, La Revue, 60(2), 182-187.
- Rigolot C., 2020. Transdisciplinarity as a discipline and a way of being: complementarities and creative tensions. *Humanities & Social Sciences Communications*, 7.
- Roy E.D., Morzillo A., Seijo F., Reddy S., Rhemtulla J., Milder J., Kummerle T., Martin S., 2013. The elusive pursuit of interdisciplinarity at the human-environment interface. *BioScience*, 63(9), 747-753.
- Tashakkori A., Teddlie C., 2003. SAGE Handbook of mixed methods in social & behavioral research, Thousand Oaks, SAGE.
- Turner S., 2010. Knowledge formations: An analytic framework, in *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford University Press, p. 9-20.
- Uiterkamp A., Vlek C., 2007. Practice and outcomes of multidisciplinary research for environmental sustainability. *Journal of Social issues*, 63(1), 175-197.

Partie I

La recomposition des territoires par les infrastructures

► Introduction : comment les grands ouvrages participent-ils à la recomposition des territoires ?

Nicolas Hautière, Charlotte Bigard, Carmen Cantuarias

Un projet d'infrastructure de transport, qu'il soit désiré ou non par les populations, a nécessairement des effets sur l'environnement, au sens large du terme. Les promoteurs des projets ont généralement à l'esprit d'améliorer les conditions de vie ou de circulation des populations, et ce faisant de développer les activités économiques locales et générales, ainsi que le bien-être des populations, voisines ou plus éloignées. Peuvent être aussi pointées les conséquences lourdes de ces projets en matière de pollutions sonores, atmosphériques, écologiques, aquatiques ou paysagères. Ces désordres, temporaires pour certains, peuvent conduire pour d'autres à

un déséquilibre profond des écosystèmes et ainsi engendrer des disparitions d'espèces animales ou végétales parfois rares, provoquer l'apparition d'autres espèces non désirées, ou encore être à la source de possibles catastrophes naturelles. Mais ils ont aussi des effets institutionnels et politiques, par les mobilisations locales contre les projets ou en faveur de nouveaux modes de gestion, ainsi que par les décisions politiques aux différents échelons, de l'Europe aux nations, aux régions et jusqu'aux plus petits niveaux de la décision.

Dans ce contexte très controversé, comment agir au mieux pour concilier les positions des parties prenantes, éviter les catastrophes prévisibles, ou dans certains cas améliorer la situation initiale, parfois déjà dégradée, sur les territoires concernés par les projets ? Comment les projets d'infrastructures contribuent-ils à réorganiser dans la durée les espaces traversés et, en quelque sorte, comment participent-ils à la recomposition des territoires concernés ?

Communément admise, car inscrite dans la réglementation actuelle, une première voie d'action publique, connue sous le nom de « séquence ERC », consiste à « éviter, réduire et, en dernier recours, compenser les impacts négatifs résiduels des projets de nouvelles infrastructures », de façon à tendre vers une absence de pertes environnementales. La question qui suit immédiatement est de savoir comment agir concrètement et comment mettre en place la chaîne d'acteurs chargés de ces changements. Dans cette optique, la production de connaissances demeure la clé afin de réaliser les meilleurs choix d'aménagement pour conserver l'état initial ou retrouver un équilibre satisfaisant du point de vue des fonctions écologiques et sociales. Malheureusement, il reste généralement difficile de produire des résultats robustes en matière de biodiversité et d'écosystèmes, compte tenu de la complexité des problématiques traitées. Par conséquent, les connaissances empiriques obtenues dans un contexte sont difficiles à généraliser dans un autre. Pour autant, les connaissances progressent et les publications se multiplient. L'enjeu est donc de savoir dans quelle mesure nous pouvons améliorer les projets d'infrastructures nouvelles à partir de ces connaissances imparfaites et, également, faire évoluer les infrastructures existantes pour les intégrer en termes de génie écologique.

Un autre enjeu est à la fois social et politique, et consiste à révéler la dimension très technique de l'objet infrastructurel et le risque qu'il ne soit géré uniquement comme un problème de cet ordre, échappant alors aux citoyens comme aux acteurs locaux, à la transversalité et à la complexité des conséquences de ces équipements. Ce sujet est abordé spécifiquement dans le chapitre 6, à propos du grand port de la Guadeloupe et des circuits alimentaires.

Pour revenir aux problématiques environnementales, le chapitre 4 rapporte ce que l'on sait aujourd'hui du rôle d'habitat ou de corridor des dépendances d'infrastructures de transport. Les trois revues systématiques rapportées ici viennent ainsi confirmer que les connaissances dans ce domaine sont nombreuses, mais relativement lacunaires. Différentes pistes sont proposées pour améliorer la qualité des recherches dans ce domaine, notamment pour ce qui est du protocole expérimental.

Une deuxième voie d'action possible est le débat public, clé de voûte pour établir les conditions de l'acceptabilité des projets d'infrastructures. Le maître d'ouvrage se doit ainsi d'expliquer à la population son projet et les mesures envisagées pour

en atténuer les impacts environnementaux, tandis que les participants au débat ont toute latitude pour exprimer leurs inquiétudes et pour proposer des pistes d'amélioration du projet, notamment en matière d'intégration territoriale. Malgré les progrès méthodologiques, la clé de ce mode d'action publique demeure toujours la qualité du dialogue qui est pourtant censée être garantie par la présence d'observateurs indépendants. Toutefois, certains considèrent que les débats de ce genre sont par nature asymétriques et n'ont guère d'impact sur la définition du projet.

Dans ce contexte, le chapitre 5 propose un retour d'expérience d'une approche originale fondée sur une « heuristique de la crainte » visant à obtenir une meilleure prise en compte, par la maîtrise d'ouvrage du projet de canal Seine-Nord Europe, des craintes environnementales *a priori* fondées, mais jusqu'à présent invisibilisées compte tenu du processus actuel d'instruction des débats.

Une troisième voie d'action publique consiste à renverser la perspective et à considérer que les projets d'infrastructures de transport constituent autant d'opportunités pour améliorer le cadre de vie existant. Le projet d'infrastructure peut alors devenir le creuset pour identifier et cofinancer d'autres projets à vocation environnementale mettant en valeur l'existant. On peut ainsi parler d'effet de levier pour la recomposition territoriale. Cette politique, généralisée pour les projets d'infrastructures autoroutières, n'existe pas forcément pour les autres types d'infrastructures. La gouvernance de ce type d'action reste toutefois complexe si l'on souhaite en tirer tous les bénéfices sur le plan environnemental et éviter notamment les effets d'aubaines de la part de certains acteurs locaux.

Le chapitre 7 dresse ainsi une perspective historique sur la politique du « 1 % paysage et développement », expérimentée au sein des projets des autoroutes A75 et A20, puis généralisée dans les années 1990, et sur les effets de celle-ci sur la recomposition des territoires. D'autres dispositifs, comme pour les lignes à haute tension, font participer les opérateurs à des formes singulières d'aménagement ou de gestion accompagnant leurs équipements. Au-delà des effets d'aménagement, des relations nouvelles sont alors créées entre acteurs politiques, collectivités territoriales, et aménageurs (sociétés d'autoroute ou de transport d'électricité). Cela s'avère plus des potentialités et des expérimentations que des réalités généralisées, mais ces dispositifs donnent ainsi naissance à l'hypothèse de lignes créatrices.

Si la liste des voies d'action publique présentée dans cette introduction est certainement loin d'être exhaustive, celle-ci a néanmoins le mérite de démontrer à la fois la complémentarité et la richesse des actions possibles pour améliorer l'insertion environnementale et territoriale des projets d'infrastructures de transport et, éventuellement, pour produire *via* les projets d'infrastructures de transport une contribution environnementale positive sur les territoires. En effet, sans connaissances robustes, le débat public demeure stérile. Sans débat public de qualité ou sans gouvernance intermédiaire, comme proposée par les auteurs du chapitre 7, les projets d'intégration territoriale n'ont que peu de chance d'aboutir à une plus-value environnementale. Dans cette perspective, le numérique ouvre certainement des perspectives nouvelles, voire des stratégies opportunistes, pour collecter des données massives et outiller les territoires permettant une recherche plus reproductible, pour bâtir des observatoires des paysages plus riches, pour faciliter la gouvernance citoyenne et, enfin, pour construire une science plus participative.

COHNECS-IT :
que sait-on du rôle d’habitat et
de corridor des dépendances
d’infrastructures de transport ?
Retour sur trois revues systématiques

Romain Sordello, Hugo Mell, Vinciane Fack,
Dakis-Yaoba Ouédraogo, Anne Villemey, Arzhvaël Jeusset,
Vital Azambourg, Yves Bertheau, Aurélie Coulon,
Nadine Deniaud, Frédérique Flamerie De Lachapelle,
Éric Guinard, Marine Hulard, Hervé Jactel, Éric Le Mitouard,
Louise Percevault, Vanessa Rael, Véronique Roy, Sylvie
Vanpeene, Marianne Vargac, Isabelle Witté, Sébastien
Filoche, Frédéric Hendoux, Yorick Reyjol, Julien Touroult

►► **Contexte et problématique**

Depuis plusieurs décennies, il est démontré que les infrastructures linéaires de transport (ILT) — de personnes et d’énergie — ont des impacts négatifs sur les milieux naturels et les espèces (Laforge *et al.*, 2022). En particulier, elles constituent une des principales sources de perte et de fragmentation des habitats et génèrent une mortalité directe par collision, noyade ou électrocution (Raymond *et al.*, 2021). Elles freinent, voire bloquent les déplacements de la faune et limitent donc les flux de gènes (Kobayashi et Abe, 2023), accroissant ainsi la vulnérabilité des populations face aux changements globaux. Enfin, les ILT émettent directement ou indirectement diverses pollutions dans l’air, dans l’eau ou dans le sol qui dégradent la qualité des habitats environnants (Hennigar *et al.*, 2019).

Dans le même temps, les ILT sont accompagnées de « dépendances », c’est-à-dire d’espaces associés à ces voies de transport (à côté, au-dessus, au-dessous selon l’ILT), mais qui ne servent pas à la fonction de transport. Ces dépendances sont le plus souvent végétalisées, leur surface est élevée et elles sont, de fait, organisées en réseau puisqu’elles suivent les ILT. La France possède les réseaux routier et ferroviaire les plus développés d’Europe : environ un million de kilomètres de routes et trente

mille kilomètres de voies ferrées en service. Ces longueurs laissent ainsi imaginer un réseau potentiel considérable de surfaces végétalisées à disposition de la biodiversité. En prenant en compte les principales contraintes d'exploitation des ILT, leurs caractéristiques géométriques et leur environnement, une étude a estimé que ce réseau potentiel s'étendrait sur 88 094 km — dont 39 % associés au réseau de transport d'électricité, 34 % au réseau ferroviaire, 18 % au réseau routier, 9 % au réseau navigable — représentant une surface minimale totale de 2 025 km² (Francois *et al.*, 2022).

Au vu de ce potentiel, il est légitime de se demander si ces dépendances d'ILT sont susceptibles de jouer un rôle positif pour la biodiversité comme habitat ou corridor. Sur ce sujet, de premières recherches bibliographiques effectuées il y a une dizaine d'années ont montré que la littérature était abondante, mais non synthétisée, et que les résultats observés étaient hétérogènes. Par exemple, il a été montré que des dépendances d'autoroutes sont utilisées en Californie comme corridors par des espèces natives de rongeurs et des espèces d'oiseaux « tolérantes » à la fragmentation (Bolger *et al.*, 2001). Des dépendances de routes peuvent également parfois constituer des zones refuges, hébergeant une part significative de populations d'espèces végétales, dont certaines rares (Helldin *et al.*, 2015). À l'inverse, une méta-analyse réalisée à partir de 49 études sur les impacts des infrastructures (principalement les routes) sur les populations d'oiseaux et de mammifères a mis en évidence des densités réduites de mammifères et d'oiseaux non-rapaces à proximité de telles infrastructures (Benítez-López *et al.*, 2010). Les perturbations d'habitats naturels résultant de la construction d'une ILT semblent en outre pouvoir parfois favoriser l'installation et la propagation de plantes exotiques envahissantes (Meunier et Lavoie, 2012), sujet de plus en plus sensible dans le domaine de la gestion des écosystèmes. Cette diversité de résultats, parfois convergents et parfois contradictoires, a fait émerger la volonté de disposer d'une synthèse exhaustive et précise, ce qui a donné naissance au projet COHNECS-IT.

» Le projet COHNECS-IT

Le projet COHNECS-IT — connectivité longitudinale et potentiel d'habitat des dépendances vertes en fonction de leur nature, des espèces et du contexte : une revue systématique sur les infrastructures de transport — a souhaité étudier le rôle des dépendances des ILT comme habitats ou corridors. Le but était de fournir une vision claire, synthétique et objective des connaissances scientifiques dans un souci d'applications techniques opérationnelles. Ce projet multipartenarial a mobilisé des personnels divers — écologues, documentalistes et écostatisticiens — de différents établissements publics, sous la coordination de PatriNat (Office français de la biodiversité [OFB] – Muséum national d'histoire naturelle [MNHN] – Centre national de la recherche scientifique [CNRS] – Institut de recherche pour le développement [IRD]) avec la participation du Cerema, de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) et de l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris-VI (UPMC). Le volet flore a quant à lui été piloté directement par le Conservatoire botanique national du Bassin parisien (CBNBP).

Afin de répondre précisément aux gestionnaires français (et européens), le projet s'est concentré sur la zone climatique tempérée (Peel *et al.*, 2007). Cinq types d'ILT

ont été considérés : les routes et autoroutes, les voies ferrées, les gazoducs, les lignes électriques et les voies navigables. Compte tenu du volume de la littérature à traiter, le projet a été séquencé en trois groupes taxonomiques — insectes, vertébrés et flore — traités au fil des appels à projets conjoints, Ittecop, CILB (Club infrastructures linéaires et biodiversité) et FRB en 2014, 2017 et 2021.

La question principale a été découpée en six sous-questions analysées séparément, détaillant les fonctions d’habitat et de corridor selon l’influence de la gestion et du contexte paysager (tableau 4.1). La distinction entre habitat et corridor permet d’interroger la capacité des dépendances d’ILT soit à héberger des espèces (pour diverses fonctions telles que leur alimentation, reproduction, repos, etc.), soit à favoriser leurs déplacements (déplacements routiniers, dispersion natale, migration, etc.), ces deux fonctions étant la base des trames écologiques. Concernant la gestion, l’objectif est de mesurer l’effet de telle ou telle pratique menée par le gestionnaire sur les dépendances de son infrastructure (enrochement, fauche, plantation, etc.). Enfin, la prise en compte du contexte paysager vise à évaluer si le rôle des dépendances pour la biodiversité est conditionné ou non par l’environnement (naturel, agricole, urbain) dans lequel l’ILT s’inscrit.

Tableau 4.1. Six sous-questions posées par le projet COHNECS-IT en combinant les effets habitat et corridor, la gestion et le contexte de l’ILT

	Habitat	Corridor
Intervention	Q1 = Influence de la gestion des dépendances sur le rôle d’habitat	Q3 = Influence de la gestion des dépendances sur le rôle de corridor
Exposition	Q2 = Rôle d’habitat des dépendances	Q4 = Rôle de corridor des dépendances
Contexte	Q5 = Influence du contexte paysager sur le rôle d’habitat des dépendances	Q6 = Influence du contexte paysager sur le rôle de corridor des dépendances

► La méthode des revues systématiques

L’objectif de COHNECS-IT étant d’établir un état des lieux des preuves existantes dans la littérature, la méthode des revues systématiques a été utilisée en suivant les lignes directrices de la *Collaboration for Environmental Evidence* (CEE) représentée en France par la FRB.

Cette méthode garantit une certaine :

- exhaustivité (diversité des sources mobilisées, mesure de l’efficacité des recherches à l’aide d’une liste de références...);
- transparence (toutes les décisions sont tracées et accessibles pour comprendre le résultat);
- répliquabilité (la méthode est exposée en détail et reproductible ou actualisable par une autre équipe si nécessaire);
- objectivité (la synthèse se base sur des faits avérés, après lecture critique des articles, en minimisant le risque de subjectivité et d’extrapolation).

La méthode (protocole) de COHNECS-IT a été publiée en 2016 (Jeusset *et al.*, 2016). Trois revues systématiques distinctes ont ensuite été produites : sur les insectes

(Villemeijer *et al.*, 2018), sur les vertébrés (Ouedraogo *et al.*, 2020) et sur la flore (Mell *et al.*, en préparation). Tous les articles ont été publiés dans *Environmental Evidence Journal*, journal affilié à la CEE, ce qui garantit le respect de la méthode.

Chaque revue systématique a été conduite selon les étapes suivantes.

1/ Collecte de la littérature : pour ce faire, deux bases de données bibliographiques ont été consultées (*Web of Science Core Collection* et *Zoological Records*), ainsi que des moteurs de recherche et des sites spécialisés. Un appel à littérature (en particulier à la littérature « grise ») a également été lancé auprès de divers experts extérieurs. Pour garder un corpus à jour, une actualisation des requêtes bibliographiques a été effectuée pour la revue *Vertébrés* (2018) puis pour la revue *Flore* (2020) sur les deux bases académiques. Des tests de complétude ont été menés.

2/ Tri de la littérature : le corpus a été trié afin d'exclure les publications hors sujet. Ces tris ont été effectués sur les titres, puis sur les résumés et, enfin, sur les textes entiers. Avant les tris sur titres et sur résumés, les trieurs ont réalisé des tests statistiques de concordances afin de s'assurer d'une compréhension identique des critères de tri. Les « publications » ont ensuite été divisées en « études » (une publication pouvant comprendre plusieurs études).

3/ Lecture(s) critique(s) des publications : le niveau de biais de chaque étude a été déterminé à partir d'une grille de critères évaluant la qualité du protocole expérimental (par exemple le type de protocole, la stratégie d'échantillonnage, le niveau de réplification spatiale et/ou temporelle ou encore la présence de facteurs confondants). En fonction des informations recueillies pour chacun des critères, un niveau de biais globalement « faible », « moyen » ou « fort » a été attribué à chaque étude. Seules les études présentant un niveau de biais « faible » ou « moyen » ont été conservées pour la suite des étapes.

4/ Extraction des métadonnées : un ensemble de métadonnées a été encodé pour chaque étude (situation géographique, type d'ILT, type d'habitat sur les dépendances et sur les sites témoins, perturbations ou pratiques de gestion sur les sites étudiés, etc.) afin de décrire l'état du corpus bibliographique rassemblé.

5/ Synthèse narrative : les résultats des études disposant de tests statistiques ont été extraits et reportés dans des tableaux librement consultables associés à chaque revue en matériel supplémentaire. Ces données issues des trois revues ont été regroupées dans un tableau unique présenté plus loin (tableau 4.2).

6/ Synthèse quantitative (méta-analyse) : dans les trois revues — insectes, vertébrés, flore —, une méta-analyse a été possible sur la sous-question Q2 (rôle d'habitat des dépendances) à partir de 709 données extraites de 34 études pour les insectes, de 136 données provenant de 35 études pour les vertébrés et de 205 données issues de 47 études pour la flore. Ces méta-analyses rapportent ainsi un effet global négatif, neutre ou positif des dépendances comme habitat pour les différentes ILT (figures 4.4, 4.5, 4.6).

La figure 4.1 retrace l'ensemble du processus et les volumes de publications associés à chaque étape. Au total, en comptant l'ensemble du projet COHNECS-IT et les actualisations, 102 531 publications ont été collectées, pour arriver *in fine* à 104 études sur les insectes, 128 études sur les vertébrés et 316 études sur la flore.

À noter que certaines études n'ont pas été exploitées ni dans la synthèse narrative, du fait de l'absence de tests statistiques, ni dans la méta-analyse, car les données nécessaires aux calculs de tailles d'effets n'étaient pas reportées dans les articles.

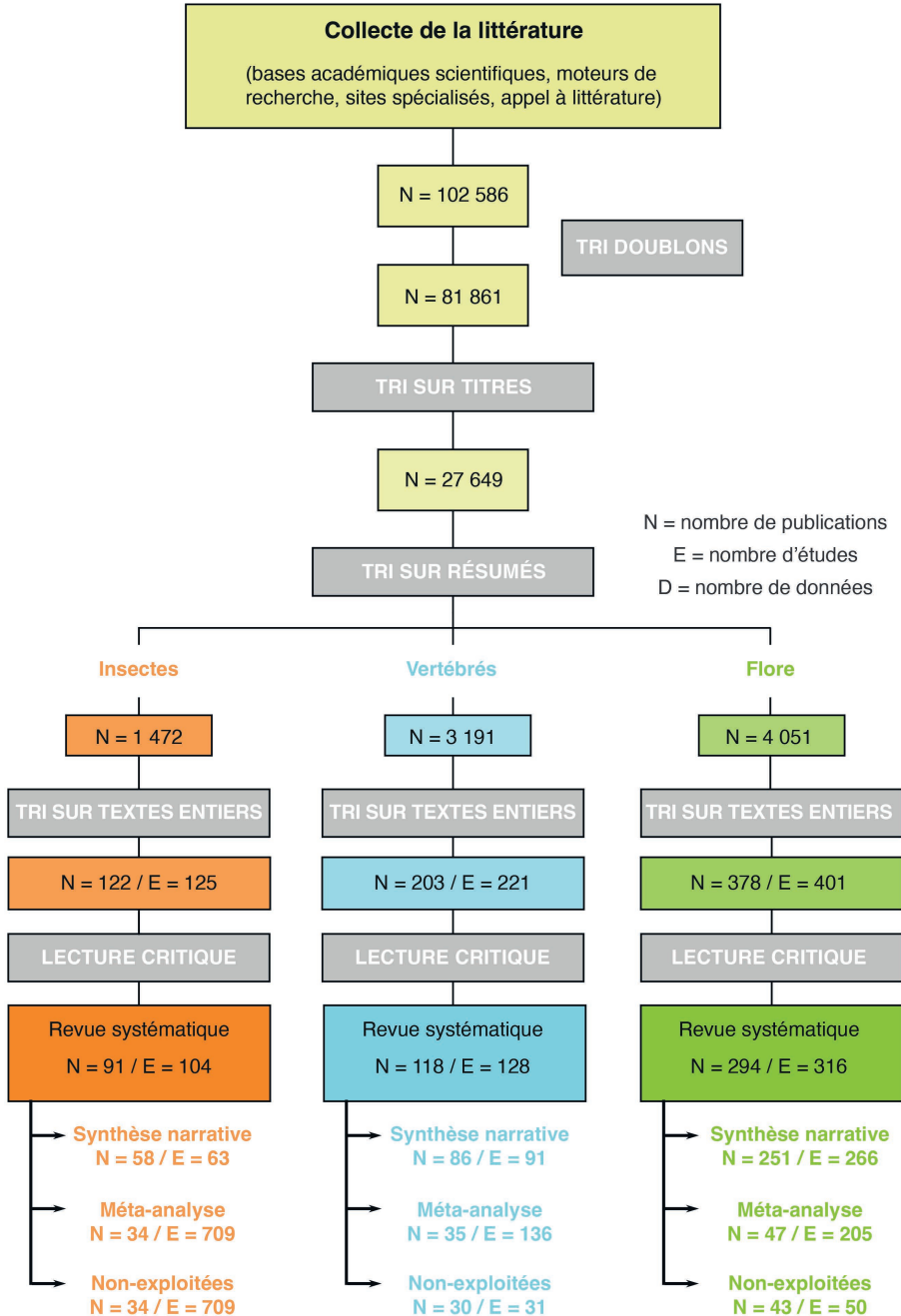


Figure 4.1. Processus et volumes de publications associées pour les trois revues systématiques
Source : auteurs

Toutefois, ces études sont référencées dans le corpus final puisqu'elles restent pertinentes par rapport aux questions posées. La figure 4.2 précise les volumes obtenus, en fonction des ILT et des sous-questions.

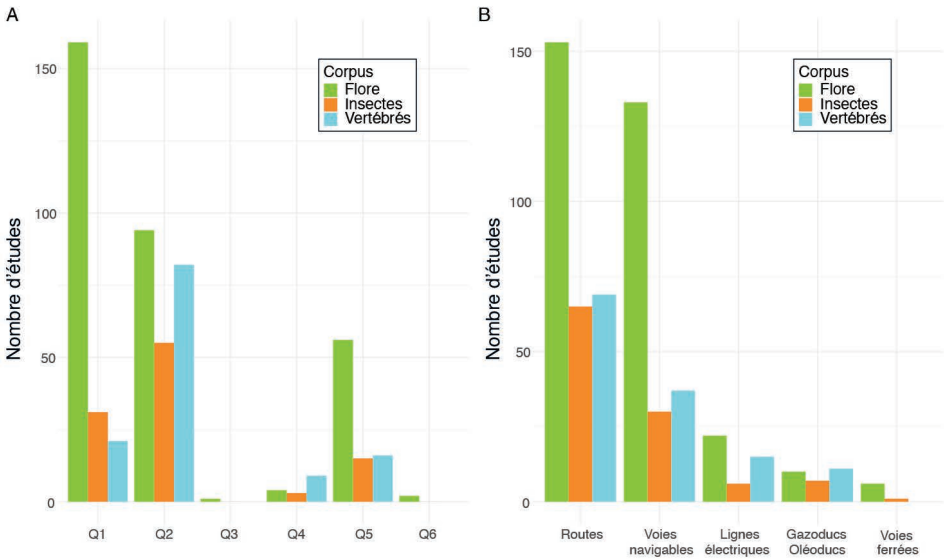


Figure 4.2. Volumes de publications par ILT et par sous-questions pour les trois groupes biologiques

Source : auteurs

► Résultats obtenus

Rôle d'habitat des dépendances

En ce qui concerne les insectes, si l'on considère l'ensemble des données, la méta-analyse montre qu'il n'y a globalement pas de différence entre les dépendances et les habitats analogues hors dépendances concernant la richesse spécifique (nombre d'espèces). *A contrario*, l'abondance (nombre d'individus par espèce) semble plus élevée sur la dépendance. En séparant les données par types d'ILT et par groupes trophiques d'insectes (figure 4.3), on observe que pour les routes (hors autoroutes), les pollinisateurs et les herbivores sont légèrement plus abondants dans les dépendances que dans les habitats analogues situés en dehors de l'emprise. Un effet plutôt négatif des berges est constaté sur l'abondance des pollinisateurs, mais ce résultat ne repose que sur trois études et reste donc à prendre avec précaution.

Pour les vertébrés, la méta-analyse montre des réponses très contrastées selon les sous-groupes de vertébrés et les types d'ILT. Pour les autoroutes, l'abondance des micromammifères est supérieure dans les dépendances par rapport aux milieux analogues situés en dehors de l'emprise (figure 4.4a), mais l'abondance et le nombre d'espèces d'oiseaux (principalement des passereaux) y sont inférieurs (figures 4.4a

Tableau 4.2. Extrait du tableau de synthèse des résultats des études, compilés pour les six sous-questions, les cinq types d'ILT et les trois groupes biologiques, insectes, vertébrés et flore

Types d'ILT	Routes/autoroutes	Voies ferrées	Gazoducs	Lignes électriques	Voies fluviales
Q1	Insectes : Effets > 0 ou = 0 de la restauration de la végétation (2 études) Effet < 0 de la bétonisation des dépendances (1 étude) Vertébrés : Pas d'étude	Insectes : Effet < 0 de la bétonisation des dépendances (1 étude) Vertébrés : Pas d'étude	Pas d'étude	Insectes : Pas d'étude Vertébrés : Effet < 0 > de la gestion (réduction) de la végétation sur l'abondance des micromammifères (contrasté selon l'espèce) (2 études) Plantes : Pas d'étude	Insectes : Effet variable de la restauration de la végétation selon le type de gestion : – effet = 0 ou > 0 des plantations (2 études) – effet > 0 de l'éradication d'espèces végétales invasives sur la richesse spécifique, mais effet < 0 sur l'abondance (1 étude) – effet < 0 du pâturage (1 étude) – effet = 0 de la fauche et des herbicides (1 étude) Effet < 0 > de la « chenalisation » sur l'abondance et la richesse des coléoptères (1 étude) Effet < 0 de l'enrochement des berges pour les coléoptères sauf pour les espèces invasives (1 étude) Vertébrés : Effet < 0 > de la gestion des niveaux d'eau (3 études) Effet < 0 > de la chenalisation (4 études) Effet < 0 > de la présence d'humains sur les berges sur la présence d'oiseaux d'eau (1 étude) Effet > 0 de création d'habitats sur la présence de la loure (1 étude)
Habitat/ pratiques de gestion	Insectes : Effets > 0 ou = 0 de la restauration de la végétation (2 études) Effet < 0 ou = 0 de l'artificialisation des dépendances (2 études) Effet = 0 ou > 0 de la fauche ou du pâturage (5 études) Vertébrés : Effet < 0 ou = 0 de la gestion (réduction) de la végétation sur l'abondance des micromammifères (dépend de l'espèce et du contexte paysager) (3 études) Effet < 0 > de l'éclairage sur l'activité des chauves-souris (3 études) Effet = 0 de l'utilisation de substrat synthétique pour construire des bassins de rétention d'eau de pluie sur la richesse spécifique des amphibiens (1 étude) Effet = 0 de la plantation d'arbres sur l'abondance et la richesse des oiseaux (1 étude)	Insectes : Effet < 0 de la bétonisation des dépendances (1 étude) Vertébrés : Pas d'étude	Pas d'étude	Insectes : Pas d'étude Vertébrés : Effet < 0 > de la gestion (réduction) de la végétation sur l'abondance des micromammifères (contrasté selon l'espèce) (2 études) Plantes : Pas d'étude	Insectes : Effet variable de la restauration de la végétation selon le type de gestion : – effet = 0 ou > 0 des plantations (2 études) – effet > 0 de l'éradication d'espèces végétales invasives sur la richesse spécifique, mais effet < 0 sur l'abondance (1 étude) – effet < 0 du pâturage (1 étude) – effet = 0 de la fauche et des herbicides (1 étude) Effet < 0 > de la « chenalisation » sur l'abondance et la richesse des coléoptères (1 étude) Effet < 0 de l'enrochement des berges pour les coléoptères sauf pour les espèces invasives (1 étude) Vertébrés : Effet < 0 > de la gestion des niveaux d'eau (3 études) Effet < 0 > de la chenalisation (4 études) Effet < 0 > de la présence d'humains sur les berges sur la présence d'oiseaux d'eau (1 étude) Effet > 0 de création d'habitats sur la présence de la loure (1 étude)

Effets : **< 0 négatifs** ; **= 0 neutres** ; **> 0 positifs** ; **< 0 > contradictoires**

Les références des études sont disponibles en accès libre dans le fichier additionnel n° 6 de Villemey *et al.* (2016) pour les insectes et dans le fichier additionnel n° 8 de Ouédraogo *et al.* (2020) pour les vertébrés.

et 4.4b). Pour les voies navigables, l'abondance d'oiseaux est supérieure dans les dépendances par rapport aux milieux analogues hors dépendances (tendance similaire pour les chauves-souris). Pour les routes hors autoroutes, aucune différence significative n'a été trouvée. C'est aussi le cas pour les lignes électriques et les voies ferrées, mais d'autres études seraient nécessaires pour conclure de façon plus certaine.

Concernant la flore, la méta-analyse n'a pas révélé de différence significative d'abondance ou de richesse spécifique entre les dépendances et les milieux témoins situés hors emprises, que ce soit au niveau global ou pour chaque type d'ILT pris séparément (figures 4.5a et 4.5c). Néanmoins, en distinguant les résultats reportés dans les publications pour les espèces natives et les espèces exotiques spécifiquement (figures 4.5b et 4.5d), on constate une plus forte abondance ainsi qu'un plus grand nombre d'espèces exotiques sur les bords de route (hors autoroutes). Les données d'abondance en espèces natives collectées au-dessus des gazoducs-oléoducs montrent quant à elles des niveaux plus faibles dans la dépendance que dans le milieu témoin. La généralisation de ce résultat est toutefois impossible à ce stade, car il ne repose que sur une unique étude menée aux États-Unis en contexte de pré-salé (impact de la construction d'un pipeline sur des populations de spartine à feuilles alternes, *Spartina alterniflora*).

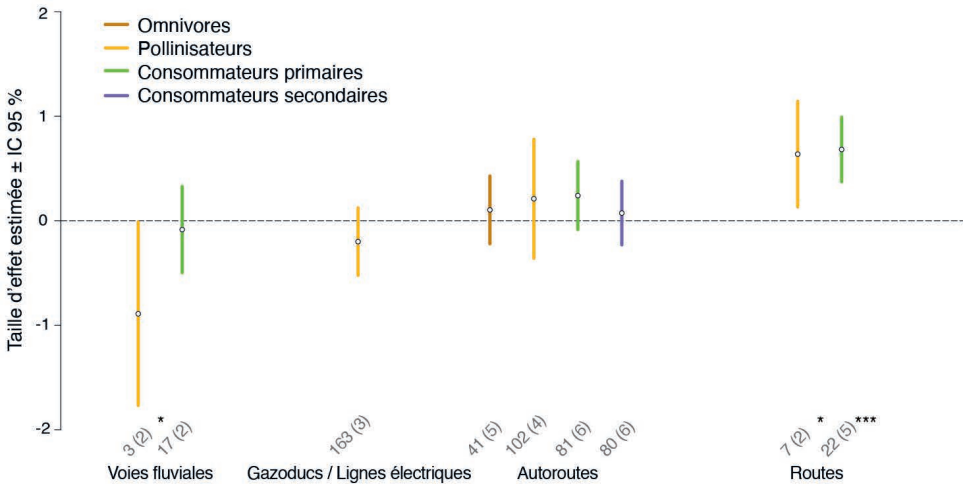


Figure 4.3. Méta-analyse sur l'abondance d'insectes pour la sous-question Q2 (rôle d'habitat) Les valeurs pour chaque ILT indiquent le nombre de données, et le nombre d'études dont elles sont issues est indiqué entre parenthèses.

* $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

Source : d'après Villemey *et al.*, 2018 – Licence CC 4.0

Infrastructures de transport créatives

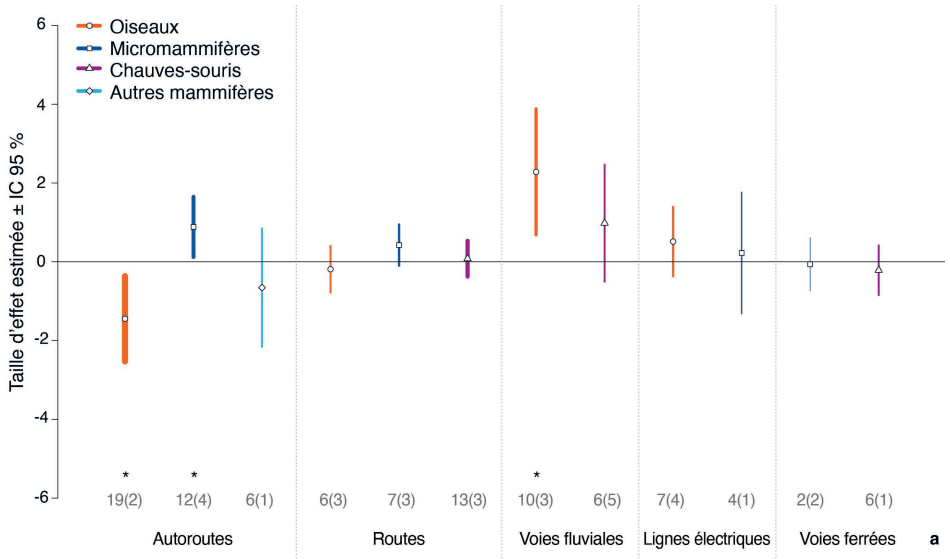


Figure 4.4a. Méta-analyse sur l'abondance des vertébrés pour la sous-question Q2 (rôle d'habitat)

Les valeurs pour chaque ILT indiquent le nombre de données, et le nombre d'études dont elles sont issues est indiqué entre parenthèses.

* $p < 0,05$

Source : d'après Ouédraogo *et al.*, 2020 – Licence CC 4.0

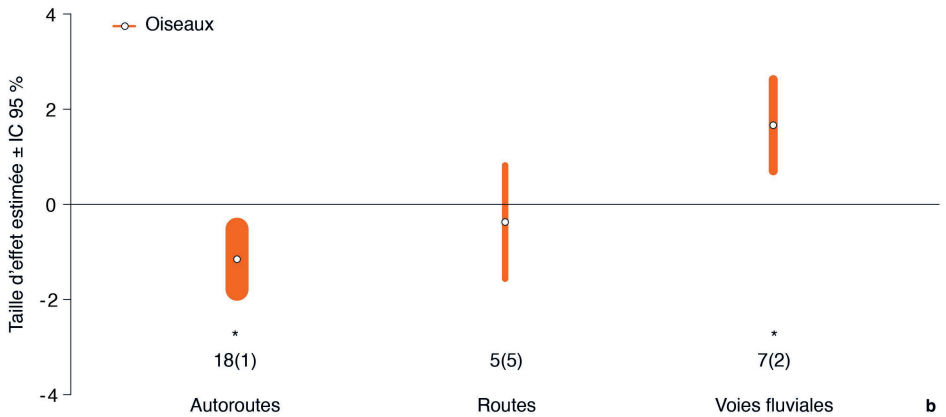
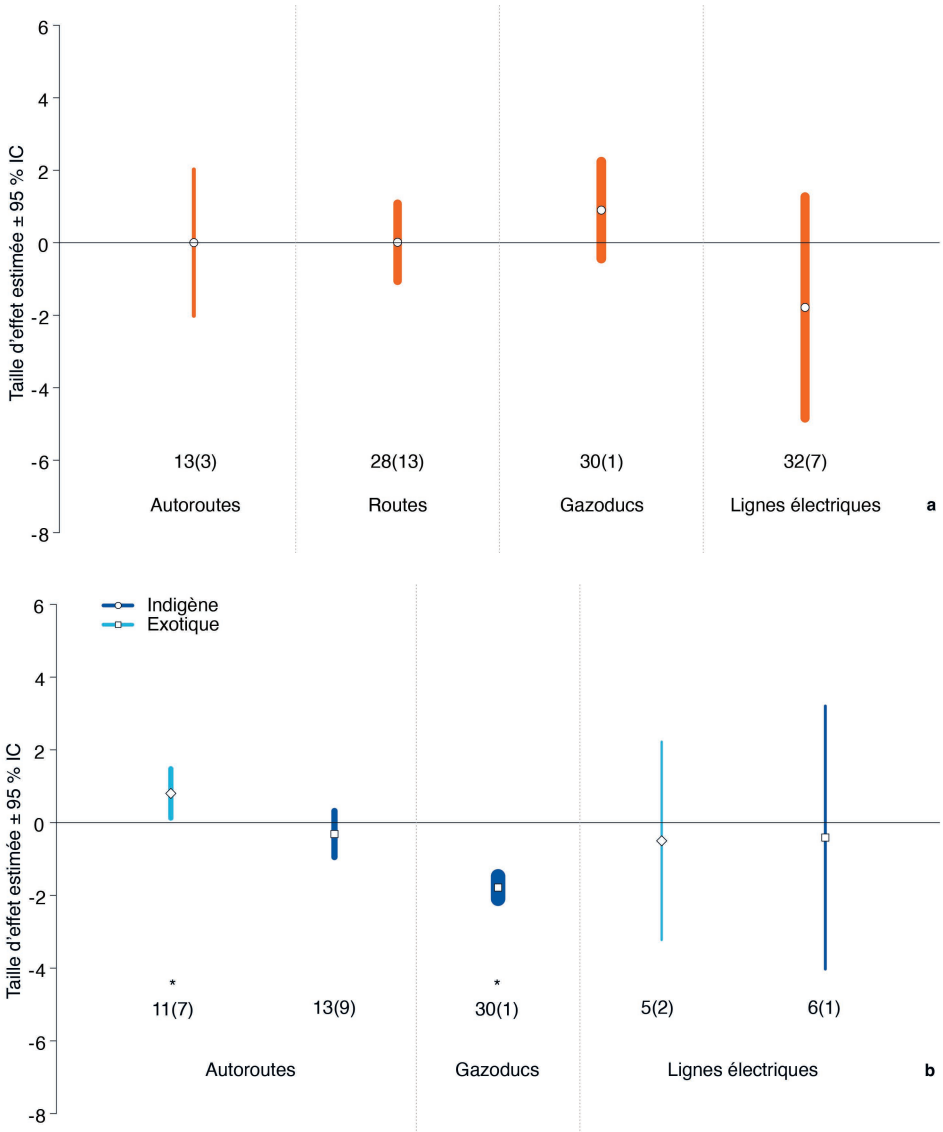


Figure 4.4b. Méta-analyse sur la richesse de vertébrés pour la sous-question Q2 (rôle d'habitat)

Les valeurs pour chaque ILT indiquent le nombre de données, et le nombre d'études dont elles sont issues est indiqué entre parenthèses.

* $p < 0,05$

Source : d'après Ouédraogo *et al.*, 2020 – Licence CC 4.0



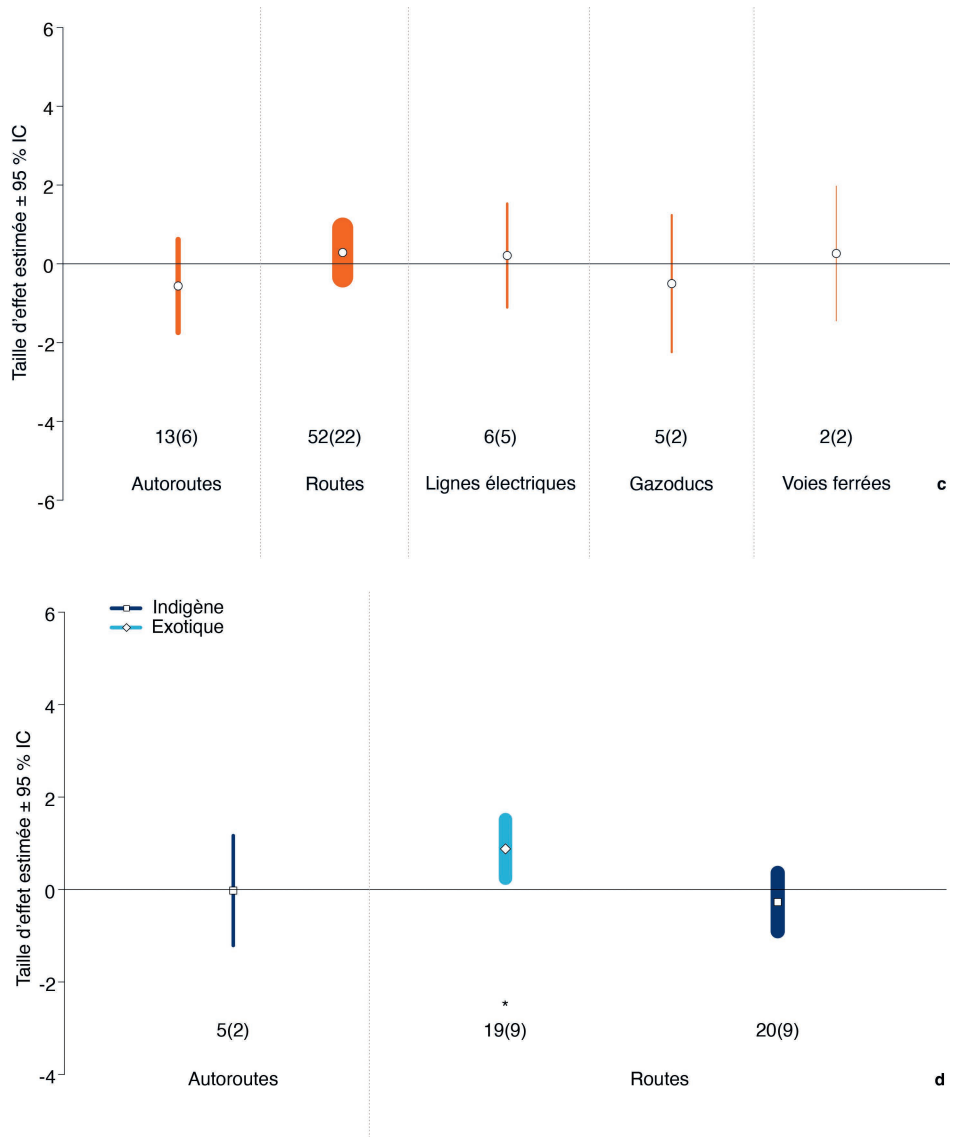
Figures 4.5a et 4.5b. Méta-analyse sur l'abondance végétale pour la sous-question Q2 (rôle d'habitat) pour tout type de plante (a) et pour les espèces exotiques ou natives spécifiquement (b)

Les valeurs pour chaque ILT indiquent le nombre de données, et le nombre d'études dont elles sont issues est indiqué entre parenthèses.

* $p < 0,05$

Source : d'après Mell *et al.* (en préparation) – Licence CC 4.0

Infrastructures de transport créatives



Figures 4.5c et 4.5d. Méta-analyse sur la richesse végétale pour la sous-question Q2 (rôle d'habitat) pour tout type de plante (c) et pour les espèces exotiques ou natives spécifiquement (d)

Les valeurs pour chaque ILT indiquent le nombre de données, et entre parenthèses le nombre d'études dont elles sont issues est indiqué entre parenthèses.

* $p < 0,05$

Source : d'après Mell *et al.* (en préparation) – Licence CC 4.0

Le rôle de corridor : un effet inexploré ?

Un nombre très faible, voire inexistant, d'études robustes évaluant le rôle de corridor des dépendances d'ILT est constaté pour les insectes, les vertébrés et la flore. Cette situation ne permet donc pas d'avancer de réelles conclusions. Ce manque de connaissances est d'autant plus surprenant et à déplorer que l'aspect linéaire des habitats des dépendances et leur organisation en réseau sur des surfaces considérables justifient clairement de s'interroger sur leur contribution potentielle aux continuités écologiques. Alors que les trames vertes et bleues sont mises en œuvre depuis plus d'une dizaine d'années, nous ne disposons pas du recul scientifique permettant de dire si les dépendances présentent ou non un intérêt à faire partie de ce réseau. Pourtant, dans le contexte du changement climatique, déterminer dans quelle mesure, dans quels contextes et par quelles pratiques de gestion les dépendances des ILT peuvent favoriser l'ajustement spatial des aires de répartition des espèces est une question essentielle.

Ce constat peut s'expliquer par rapport à la définition même du rôle de corridor, qui comprend plusieurs acceptions dans la communauté scientifique. Ce rôle est parfois vu de manière globale comme une extrapolation du rôle d'habitat. De nombreuses études abordent alors l'effet corridor par la présence continue d'espèces le long des ILT. Toutefois, cette approche ne permet pas de conclure rigoureusement sur les capacités de dispersion *via* les dépendances. De nombreuses études traitent également l'effet corridor à travers la génétique du paysage, en regardant si la structuration génétique des populations est expliquée par des éléments du paysage, dont les ILT. Mais là encore, cette approche ne répond pas explicitement à notre sous-question Q4. Elle permet de dire qu'une ILT n'est pas nécessairement une barrière dans le paysage (voir le programme TRANSFER) ; pour autant, elle ne permet pas de conclure si la dépendance elle-même a favorisé ou non la dispersion des gènes.

Concernant la faune, les études de télémétrie ou de capture/marquage/recapture comparant la dispersion dans la dépendance et la dispersion dans la matrice (figure 4.1) sont extrêmement rares. Ce type de protocole a été mis en place par exemple pour des mammifères australiens, le diable de Tasmanie et le chat marsupial à queue tachetée, montrant en l'occurrence un effet nul à positif de la dépendance dans la dispersion de ces espèces. Ce type de protocole est donc réalisable, mais probablement coûteux comparé à un suivi de présence/absence qui peut reposer de manière plus légère sur la détection de traces (fèces, par exemple).

Dans le cas de la flore, on peut noter que la présence en tant que telle de certaines espèces exotiques envahissantes le long des ILT et leur absence ou leur faible représentation dans les habitats au-delà des dépendances suggèrent bien que les dépendances constituent des espaces privilégiés pour la colonisation par ces espèces de nouveaux milieux. Une hypothèse est souvent formulée selon laquelle ce rôle est justement vérifié uniquement pour cette catégorie d'espèces peu exigeantes. Néanmoins, des études documentant précisément et quantifiant rigoureusement ce phénomène manquent cruellement, alors même que la problématique des espèces invasives constitue un enjeu majeur de conservation.

Des pratiques de gestion très variées aux effets contrastés

Sur l'ensemble des trois groupes biologiques, il ressort de cela qu'un nombre important de publications a tenté d'apporter des éléments de réponse sur les bonnes pratiques de gestion à mettre en œuvre pour favoriser le rôle d'habitat des dépendances. Toutefois, les pratiques de gestion sur les dépendances d'ILT forment un très vaste ensemble de possibilités, d'autant plus si l'on considère les différents types d'ILT. De nombreuses pratiques concernent notamment le traitement de la végétation, mais avec un éventail très large allant de la non-gestion jusqu'à la bétonisation en passant par la fauche ou la plantation. Concernant les voies navigables, les variations du niveau de l'eau sont un paramètre souvent considéré dans les études, mais qui peut découler de pratiques très diverses (gestion du débit, chenalisation, arasement de barrage, etc.). En outre, toutes ces mesures peuvent s'inscrire explicitement dans des actions pro-biodiversité (par exemple des nichoirs) ou au contraire découler de contraintes qui pèsent sur les gestionnaires (par exemple la sécurité). Les études récoltées considèrent donc des pratiques très variées ou s'intéressent à des modalités très précises de celles-ci (exemple pour la fauche : date, fréquence, export ou non des tontes, etc.), conduisant à un effet « catalogue » qui ne permet pas *in fine* de généraliser. L'évaluation des effets d'une même pratique de gestion sur plusieurs compartiments de la biodiversité semble cruciale pour raisonner à un niveau plus global.

Toutefois, pour les insectes, il semble que ceux-ci soient globalement peu influencés par les différents modes de gestion, tandis que pour les vertébrés, réduire la végétation sur la dépendance tendrait à diminuer l'abondance des micromammifères sur les bords de routes et sous les lignes électriques. L'artificialisation des dépendances des routes et des voies navigables serait quant à elle défavorable à la grande majorité des vertébrés étudiés.

Pour la flore, un résultat fort concerne les voies navigables. Les variations des débits des cours d'eau ainsi que la fréquence, la durée ou l'intensité des événements d'inondation ont des impacts souvent importants sur les communautés végétales rivulaires. Des pratiques de gestion telles que la suppression de barrages ou la modification des berges ont donc des effets clairs sur la flore riparienne, sur la diversité spécifique ou sur l'abondance de certaines espèces, voire sur la composition globale du cortège d'espèces. La revégétalisation des dépendances et le contrôle des espèces invasives sont également bénéfiques dans la majeure partie des cas. D'autres interventions, comme le pâturage ou la fauche, ont des effets parfois significatifs, mais plus difficiles à généraliser dans la mesure où ils varient en fonction du contexte et de la manière dont ils sont appliqués (par exemple taille du troupeau, fréquence et dates de début et de fin de fauche, etc.). À noter que, pour la flore, certains effets des modes de gestion n'apparaissent qu'après plusieurs années d'application, ce qui rend leur mise en évidence plus difficile. L'interaction de différents facteurs peut également rendre l'interprétation compliquée dans certains cas (par exemple si l'on étudie l'impact de la fauche de prairies en bord de rivière dans des zones protégées ou non des inondations).

Les dépendances reflètent essentiellement le paysage alentour : influence du contexte

Pour les trois groupes taxonomiques, les dépendances d'ILT semblent sensibles au contexte paysager dans lequel elles s'inscrivent. De manière générale, les habitats le long des ILT hébergent une biodiversité plus importante lorsqu'ils sont entourés de milieux naturels à semi-naturels plutôt que de milieux fortement anthropisés (ex. : zones urbaines à périurbaines, zones d'exploitation agricole). Dès lors, il paraît inapproprié de considérer les dépendances comme des zones de refuge pour la biodiversité, précieuses par leurs qualités intrinsèques à partir du moment où elles seraient gérées de manière adaptée. En réalité, leur valeur pour la biodiversité aura tendance à refléter en partie celle des milieux alentour et des plans de gestion mis en œuvre à l'échelle des territoires. Ce constat peut s'expliquer par le fait que la biodiversité située sur les dépendances proviendrait essentiellement des habitats sources situés autour de l'ILT. Plus le paysage environnant comporte de « réservoirs » et est lui-même perméable, plus cela potentialise l'intérêt des dépendances. Ce résultat apporte aussi indirectement des informations sur la sous-question Q4. En effet, si les espèces des dépendances ne proviennent pas réellement du réseau de dépendances lui-même, alors cela tendrait à révéler un rôle limité des dépendances comme corridors, en tout cas pour les espèces exigeantes, rares ou spécialistes.

► Enseignements pour les aménageurs, les décideurs et les chercheurs

Les dépendances peuvent effectivement être des habitats : vertu ou piège ?

Les études analysées pour les trois groupes taxonomiques convergent pour montrer que les dépendances d'ILT fournissent des habitats exploitables par un nombre important d'espèces, qu'il s'agisse d'insectes, de vertébrés ou de la flore. En effet, ces zones parfois fortement perturbées ne constituent généralement pas des déserts biologiques et sont susceptibles d'héberger des quantités égales ou même supérieures d'individus comparées à la matrice environnante.

C'est ainsi que, d'après la méta-analyse, les bords de routes hors autoroutes accueillent visiblement davantage d'insectes pollinisateurs que les milieux analogues situés hors emprises. Ce résultat mériterait d'être approfondi compte tenu du rôle primordial de ces insectes dans le fonctionnement des écosystèmes. Intuitivement, ce constat pourrait s'expliquer par des pratiques de gestion de plus en plus vertueuses mises en œuvre au fil des années sur les dépendances, limitant les intrants et opérant des fauches moins fréquentes et plus tardives. Celles-ci peuvent donc devenir plus favorables que des milieux analogues situés autour, dans des contextes d'agriculture intensive, par exemple.

Il ressort de cela également que, dans beaucoup de cas, il n'y a tout simplement pas de différence significative entre les dépendances et les milieux analogues hors emprises. La méta-analyse souligne par exemple la faible différence de richesse

spécifique pour toutes les espèces d'insectes confondues, de même que pour la richesse spécifique et l'abondance de la flore.

Toutefois, la présence de ces infrastructures n'est pas pour autant neutre. Leur apparition dans un paysage tend généralement à privilégier certaines espèces et à défavoriser, voire à exclure, d'autres taxons. Ainsi des espèces plutôt généralistes, compétitives et avec des stratégies d'histoire de vie à cycles relativement courts se montreront en règle générale plus aptes à coloniser les nouveaux milieux produits par la construction d'ILT. Dans le cas de la flore par exemple, l'exposition aux ILT semble affecter la distribution des espèces natives et exotiques, bien que seules quelques combinaisons de types d'ILT et de statuts de la flore aient pu être testées à partir des données recueillies. De plus, la gestion particulière de ces habitats — du fait de leur fonction, pour des raisons de sécurité ou d'accessibilité — les maintient généralement dans des stades précoces de succession écologique. Ceci peut permettre à ce type d'espèces pionnières ou ubiquistes de se maintenir dans la durée, mais limite la possibilité d'installation d'autres cortèges, plus exigeants ou associés à des milieux matures.

Dans le cas de la flore, ce genre de dynamique peut aboutir, notamment en bord de route, à une augmentation de la part des espèces exotiques dans les cortèges d'espèces. Ce phénomène ne se traduit cependant pas nécessairement par une disparition de la flore native, même si dans le cas de colonisation par des espèces exotiques envahissantes des effets délétères importants peuvent être observés à moyen terme. Toutefois, l'ajout d'espèces exotiques dans les assemblages des dépendances peut aussi conduire essentiellement à une augmentation de la diversité, sans apparition de réel déséquilibre. Dès lors, l'effet dominant de ce nouvel état de la biodiversité végétale peut être une augmentation des ressources exploitables par d'autres groupes biologiques. Ainsi, l'accroissement de l'abondance des insectes herbivores et pollinisateurs en bord de route pourrait refléter ce type d'effet en cascade. Néanmoins, les études intégratives s'y intéressant manquent fortement pour permettre une bonne appréhension de tels processus.

Concernant la faune, l'attractivité des dépendances comme habitat peut générer des effets « pervers », en favorisant la mortalité directe par collisions, noyades ou électrocutions (Guinard, 2013). La dépendance d'ILT pourrait alors devenir un puits écologique. Savoir si la qualité de l'habitat de la dépendance est corrélée ou non à une plus forte mortalité sur l'ILT est une question importante qui n'a pas été étudiée par COHNECS-IT. Ces dépendances sont en effet exposées à diverses pollutions qui n'empêchent pas l'implantation des espèces, mais qui peuvent dégrader leur *fitness* (succès reproducteur, viabilité, etc.) et donc la fonctionnalité écologique. L'habitat peut donc être favorable sur le plan de la ressource alimentaire ou des possibilités de nidification, mais peut constituer un piège écologique du fait de fortes nuisances. Par exemple, de nombreuses études montrent que l'exposition à l'éclairage artificiel perturbe les mésanges : leur immunité, leur chronobiologie ou encore leur comportement reproducteur (Dominoni *et al.*, 2022 ; van Dis *et al.*, 2021 ; Ziegler *et al.*, 2021). Plus encore, la fréquentation des dépendances peut être dans certains cas le synonyme d'un déséquilibre du milieu. À titre d'exemple, l'éclairage artificiel favorise l'activité de certaines chauves-souris à proximité des voies, mais cela traduit en réalité une vidange des communautés d'invertébrés des milieux naturels adjacents attirés par la lumière (Davies *et al.*, 2017).

Enfin, il faut noter que les milieux témoins auxquels sont comparées les dépendances dans la majorité des articles collectés ne constituent pas des milieux de référence. Ces

témoins sont eux-mêmes des milieux dégradés, situés dans la matrice environnante (coupes forestières, prairies agricoles). Les résultats montrant que les dépendances apparaissent plus intéressantes que ces « témoins » ne signifient donc pas pour autant qu'elles correspondent à des niveaux de biodiversité optimum. Ce constat est particulièrement vrai pour la flore puisqu'il existe de moins en moins de milieux présentant des cortèges phytosociologiques de référence dans nos contextes biogéographiques.

Une connaissance encore très limitée

Alors que nos premiers constats laissaient présager une littérature très abondante sur le sujet des dépendances et de la biodiversité, les volumes finaux des trois revues restent modestes, de l'ordre de la centaine d'études pour les insectes et les vertébrés et un peu plus de trois cents études pour la flore. Finalement, force est donc de constater que le nombre d'études disponibles pour répondre aux questions de COHNECS-IT est restreint, voire très restreint, malgré l'étendue de notre périmètre d'étude (toute la zone tempérée mondiale, cinq types d'ILT, six sous-questions, trois compartiments biologiques). Cette littérature exploitable diminue encore davantage lorsque l'on prend en compte la robustesse des études au cours de l'analyse critique (voir plus loin), mais même sans cette étape les corpus ont des volumes limités (figure 4.1).

En outre, les trois revues systématiques montrent un déséquilibre franc dans l'état des connaissances entre les groupes biologiques, les sous-questions et les types d'ILT (figure 4.2).

Concernant les sous-questions, la Q2 (rôle d'habitat des dépendances) est globalement la plus étudiée sur toutes les ILT pour les insectes et pour les vertébrés, avec respectivement 55 et 82 études. Toutefois, pour les insectes et les voies fluviales, c'est la sous-question Q1 (influence de la gestion sur le rôle d'habitat) qui est la plus étudiée. Pour la flore, c'est également la Q1 qui bénéficie du plus grand nombre d'études avec 159 études, qui concernent en majorité les voies fluviales.

Comme évoqué précédemment, les sous-questions portant sur l'effet corridor (Q3 et Q4) sont largement sous-étudiées. De plus, les études abordent en réalité souvent le rôle de corridor de manière indirecte, en considérant une structuration génétique ou une « continuité de présence » des espèces et non pas des déplacements au sens strict. La question Q4 (rôle de corridor des dépendances) regroupe seulement 3 études pour les insectes, 9 pour les vertébrés et 4 pour la flore. La Q3 (influence de la gestion sur le rôle de corridor) n'a rassemblé qu'une seule étude pour la flore (Werth *et al.*, 2014). Celle-ci a montré que chez une espèce d'arbuste, le tamarin d'Allemagne (*Myricaria germanica* [L.] Desv., 1824), les populations étant séparées par un barrage présentent une différenciation génétique plus importante que les populations situées le long de rivières non régulées. La présence d'un segment canalisé en revanche n'était pas associée à un degré de différenciation génétique plus grand.

La question du contexte Q5 (influence du paysage sur le rôle d'habitat) a rassemblé 15 études sur les insectes, 16 sur les vertébrés et 56 études sur la flore. La sous-question Q6 (influence du paysage sur le rôle de corridor) n'a recueilli que 2 études sur la flore. L'une d'elles a montré que la distance de dispersion maximale (mais pas la distance de dispersion moyenne) de l'herbe invasive *Imperata cylindrica* (L.)

Raeusch., 1797 était supérieure en moyenne sur des bords de route entourés de forêts de pins avec herbes hautes, à celle mesurée dans des contextes de forêts de pins avec arbustes (Yager *et al.*, 2011). L'autre étude réalisée dans la zone métropolitaine de Strasbourg a trouvé des résultats contrastés sur l'effet de l'urbanisation sur le nombre de graines collectées. En effet, pour un premier tronçon de rivière, un nombre nettement plus important de graines a été observé en contexte périurbain (moins de 20 % de surfaces imperméabilisées), alors que, le long d'un autre cours d'eau, c'est dans le contexte urbain (plus de 50 % de surfaces imperméabilisées) qu'il était le plus élevé (Schwoertz, 2016).

Concernant les types d'ILT, globalement, le corpus rassemblé montre que la littérature concerne avant tout les routes, tout groupe biologique confondu et toutes questions confondues (51 % des études). Les voies navigables arrivent en deuxième position (35 % des études). Les voies ferrées, les lignes électriques et les gazoducs restent peu considérés à ce jour (14 % des études à eux trois). Les routes focalisent ainsi l'essentiel de la recherche sur la biodiversité des dépendances, ce qui peut se comprendre par leur réseau extrêmement vaste à l'échelle mondiale. Néanmoins, cette situation constitue une carence dans la connaissance, car les résultats obtenus sur les routes sont difficilement transposables à des ILT comme les lignes électriques ou les gazoducs dont le profil est très différent (dépendance située dessus ou dessous l'ILT, et non pas à côté). À noter par exemple qu'aucune étude n'a été collectée sur les vertébrés pour les gazoducs, de même que sur les lignes électriques pour les chauves-souris, les amphibiens et les reptiles.

Enfin, concernant les groupes biologiques, on constate que la flore rassemble environ trois fois plus d'études que les insectes ou les vertébrés. La flore constitue un compartiment très structurant dans un écosystème, car elle forme la base des habitats d'espèces pour la faune et elle est également à la base des chaînes alimentaires (herbivores). Il est donc logique et plutôt positif que les communautés végétales bénéficient d'une attention particulière. En revanche, le peu d'études disponibles sur les insectes reste un manque alors qu'ils sont eux aussi dans les premiers rangs des chaînes trophiques et qu'ils sont, par ailleurs, impliqués dans des fonctions vitales des écosystèmes (par exemple la pollinisation). Le nombre d'études sur les vertébrés est lui aussi limité compte tenu de la diversité des taxons et de leurs traits de vie (mode de déplacement, surface vitale, etc.). Par exemple, les amphibiens, et plus encore les reptiles, sont très peu étudiés (respectivement 7 et 5 études).

En ce qui concerne les mesures de biodiversité effectuées dans les études, notons que les méta-analyses se sont concentrées sur l'abondance et la richesse qui ne permettent pas de déterminer précisément quelles fonctions la dépendance permet de remplir comme habitat (nourrissage, reproduction, etc.).

Qualité des études et importance de l'analyse critique

L'étude du rôle d'habitat et de corridor des dépendances des infrastructures de transport constitue un cas assez typique de la recherche en écologie, qui illustre très bien les difficultés inhérentes au domaine pour développer des protocoles robustes, permettant de tester des relations de causalité entre variables écologiques.

Les questions posées par COHNECS-IT sont de fait des questions qui ne peuvent s'étudier que sur le terrain, car la réplication d'une ILT grandeur nature en laboratoire est impossible. Par définition, ces questions sont donc vouées à être traitées sous la forme de protocole *in situ* où, bien souvent, les chercheurs ne maîtrisent pas eux-mêmes l'intervention qu'ils étudient. Néanmoins, bien que ne correspondant pas à des expériences manipulatoires *stricto sensu*, un protocole réfléchi peut permettre d'envisager la mise en évidence d'une causalité et non pas d'une simple corrélation, à condition que ce protocole réponde à certains critères de qualité. Quelques grands principes méthodologiques concernant le choix des sites étudiés, la réplication de l'expérience ou encore la présence de sites témoins permettent d'évaluer de manière assez générique le risque de biais de ces études (Sordello *et al.*, 2019).

L'application de tels critères lors des phases d'analyse critique de COHNECS-IT a révélé un grand nombre d'études traitant bien d'une des sous-questions définies, mais présentant un fort niveau de biais : 21 pour les insectes, 92 pour les vertébrés et 85 pour la flore, représentant entre 17 % et 42 % des corpus pour chacun de ces trois groupes (figure 4.6). Au regard de la méthode prévue par la CEE au moment du lancement de COHNECS-IT, ces études à fort biais ont dû être évacuées de la revue systématique. Elles constituent donc une perte pour les synthèses narratives et quantitatives alors même qu'elles répondaient aux questions posées par le projet.

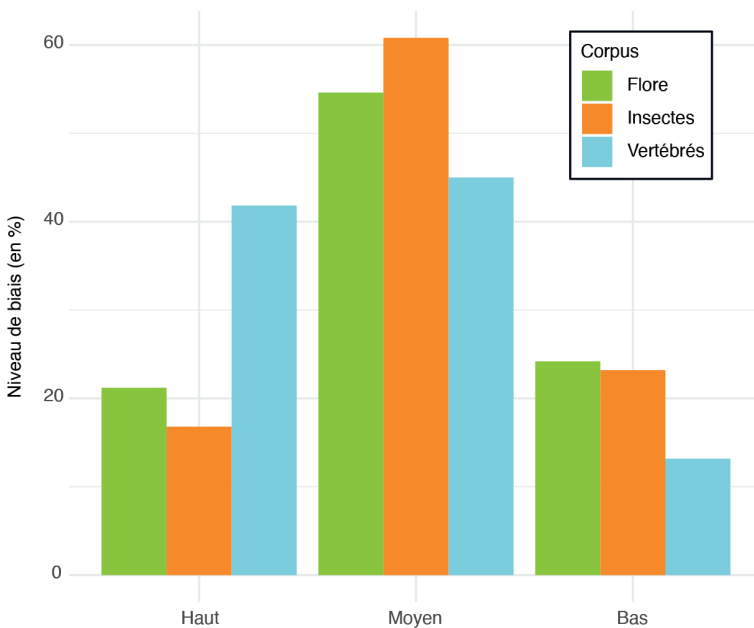


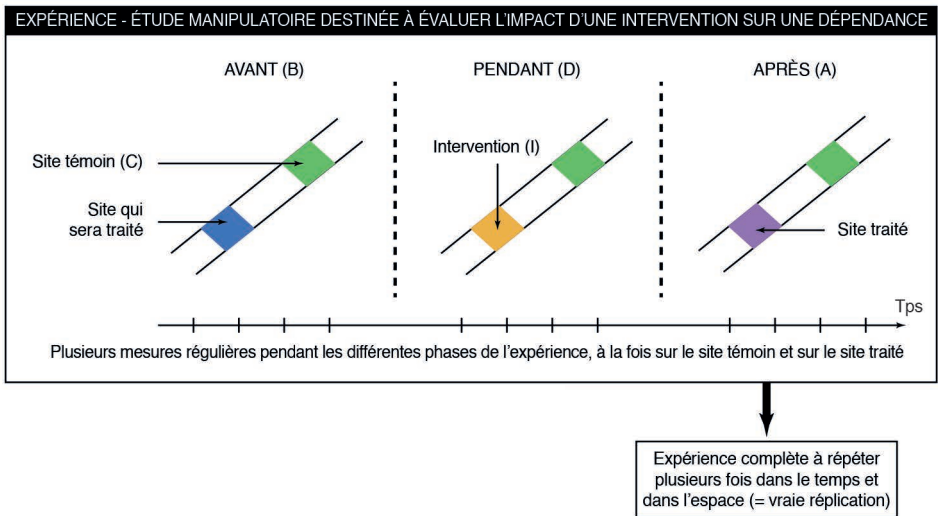
Figure 4.6. Proportion d'études à biais faible, moyen, fort pour les trois revues systématiques
Source : auteurs

Ces biais peuvent être dus à une mauvaise qualité des témoins, à un manque de réplication ou encore à des méthodes peu détaillées dans les articles rendant difficile la compréhension du protocole expérimental. La notion de témoin reste partielle dans les études, car, dans la plupart des cas, les sites contrôles situés hors emprises

ne sont pas des sites de référence, mais des habitats eux-mêmes dégradés par certaines activités humaines (agriculture, urbanisation). Il faut aussi noter que de manière assez fréquente, la revue systématique a exploité des études dans lesquelles les auteurs posaient d'autres questions que celle de la revue. Il n'était donc pas évident que le protocole réponde aux critères de qualité attendus. Par ailleurs, les études fournissent rarement les données brutes, ce qui empêche — pour répondre à notre question — de réexploiter l'expérience menée par les auteurs.

Ce constat souligne la nécessité d'encourager les équipes de recherche à accroître la robustesse de leur protocole, ce qui implique des moyens affectés importants, afin de monter en qualité dans le niveau d'exploitabilité des résultats des études pour des travaux de type revue systématique. Quelques principes sont ici rappelés (figure 4.7) :

- privilégier des protocoles de type *Before-After-Control-Intervention* (BACI), notamment pour l'étude de pratiques de gestion ;
- sélection des sites témoins se rapprochant au maximum de niveaux optimums de biodiversité (sites de référence) ;
- disposer d'un nombre élevé de sites (répétition) ;
- répliquer l'expérience plusieurs fois (avec des répliquats indépendants sur les plans temporel et spatial) ;
- retranscrire avec soin et détails les méthodes dans les publications ;
- reporter dans les publications les moyennes, les mesures de variance et le nombre d'échantillons des différents groupes pour permettre l'intégration à des méta-analyses.



Type de protocole	Sigle	Robustesse
Before-During-After-Control-Intervention	BDACI	+++
Before-After-Control-Intervention	BACI	+++
Before-After-Intervention	BAI	++
Control-Intervention	CI	+

Figure 4.7. Proposition d'un protocole expérimental pour l'étude d'une pratique de gestion
 Source : d'après Sordello *et al.*, 2019

► Bibliographie

- Benítez-López A., Alkemade R., Verweij P.A., 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis, *Biological Conservation*, 143(6), 1307-1316.
- Bolger D.T., Scott T.A., Rotenberry J.T., 2001. Use of corridor-like landscape structures by bird and small mammal species, *Biological Conservation*, 102(2), 213-224.
- Davies T.W., Bennie J., Cruse D., Blumgart D., Inger R., Gaston K.J., 2017. Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages, *Global Change Biology*, 23(7), 2641-2648.
- Dominoni D.M., de Jong M., van Oers K., O'Shaughnessy P., Blackburn G.J., Atema E., Mateman A.C., D'Amelio P.B., Trost L., Bellingham M., Clark J., Visser M.E., Helm B., 2022. Integrated molecular and behavioural data reveal deep circadian disruption in response to artificial light at night in male great tits (*Parus major*), *Scientific Reports*, 12(1), 1553.
- Francois D., Medous L., Étrillard C., 2022. Refuge écologique dans les emprises d'infrastructures linéaires de transport : estimation du potentiel de France métropolitaine, *RTS – Recherche Transports Sécurité*, 16 p.
- Guinard E.E., 2013. *Infrastructures de transport autoroutières et avifaune : les facteurs influençant la mortalité par collision*, thèse de doctorat, spécialité Biodiversité et Écologie, École pratique des hautes études, EPHE Paris.
- Helldin J.-O., Wissman J., Lennartsson T., 2015. Abundance of red-listed species in infrastructure habitats – « responsibility species » as a priority-setting tool for transportation agencies' conservation action, *Nature Conservation*, 11, 143-158.
- Hennigar B., Ethier J.P., Wilson D.R., 2018. Experimental traffic noise attracts birds during the breeding season, *Behavioral Ecology*, 30(6), 1591-1601.
- Jeusset A., Vargac M., Bertheau Y., Coulon A., Touroult J., Vanpeene S., Castagneyrol B., Jactel H., Witte I., Deniaud N., Flamerie De Lachapelle F., Jaslier E., Roy V., Guinard É., Le Mitouard É., Ruel V., 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(1), 5.
- Kobayashi S., Abe S., 2023. The effects of irrigation canals and roads as barriers to gene flow between Japanese brown frog (*Rana japonica*) breeding sites at a fine scale in a satoyama landscape, *Wetlands Ecology and Management*, 31, 191-202.
- Laforge A., Barbaro L., Bas Y., Calatayud F., Ladet S., Sirami C., Archaux F., 2022. Road density and forest fragmentation shape bat communities in temperate mosaic landscapes, *Landscape and Urban Planning*, 221.
- Meunier G., Lavoie C., 2012. Roads as corridors for invasive plant species: New evidence from smooth bedstraw (*Galium mollugo*), *Invasive Plant Science and Management*, 5(1), 92-100.
- Ouédraogo D.-Y., Villemeay A., Vanpeene S., Coulon A., Azambourg V., Hulard M., Guinard É., Bertheau Y., Flamerie De Lachapelle F., Ruel V., Le Mitouard É., Jeusset A., Vargac M., Witté I., Jactel H., Touroult J., Reyjol Y., Sordello R., 2020. Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for vertebrates in temperate ecosystems? A systematic review, *Environmental Evidence*, 9(1), 13.
- Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644.
- Raymond S., Schwartz A.L.W., Thomas R. J., Chadwick E., Perkins S.E., 2021. Temporal patterns of wildlife roadkill in the UK, *PLOS ONE*, 16(10), e0258083.
- Schwoertz E., 2016. *Contribution of Riparian Areas to Urban Vegetation Dynamics*, thèse de doctorat, spécialité Écologie et Éthologie, université de Strasbourg.
- Sordello R., Bertheau Y., Coulon A., Jeusset A., Ouédraogo D.-Y., Vanpeene S., Vargac M., Villemeay A., Witté I., Reyjol Y., Touroult J., 2019. *Les protocoles expérimentaux en écologie. Principaux points clefs*, UMS PatriNat, 33 p.
- van Dis N.E., Spoelstra K., Visser M.E., Dominoni D.M., 2021. Color of artificial light at night affects incubation behavior in the great tit, *Parus major*, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9.
- Villemeay A., Jeusset A., Vargac M., Bertheau Y., Coulon A., Touroult J., Vanpeene S., Castagneyrol B., Jactel H., Witte I., Deniaud N., Flamerie De Lachapelle F., Jaslier E., Roy V., Guinard É., Le

Mitouard É., Ruel V., Sordello R., 2018. Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for insects in temperate landscapes? A systematic review, *Environmental Evidence*, 7(1), 5.

Werth S., Schödl M., Scheidegger C., 2014. Dams and canyons disrupt gene flow among populations of a threatened riparian plant, *Freshwater Biology*, 59(12), 2502-2515.

Yager L.Y., Miller D.L., Jones J., 2011. Woody shrubs as a barrier to invasion by cogongrass (*Imperata cylindrica*), *Invasive Plant Science and Management*, 4(2), 207-211.

Ziegler A.-K., Watson H., Hegemann A., Meitern R., Canoine V., Nilsson J.-Å., Isaksson C., 2021. Exposure to artificial light at night alters innate immune response in wild great tit nestlings, *Journal of Experimental Biology*, 224(10), jeb239350.

Imaginer les recompositions territoriales autour de la biodiversité du canal Seine-Nord Europe. L’heuristique de la crainte dans la détermination de futurs possibles

Rémy Petitimbert, Gabrielle Bouleau, Clémence Guimont

Les grandes infrastructures de transport ou d’énergie participent aux recompositions territoriales. Elles façonnent ainsi géographiquement les territoires, mais sont aussi promues grâce à des cadrages argumentatifs, récits de progrès qui renvoient les porteurs de craintes à des figures d’opposants. Les esquisses des projets illustrent les enjeux identifiés et les évolutions sociotechniques prévues pour y répondre. Mais elles produisent aussi un cadrage ontologique, c’est-à-dire une sélection de ce qui existe et est amené à exister. La biodiversité y est circonscrite aux éléments environnementaux choisis pour figurer dans le futur. Les formes représentées constituent des motifs environnementaux (Bouleau, 2019) qui façonnent les enjeux dont ils relèvent. Il est plus difficile pour les services instructeurs et des acteurs locaux de faire entendre des craintes, compte tenu de l’asymétrie des ressources.

Dans un contexte politique national et européen de promotion de la transition écologique, cette situation d’asymétrie est renforcée pour les infrastructures conçues pour réduire des émissions de gaz à effet de serre. Ce cadrage argumentatif et ontologique — au sens d’une définition des conditions d’existence de ces infrastructures — leur est favorable et rend moins saillants d’autres enjeux distributifs (Swyngedouw, 2019) ou écologiques. L’expression d’une parole inquiète vis-à-vis des enjeux écologiques qui ne seraient pas abordés dans ces projets est encore plus difficile. Les acteurs locaux ne veulent pas risquer d’être la cause d’un retard ou d’un abandon d’un projet qui promet de nombreux emplois, et les acteurs nationaux porteurs de

ces préoccupations sont jugés localement comme déterritorialisés. Ceci tend à invisibiliser ces inquiétudes qui ne sont exprimées que sous couvert d'anonymat.

Le projet INFLUBIO a examiné la prise en compte et la gouvernance de la biodiversité dans le projet d'infrastructure fluviale du canal Seine-Nord Europe. Les enquêtes que nous avons menées illustrent cette asymétrie de moyens entre la maîtrise d'ouvrage et les autres acteurs et la prégnance des objets environnementaux dessinés par la maîtrise d'ouvrage dans les imaginaires du projet (Petitimbert, Bouleau et Guimont, 2022). Pour autant, ces imaginaires n'épuisent pas totalement les représentations du futur et notamment les craintes au sujet de formes de biodiversité et de leurs modalités de gouvernance dans le futur.

Notre travail de recherche a consisté à donner à voir ces craintes afin de prendre du recul sur l'imaginaire dominant. Ce dernier est nourri à la fois des éléments portés à la connaissance par le maître d'ouvrage (Société du canal Seine-Nord Europe), mais aussi par les acteurs qui s'approprient et traduisent le projet en anticipations positives pour le territoire. L'équipe pluridisciplinaire du projet a fait émerger d'autres cadrages et motifs environnementaux à partir des matériaux d'enquête qu'elle a assemblés en récits. Ceux-ci restituent des discours exprimés sous couvert d'anonymat, sans faire porter l'épreuve de la justification publique sur les acteurs qui expriment leurs doutes. En équipant scientifiquement les craintes sur des futurs possibles, ils contribuent à mettre en débat le cadrage dominant (Palonen).

Ces scénarios s'inspirent du « principe de responsabilité » de Hans Jonas (1990) qui se donne pour éthique d'éviter des risques irréversibles pour la nature et l'humanité. Pour rendre cette prudence opérationnelle et se sentir responsable, il faut avoir à l'esprit ce qui est vulnérable. Cela passe par une « heuristique de la crainte », c'est-à-dire un travail d'explicitation par anticipation des possibles atteintes à la nature induites par nos actes. À la suite d'Oliveira (2014), nous considérons que « la crainte n'est pas, chez Jonas, un principe de faiblesse qui empêche l'action ou qui veut tout simplement freiner les progrès techniques. » (p. 2.) Il s'agit plutôt de donner forme à des craintes pour qu'elles soient audibles malgré le cadrage dominant et que des réponses puissent leur être apportées.

Leur construction repose d'abord sur le protocole méthodologique de l'enquête sociologique portant sur les impacts possibles engendrés par la construction et le fonctionnement du canal sur la biodiversité et identifiés par les acteurs impliqués sur ces questions (élus, associations locales, chambres consulaires). Ces craintes ont ensuite été soumises à l'épreuve de la critique sociologique et écologique par l'équipe scientifique pluridisciplinaire du projet et celles jugées crédibles ont été reprises pour les scénarios.

Dans un premier temps, nous revenons sur la mise en récit du canal Seine-Nord Europe dans le territoire. Une deuxième partie aborde les scénarios révélant les motifs invisibilisés sur le territoire. La troisième et dernière partie discute l'heuristique de la crainte et l'apport de scénarios pour les recherches interrogeant la dimension politique d'une infrastructure.

► Le cadrage territorial dominant du canal Seine-Nord Europe

Le canal Seine-Nord Europe (figure 5.1) est un projet d'aménagement situé dans les Hauts-de-France dont le cadrage politique a varié du premier débat public consacré à sa réalisation en 1993 à la validation de sa réalisation par l'État français en 2019. Des interactions, ajustements et réappropriations l'ont stabilisé. Nous en retraçons ici les évolutions à partir des prises de paroles officielles des acteurs et de leurs relais dans la presse. Jugé peu prioritaire par les gouvernements successifs jusqu'en 2019, le canal a été principalement porté par des acteurs régionaux et la Commission européenne, dont l'appui financier s'avéra déterminant pour convaincre les autorités nationales françaises. L'évolution du cadrage reflète différentes stratégies discursives pour emporter l'adhésion et les réappropriations au niveau local, national et européen.

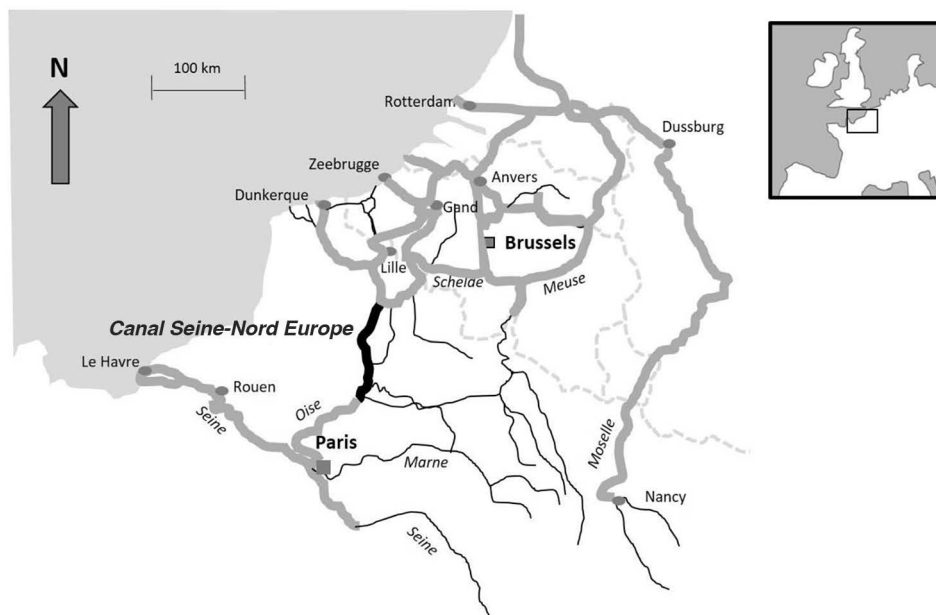


Figure 5.1. Localisation du canal Seine-Nord Europe, les voies navigables sont en trait gras
Source : auteurs

Au début des années 2000, le report modal de la route vers le fret fluvial est le premier argument écologique justifiant la construction du canal²⁴.

En 2013, le cadrage évolue. Le député du Nord, Rémi Pavvros, chargé d'un rapport parlementaire sur le projet, redoute une mobilisation sur le site d'opposants semblable

24. Il est estimé à l'époque par les Voies navigables de France (VNF) qu'il apporte une économie de 4,5 milliards de tonnes-kilomètres par an, soit 250 000 tonnes équivalent CO₂ en raison du report du transport autoroutier vers la voie d'eau (Bonnafous, 2009).

à celle organisée contre le projet d'aéroport de Notre-Dame-des-Landes²⁵. Il met alors l'accent sur les bénéfices locaux de l'opération, sa territorialisation, et propose d'insister sur le renouveau économique et social du territoire inscrit dans l'une des régions les plus pauvres de France. Une procédure dite « Grand Chantier » est négociée avec les acteurs politiques locaux pour répondre à plusieurs de leurs préoccupations sociales. Elle prévoit que la construction du canal favorisera l'emploi local, l'insertion professionnelle des jeunes et un accompagnement des entreprises du territoire pour qu'elles puissent répondre aux appels d'offres. Ce nouveau cadrage passe l'argumentaire écologique en arrière-plan.

Avec l'avancement des études, l'argumentaire politique sur la nécessité du canal s'efface au profit d'un discours plus technique concernant la construction et la gestion de l'infrastructure fluviale. Des doutes subsistent quant à la possibilité de créer et de maintenir une biodiversité aquatique dans un canal à bief de partage. En outre, le canal est susceptible de perturber des zones humides de grande importance écologique. La maîtrise d'ouvrage se dote alors d'un observatoire de l'environnement composé d'experts locaux qui participent à l'écologisation technique du projet, dans un objectif de « canal vivant ». Plusieurs solutions sont trouvées pour éviter les travaux en zones protégées, pour aménager les berges et limiter les pertes en eau *via* l'imperméabilisation du canal et pour accroître la biodiversité de zones humides locales en tant que mesures compensatoires²⁶.

La technicité des options envisagées confine les discussions dans des arènes expertes (Gilbert et Henry, 2012) et occulte d'autres argumentaires contestant le bien-fondé politique, économique et écologique du canal que le projet INFLUBIO a collecté et mis en récits.

► La construction de scénarios alternatifs au discours territorial dominant sur le canal Seine-Nord Europe

Les motifs environnementaux sont des éléments spatialisés et historicisés que les acteurs mobilisent pour faire valoir des enjeux. L'enquête a permis de collecter ceux qui circulent dans les sphères publiques ou à bas bruit dans les entretiens. Les motifs absents de ce premier cadrage ont permis l'élaboration de récits alternatifs qui rétablissent des voix délégitimées et participent à une « éthique du futur » (Jonas, 1990) en traçant d'autres possibles à l'horizon 2040.

Nous avons révélé dix motifs environnementaux non stabilisés, dont les contours spatio-temporels et les significations politiques étaient encore débattus, mais dont les conditions de possibilité étaient jugées crédibles par l'équipe interdisciplinaire²⁷. Pour réduire la combinatoire des motifs, nous avons choisi de les organiser selon trois

25. Entretien avec un collaborateur, mars 2017.

26. Conformément à la séquence ERC réglementaire.

27. Ces dix motifs, représentés par des icônes dans les figures 5.2, 5.3 et 5.4, sont : le projet de canal lui-même, les incidents pouvant y survenir, son caractère vivant ou non, les coulées de boue, les sites de compensation écologique, les ruptures de continuité écologique, le trafic routier, les flux d'eau et le paysage du chantier.

visions politiques identifiées dans la littérature scientifique (Sergent, 2018) : la croissance verte, la modernisation écologique et la gestion en biens communs (figures 5.2, 5.3 et 5.4). Nous avons soumis les premières versions des scénarios à des expertises locales et nationales d'agents administratifs du ministère de la Transition écologique.

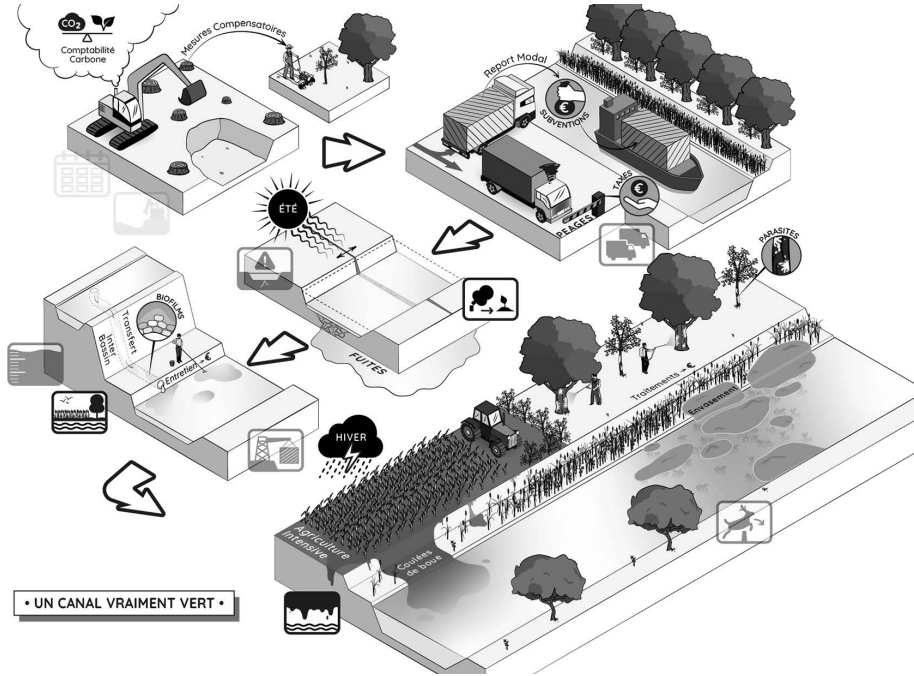


Figure 5.2. Les trois scénarios construits dans le projet : un canal vraiment vert

Dans « un canal vraiment vert », le chantier se passe bien avec une comptabilité carbone et des mesures compensatoires. Des politiques incitatives garantissent un report modal. Mais l'été, des parasites attaquent les alignements d'arbres, l'eau se réchauffe dans le canal, les joints se dilatent et les berges lagunées s'ensavent. Beaucoup de main-d'œuvre est nécessaire pour entretenir le canal et mener à bien des transferts interbassins. L'hiver, des pluies intenses conduisent à des coulées de boues qui entraînent aussi des surcoûts.

Source : Loïc Lobet – Licence CC 4.0

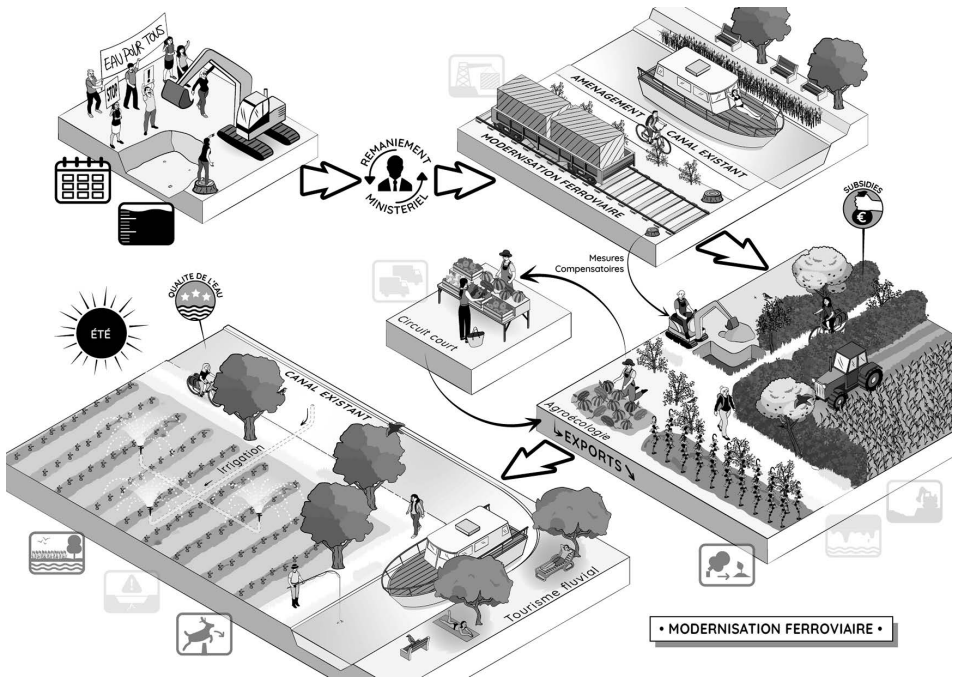


Figure 5.3. Les trois scénarios construits dans le projet : modernisation ferroviaire

Dans « le programme de modernisation ferroviaire », un collectif « Somme-Sensée » se mobilise suite à des pénuries d'eau. Après un remaniement ministériel, le projet de canal est abandonné et remplacé par un programme de modernisation ferroviaire avec l'aménagement paysager du canal existant (canal du Nord), des opérations de restauration autour de la Sensée et de la Somme, un réseau de chemins et de haies. Un contexte avec moins de débouchés à l'export favorise la relocalisation et l'agroécologie avec moins de coulées de boues et une meilleure qualité de l'eau du canal existant qui est utilisé pour l'irrigation.

Source : Loïc Lobet – Licence CC 4.0

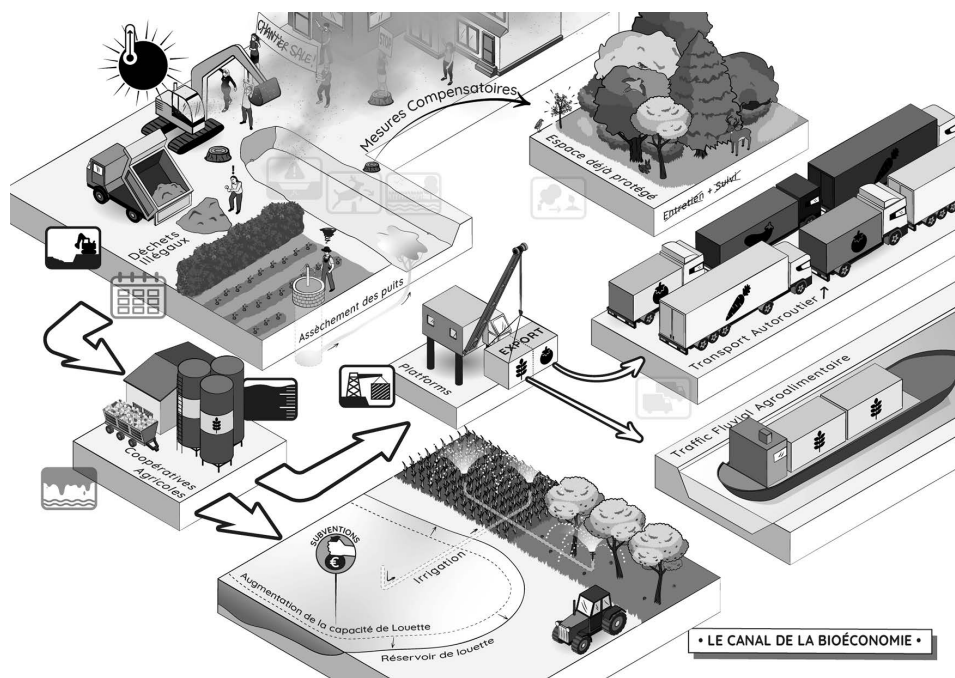


Figure 5.4. Les trois scénarios construits dans le projet : le canal de la bioéconomie

Dans le « canal de la bioéconomie », des problèmes surviennent lors du chantier. Des villages enclavés par les travaux qui ne bénéficient pas de ports intermodaux se mobilisent en dénonçant la présence de déchets illégaux dans les déblais, les poussières et l'assèchement des puits agricoles. Un compromis est élaboré par les coopératives agricoles qui obtiennent le financement d'un réseau d'irrigation, l'augmentation des capacités de retenue de Louette et deux plateformes complémentaires. Elles deviennent les gestionnaires légitimes de l'irrigation, de l'érosion, des déblais et des pollutions agricoles. Le trafic fluvial devient principalement agroalimentaire pour l'export. Le trafic routier augmente aussi. Les mesures compensatoires au creusement du canal se font sur des espaces déjà protégés, sans gain de biodiversité. Elles sont peu suivies ni par les associations naturalistes ni par les services de l'État.

Source : Loïc Lobet – Licence CC 4.0

Ces derniers, appartenant aux services de pilotage ou d'instruction, ont complété et amendé ces récits afin de renforcer leur plausibilité.

Ces scénarios ont ensuite été transmis à la maîtrise d'ouvrage et aux porteurs institutionnels du projet (Société du canal Seine-Nord Europe et conseil régional) afin qu'ils en prennent connaissance et puissent s'exprimer lors d'un temps d'échange organisé à cette fin.

Malgré notre démarcation vis-à-vis de toute entreprise militante, les promoteurs du canal ont perçu ces alternatives au récit dominant comme une politisation. Ils ont cherché à en limiter la portée critique en les assimilant à des scénarios de science-fiction et en nous demandant de les juger explicitement comme non désirables. Nous avons proposé de qualifier ces scénarios d'alerte pouvant donner lieu à un droit de réponse de la part du maître d'ouvrage sous forme d'un scénario désirable intégré au rapport de recherche. Ce compromis permettait que les scénarios d'alerte soient diffusés en même temps que les arguments visant à rassurer les acteurs du territoire.

Toute entreprise de symétrisation des cadrages fragilise le récit dominant, ce qui peut être perçu comme un effort de déstabilisation du système sociotechnique qui s'est réagencé autour du projet. Tout en réaffirmant notre attachement à la neutralité axiologique du chercheur en sciences sociales, nous voudrions défendre la contribution de ce travail d'anticipation à un enrichissement de la rationalité collective permettant d'améliorer les projets.

► Penser la pluralité des futurs : les apports critiques de la crainte face à l'utopie techniciste

Dans un article consacré à l'heuristique de la crainte jonassienne (2014), le philosophe Jelson Oliveira explique que cette notion dispose à la fois d'une portée pratique et d'une portée théorique. Dans un premier temps, la méfiance permet de collecter tous les doutes concernant les risques pour les générations futures, sans distinction. La crainte met en mouvement. L'imagination est ici un outil de projection des futurs, quel que soit leur degré de réalisation. Dans un second temps, Jonas préconise de mobiliser les sciences afin d'éprouver les possibles de la manière la plus informée qui soit. Dans un contexte d'invisibilisation de la critique, cette heuristique permet de rendre discutables des énoncés stabilisés.

Les scénarios dans le cadre du projet reconstituent ainsi des alertes à partir de toutes les expressions de doutes soumises dans un deuxième temps à l'épreuve critique scientifique. Ils ont été établis à partir de la collecte de la parole de trente et un entretiens²⁸, de l'analyse de littérature grise²⁹, d'incidents ayant existé dans des situations similaires ailleurs (changement d'échelle) et d'échanges pluridisciplinaires

28. Menés auprès de vingt-neuf personnes impliquées en tant qu'experts ou porte-parole dans la gouvernance de la biodiversité sur le terrain étudié et travaillant dans des services instructeurs de l'État (4), pour la Société du canal ou VNF (5), dans des chambres de commerce, d'industrie ou d'agriculture (2), des collectivités territoriales (9) et des associations (10).

29. Études et documents publics relatifs au projet (dossier d'autorisation, avis des autorités, rapport d'enquête publique) et à son environnement (carte d'enjeux, documents de planification environnementale) et dix articles de presse qui évoquaient des caractéristiques concrètes du projet de canal qui étaient en débat.

dans l'équipe et avec des experts du territoire et de ses enjeux. Ils ont été ensuite rassemblés sur une trame narrative imaginaire favorisant la projection dans le futur et la discussion des dangers de la crise écologique.

► Conclusion : les apports de la crainte pour le projet INFLUBIO

L'ajout du scénario « désirable » atténue la portée critique des autres scénarios d'alerte, mais il légitime aussi des attentes sur les moyens de prévenir les dangers évoqués. L'incertitude concernant le futur de la biodiversité est ainsi reconnue.

L'heuristique de la crainte ne clôt pas l'exploration du futur, mais elle fournit de nouveaux appuis aux acteurs soucieux de la biodiversité qui s'en saisissent, ou pas. C'est ainsi qu'un ressort narratif d'un des scénarios d'alerte du projet a servi d'argument stratégique pour intensifier le dialogue entre le préfet et les services techniques. La possibilité d'une opposition locale au chantier prenant la forme d'une « zone à défendre » (ZAD), situation particulièrement épineuse pour un préfet, a été reprise par un service administratif pour défendre la nécessité d'une position commune des services de l'État, distincte de la maîtrise d'ouvrage, sur les ressources en eau et les déblais de chantier relatifs au canal. D'autres motifs de crainte mis en intrigue par les scénarios d'alerte sont retombés dans l'oubli (risque de coulées de boues, incidents de fonctionnement du canal, etc.) ou ont été invalidés par le cours des événements (comme le risque que le projet de canal ne se réalise pas). En conclusion, nous voudrions insister sur les conditions qui rendent possibles la dimension critique de cette posture de recherche et, par conséquent, sa capacité d'élargissement de la vigilance collective à l'égard de la biodiversité. Un dispositif participatif de type « observatoire local de l'environnement » ne suffit pas pour recréer de la symétrie dans une situation d'invisibilisation de la critique. Le changement d'échelle et la collecte d'incidents ayant existé dans des infrastructures comparables ont été déterminants pour rendre des craintes locales audibles. Or, cette exploration à plus grande échelle dépend de l'autonomie dont dispose l'équipe de recherche. Dans un programme comme Ittecop, le financement de l'enquête est indépendant du projet, mais la recherche reste néanmoins *embarquée*, parce qu'elle doit se justifier auprès d'acteurs du transport. Certaines enquêtes embarquées se font, *a posteriori*, lorsque les controverses se sont transformées en conflits et que les sociologues sont invités à démêler les fils de « *l'embaras* » exprimé (Barbier et Nadaï, 2015). Mais l'irréversibilité des dégradations écologiques invite aussi à développer des moyens d'enquête *a priori* dans des scènes de critique invisibilisée. Cela requiert de rendre ces situations comparables à d'autres scènes publiques dans lesquelles des critiques ont pu être énoncées. Le projet INFLUBIO a montré l'intérêt d'aborder l'environnement sous la forme de motifs pour construire cette comparabilité.

►► Bibliographie

- Barbier R., Nadaï A., 2015. Acceptabilité sociale : partager l’embarras. *VertigO*, 15(3).
- Bonnaïfous A., 2009. La loi « Grenelle I », le canal Seine-Nord et l’effet de serre, *Transports : économie, politique, société*, 453, 16-18.
- Bouleau G., 2019. *Politisation des enjeux écologiques. De la forme au motif environnemental*. Londres, ISTE.
- Gilbert C., Henry E., 2012. La définition des problèmes publics : entre publicité et discrétion, *Revue française de sociologie*, 53(1), 35-59.
- Jonas H., 1990. *Le principe de responsabilité*, Paris, Éditions du Cerf.
- Oliveira J., 2014. Le statut heuristique de la crainte dans la réflexion éthique de Hans Jonas, *Alter*, 22, 195-209.
- Palonen K., Wiesner C., Selk V., Kauppi N., Trenz H.-J., Dupuy C., Van Ingelgom V., Liste P., 2019. Rethinking politicisation, *Contemporary Political Theory*, 18(2), 248-281.
- Petitimberty R., Bouleau G., Guimont C., 2022. (Re)politicization of climate change mitigating projects: environmental forms and motives of the Seine Nord Europe Canal, *European Journal of Futures Research*, 10(1).
- Sergent A., 2018. Changement climatique, in Hay C., Smith A., *Dictionnaire d’économie politique : capitalisme, institutions, pouvoir*, Paris, Presses de Sciences Po, p. 68-80.
- Swyngedouw E., 1999. Modernity and hybridity: Nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890-1930, *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3), 443-465.

**Considérer le fonctionnement
d'une interface de transport – À propos
de l'importation de biens alimentaires
en Guadeloupe, réflexions à partir
des travaux de Gilbert Simondon**

Raymond Richard, Rapinski Michael, Foulquier Éric,
Belin Marie, Di Loreto Cecilia, Legros Evy, Pagès Florine,
Lopez Pascal Jean³⁰

Si ce n'est sous le poids de l'habitude qui engluie notre regard sur le monde, comment ne pas être subjugué par l'arrivée au port de Pointe-à-Pitre d'un de ces géants des mers transportant quelques milliers de boîtes métalliques multicolores ? Comment ne pas être captivé par ces navires qui forment l'horizon et qui, se déplaçant lentement, donnent l'impression que c'est la Guadeloupe qui dérive ? Un sentiment ambigu émerge, où se mêlent une sorte d'émerveillement pour l'organisation de ces machines et un certain agacement, une colère parfois, lorsque ces machines semblent nous submerger. Ces objets techniques nous lient au monde. Ils deviennent sources de développement et d'ouverture ou, au contraire, semblent nous asservir à la globalisation. Cette ambivalence est peut-être le symptôme d'une difficulté à trouver notre juste place face à ces technologies.

30. Cette réflexion s'inscrit à la croisée du projet PADIT (Paysage alimentaire et développement d'une interface de transport. Les systèmes alimentaires en Guadeloupe, entre globalisation et territoire) financé par le programme Ittecop et par l'Ademe, et des travaux menés au sein de l'Observatoire hommes-milieux littoral caraïbe, outil de recherche interdisciplinaire du CNRS financé par le LabEx DRIIHM (# ANR-11-LABX-0010).

Les ports ou les aéroports, comme les gares ou les échangeurs routiers, sont des interfaces techniques qui connectent un territoire aux réseaux qui parcourent le monde. Leur implantation et leur développement facilitent l'importation ou l'exportation de marchandises, l'arrivée ou le départ de personnes, la diffusion d'idées. En cela, elles participent à la recomposition des systèmes de production ou de consommation locaux, des systèmes sociaux et des communautés ; elles contribuent à la reconfiguration des territoires. Quelle est la place des territoires vis-à-vis du développement de ces réalités techniques ?

► L'exemple du trafic portuaire et de l'alimentation en Guadeloupe

La Guadeloupe offre une situation exemplaire pour observer ce phénomène. En 2023, le grand port maritime de la Guadeloupe revendique 95 % des échanges de marchandises avec le reste du monde³¹. La place du conteneur est soulignée : « le trafic du port s'est établi en 2019 à 3,6 millions de tonnes, dont 230 000 conteneurs en équivalent vingt pieds³². [...] L'activité de conteneurs représente plus de la moitié des trafics en tonnage » (CC, 2021). Les discours d'experts nous apprennent que le projet d'accueillir des navires de type « Overpanamax » initié au début des années 2000 (Le Berre *et al.*, 2019) prend forme : de nouveaux portiques sont installés ; en 2015, le dragage du chenal permet l'arrivée de navires de 2 800 équivalents vingt pieds (EVP) ; en 2016, il s'agit d'accueillir des navires de 4 500 EVP ; en 2019, le dragage du chenal a dû être repris pour permettre l'accès des navires de 6 900 EVP.

Le port, les travaux qui le transforment, les équipements qui le peuplent, les navires qui y font escale... s'évaluent en conteneurs, en EVP ou en « boîtes ». Les navires sont décrits par leur capacité d'emport. Les portiques le sont par leur hauteur et par leur capacité à charger ou à décharger ces fameuses boîtes. Les quais, les aires de stockage ou les entrepôts sont moins là pour accueillir des marchandises que des conteneurs. Les rapports d'activité du grand port maritime de la Guadeloupe (GPMG) rendent compte du trafic de marchandises en valeur, en poids et en conteneurs. Et les objectifs sont affichés : les fonctions de ces équipements techniques sont d'augmenter les échanges, de fluidifier le trafic, de créer de la valeur ajoutée. Le conteneur est au cœur de ces ambitions, même si d'autres trafics, ceux des passagers en particulier, y relèvent une importance stratégique et économique.

Parmi les marchandises transportées par conteneurs, les biens alimentaires occupent une place singulière. En effet, l'alimentation s'inscrit au cœur de la culture (De Garine, 1979 ; Régnier *et al.*, 2009). C'est aussi une pratique ordinaire convoquée pour faire face aux crises contemporaines. Il convient de manger sain, de manger responsable, de manger local ou de viser une certaine souveraineté alimentaire. L'alimentation croise ainsi des dimensions culturelles, politiques et techniques.

31. <https://guadeloupe-portcaraibes.com/nos-activites/fret/> consulté le 24 avril 2023.

32. L'« équivalent vingt pieds » ou EVP est la longueur standardisée d'un conteneur.

En Guadeloupe, les études menées ces dernières années s'accordent sur le fait que 75 % à 80 % de la nourriture consommée est importée (Fréguin-Gresh *et al.*, 2020 ; Méjean *et al.*, 2020 ; Tschannen *et al.*, 2020 ; DEAL, 2021 ; Marzin *et al.*, 2021). L'analyse de l'évolution des importations entre 1995 et 2016 révèle une augmentation importante des aliments transformés par l'industrie agroalimentaire dont la part importée est croissante (Colombet *et al.*, 2022). Parallèlement, de nombreux enjeux de santé publique sont liés à l'alimentation (ORSAG, 2016 ; Méjean *et al.*, 2020 ; Merle *et al.*, 2020 ; Colombet *et al.*, 2021 ; Méjean, 2022) : diabète, hypertension artérielle, hypercholestérolémie, etc.

Dans les années 2000, associé au développement des pratiques numériques et de la dématérialisation des procédures de négoce international, le conteneur transforme le commerce de produits agroalimentaires. Sur certains segments de marché tels que les exportations fruitières, il est venu concurrencer les anciennes pratiques collectives. En effet, jusqu'aux années 2000, la majorité des flux de fruits frais était expédiée *via* des cargos frigorifiques qui imposaient une organisation collective pour amener sur le quai suffisamment de marchandises pour assurer au navire affrété un taux de remplissage satisfaisant. À partir de 2000, le conteneur gagne des parts de marché et concurrence ces anciennes modalités d'exportation (Foulquier, 2014). Lorsqu'il fallait réunir plusieurs dizaines de milliers de tonnes de produits pour espérer attirer un navire frigorifique, il n'en faut plus qu'une dizaine pour prétendre au conteneur. Ainsi, les plus petits exportateurs peuvent s'affranchir de la coopérative agricole et du terminal frigorifique, en profitant de la densité du maillage des lignes conteneurisées (Foulquier, 2007, 2013). Ainsi, pour répondre aux enjeux à la fois de souveraineté alimentaire et de santé publique, la question de la régulation du transport de ces boîtes et du fonctionnement des dispositifs d'importation de biens alimentaires se pose.

►► Un équipement technique si peu connu

Le port de Jarry domine très largement le trafic de fret de l'archipel guadeloupéen (97 % du trafic de fret portuaire)³³. Il est situé au centre de l'agglomération pointoise (150 000 habitants) et marque son paysage. Si le port lui-même n'emploie que 150 personnes, la zone industrielle adossée au terminal accueille plus de 15 000 emplois. Elle est considérée comme le cœur économique de l'archipel. De plus, le Complexe World Trade Center, centre logistique de la chambre de commerce et d'industrie de la Guadeloupe, est un lieu symbolique qui concentre pouvoir économique et politique. C'est en ce lieu que convergent les différents mouvements sociaux qui marquent la vie de l'archipel depuis quelques années. Le port de fret de Jarry est donc perceptible, à défaut d'être clairement perçu, par l'ensemble de la population guadeloupéenne.

Afin de saisir les représentations du rôle du port dans l'évolution du système alimentaire guadeloupéen, trois enquêtes ont été menées. La première se fonde sur 35 entretiens menés auprès des acteurs de la distribution alimentaire : 22 entretiens

33. Présentation du site de Jarry par le grand port maritime de la Guadeloupe (<https://guadeloupe-port-caraibes.com>).

ont été menés avec des acteurs en contact direct avec les consommateurs (épiceries, supérettes, lolos...), et 13, avec des acteurs intermédiaires (grossistes, transitaires...). L'objectif de cette enquête était de saisir la place du port dans les circuits logistiques de l'alimentation et les leviers de régulation de ces circuits en investiguant deux zones contrastées : l'une fonctionnellement proche du port, la zone d'activité de Jarry sur la commune de Baie-Mahault, l'autre plus distante, située au nord de Grande-Terre sur la commune d'Anse-Bertrand. La deuxième enquête s'appuie sur 57 entretiens menés auprès de personnes résidant en Guadeloupe. Cet échantillon est réparti sur les deux îles principales de la Guadeloupe. Respectant le sexe-ratio de la population guadeloupéenne et sa distribution spatiale, l'objectif de cette enquête était d'identifier les valeurs attribuées à l'alimentation, aux aliments et aux manières de se les procurer. Si les aspects liés aux importations n'étaient pas spontanément abordés, une question de relance portait sur le rôle du port dans l'évolution du système alimentaire de l'archipel. La troisième enquête est basée sur l'analyse de discours publics : rapports, articles de presse, documents de communication... Ces discours ont été choisis de manière à aborder, avec la même attention, d'une part, le port et la place accordée à l'alimentation dans ses présentations et, d'autre part, l'alimentation et la place accordée au port ou aux importations. Dans ces deux types de discours, nous avons donc recherché les évocations des importations de biens alimentaires.

Plusieurs enseignements ressortent de ces enquêtes. La première enquête confirme la dépendance du système alimentaire guadeloupéen aux importations par conteneurs, excepté pour les produits extrafrais. Cette dépendance oriente les choix des aliments importés vers des produits de longue conservation (congélation, conserve ou transformation poussée). En revanche, pour les populations guadeloupéennes, le lien entre les importations de biens alimentaires et les installations portuaires est loin d'être systématiquement perçu. Tout se passe comme si le port et ses activités étaient étrangers au fonctionnement et aux évolutions du système alimentaire de l'archipel. L'arrimage de la Guadeloupe aux réseaux maritimes semble se faire davantage à partir des rayons des magasins que par l'intermédiaire du port. Enfin, dans les discours d'experts, le port est essentiellement présenté à partir de ses performances ou de ses structures et de leur dimension. Lorsque la place des importations alimentaires est abordée, uniquement dans les discours portant sur l'alimentation, la stratégie acte le résultat des échanges et vise à les compenser par la mise en place d'un octroi de mer, taxe dans les régions d'outre-mer françaises visant à créer une distorsion fiscale pour protéger la production locale de la concurrence extérieure.

Ces discours, ordinaires ou experts, ne rendent compte des installations portuaires qu'à partir de leur structure, de leurs fonctions ou de leurs effets. Ces descriptions suivent une logique comptable sans que ni ces structures ni ces fonctions ne soient jamais remises en question. Ces descriptions du système technique portuaire génèrent différentes attitudes qui peuvent se rapprocher de deux archétypes :

- une subordination à des impératifs de productivité sans que la logique de développement des installations portuaires ne soit réellement interrogée ;
- un désintérêt du fait technique pour se focaliser sur le manque de souveraineté et sur la vie chère, conséquences attribuées à l'autonomie des installations portuaires et à la dépendance aux importations.

En reprenant Gilbert Simondon, nous pourrions écrire que tout se passe comme si la société « connaît ce qui entre dans la machine et ce qui en sort, mais non ce qui s'y fait » (Simondon, 1989, p. 250). Inspiré de l'épistémologie proposée par cet auteur, un ensemble de travaux suggère que ces formes d'appréciations sont insuffisantes si l'on cherche à avoir une influence sur le progrès technique (Alioui, 2021 ; Pottin, 2021 ; Lindberg, 2022).

► Gilbert Simondon, une proposition d'analyse du fait technique

Bien avant la médiatisation de l'acteur réseau, de nombreux auteurs ont étudié la place des objets techniques dans les sociétés (*i.e.* Mauss, 1936 ; Leroi-Gourhan, 1943, 1945 ; Haudricourt, 1987 ou Sigaut, 1991). Gilbert Simondon (1924-1989) est de ceux-là. Un de ses ouvrages de référence, *Du mode d'existence des objets techniques*, a été publié pour la première fois en 1958³⁴. L'épistémologie proposée vise à réfuter l'idée d'une double réduction de la technique. La première réduirait l'objet technique à sa fonction. La seconde exclurait la technique de la culture, voire convoquerait la culture pour justifier un rejet des techniques. Une des visées de Gilbert Simondon est alors de réinscrire la technique dans la culture. Comme d'autres, cet auteur insiste sur l'importance de s'intéresser aux fonctionnements de ces objets pour en révéler les conséquences sur le monde. Parmi les nombreux aspects de cette épistémologie, ceux concernant les formes de régulation des objets techniques ont indéniablement une portée heuristique pour analyser nos rapports au développement des interfaces de transport.

En considérant ces fonctionnements, cet auteur aborde les processus qui permettent de décrire l'évolution des objets techniques. Parmi ces processus, l'idée selon laquelle le progrès technique repose sur une autorégulation croissante de ces objets est cardinale. Les composantes de ces objets maintiennent, par autorégulations et ajustements réciproques, les conditions de fonctionnement de ces objets techniques. L'humain a « *en ce sens, un rôle au-dessous de l'individualité technique, et un autre rôle au-dessus : servant et régleur, il encadre la machine, individu technique, en s'occupant du rapport de la machine aux éléments et à l'ensemble ; il est organisateur des relations entre les niveaux techniques, au lieu d'être lui-même un des niveaux techniques* » (*ibid.*, p. 78-79). Si le port est considéré comme un objet technique, l'évolution portuaire donne à l'humain deux rôles. C'est lui qui fixe les objectifs à atteindre, les fonctions, le nombre d'EVP à transborder, ou c'est lui qui joue le rôle de servant en assurant la fourniture de ces fameux conteneurs. L'humain ou la société locale n'agit pas sur le rythme ou sur l'opportunité de charger ou décharger ces boîtes. Tout se passe comme si la société locale était exclue du fonctionnement de ce système technique. C'est le processus d'individuation. « *L'individualisation des êtres techniques est la condition du progrès technique. Cette individualisation est possible par la récurrence de causalité dans un milieu que l'être technique crée autour de lui-même et qui le conditionne comme il est conditionné par lui. Ce milieu à la fois technique et naturel peut être*

34. Les citations issues de cet ouvrage sont référencées dans l'édition de 1989.

nommé milieu associé » (*ibid.*, p. 56-57). La prise en compte du « milieu associé » convoque, toujours, une relation avec la société et le territoire³⁵. L'objet technique n'est jamais absolument autonome. Ainsi, pour Simondon, il resterait toujours une dimension humaine dans le fonctionnement de la machine la plus aboutie (*ibid.*, p. 42) ; cette dimension participe à la relation entre l'humain et le monde (*ibid.*, p. 208).

En restant étroitement associé au fonctionnement d'un système technique, l'humain reste maître de la définition de la finalité du système et de sa régulation. Cette association se fait lors du fonctionnement même de la machine, par ajustements continus. Le progrès technique est alors une des conditions de libération des tâches pénibles et asservissantes telles que la manutention de marchandises lourdes ou volumineuses. Mais Gilbert Simondon pointe également un risque : la méconnaissance du fonctionnement technique génère un asservissement à la fois aux objets techniques et à ceux qui les développent. Les techniques sont alors comme des « *puissances inconnues et lointaines qui [...] dirigent sans [que la société] les connaisse et puisse réagir contre elles* » (*ibid.*, p. 143). Ainsi, « *la plus forte cause d'aliénation dans le monde contemporain réside dans [la] méconnaissance de la machine, qui n'est pas une aliénation causée par la machine, mais par la non-connaissance de sa nature et de son essence, par son absence du monde des significations, et par son omission dans la table des valeurs et des concepts faisant partie de la culture* » (*ibid.*, p. 9-10). « *Les objets techniques qui produisent le plus d'aliénation sont ceux qui sont destinés à des utilisateurs ignorants* » (*ibid.*, p. 249).

Face à ce risque d'asservissement, Gilbert Simondon propose de reconsidérer les significations associées au fonctionnement des objets techniques dans le système culturel d'une société. « *L'industriel comme le travailleur est poussé par la finalité : il vise le résultat ; en cela consiste leur aliénation* » (*ibid.*, p. 126). En l'absence de prise en compte de cette dimension signifiante contenue dans son fonctionnement, la machine n'est appréciée que par sa fonction d'usage qu'il s'agit de maximiser. « *Alors naît un technicisme intempérant qui n'est qu'une idolâtrie de la machine et, à travers cette idolâtrie, par le moyen d'une identification, une aspiration technocratique au pouvoir inconditionnel* » (*ibid.*, p. 10).

► Conclusion

De nombreux travaux ont souligné les rapports de domination fondés sur la propriété des équipements techniques ou sur la place des intérêts privés dans leur gestion. L'apport de Gilbert Simondon complète ces approches en suggérant un autre facteur d'aliénation : le désintérêt croissant pour son fonctionnement. L'humain ne serait plus que consommateur de ces équipements sans avoir la possibilité ni d'en définir l'usage ni de le réguler. Il n'y a là pas de condamnation des objets techniques eux-mêmes, mais une critique de la manière de les considérer. Gilbert Simondon

35. Nous dirions, aujourd'hui, une dimension « sociotechnique », à la différence près que, pour Gilbert Simondon, « société » et « technique » s'interpénètrent au point de ne pouvoir être considérées l'une sans l'autre.

propose alors de dépasser une dichotomie entre technophobie et technophilie, ni rejet par principe des technologies aux motifs de leurs conséquences environnementales ni croyance dans le fait que la technique permettra de répondre aux enjeux d'une alimentation durable. Ce que suggère cet auteur est de retrouver l'humanité des techniques, de reconsidérer l'humain comme composant de l'être technique qui en définit les fonctions, mais aussi le fonctionnement par un rôle régulateur continu et conscient. Pour cet auteur, l'enjeu est de réinscrire la technique dans la culture : « *La culture s'est constituée en système de défense contre les techniques ; or, cette défense se présente comme une défense de l'homme, supposant que les objets techniques ne contiennent pas de réalité humaine. Nous voudrions montrer que la culture ignore dans la réalité technique une réalité humaine, et que, pour jouer son rôle complet, la culture doit incorporer les êtres techniques sous forme de connaissance et de sens des valeurs.* » (Simondon, 1989, p. 9.)

Ainsi, si l'analyse de Gilbert Simondon a un sens, pour se libérer de l'emprise de systèmes techniques qui semblent la dépasser, une société devrait non seulement être propriétaire de ces dispositifs, mais aussi les choisir et en suivre le fonctionnement. La difficulté tient dans l'inscription de la culture locale dans le pilotage du fonctionnement de ces systèmes techniques. Cette inscription exige, comme l'a montré Vincent Bontems, une distinction radicale entre « recherche de progrès » et « quête de puissance » (Bontems, 2015).

La déclinaison de cette épistémologie à propos du système alimentaire guadeloupéen oblige à s'intéresser à la manière dont la culture locale peut intégrer les institutions chargées du pilotage du système technique permettant la circulation des produits alimentaires. Au regard de l'étendue et de la structure des réseaux mondiaux construits autour et à partir du conteneur (Frémont, 2007 ; Ranely Vergé-Dépré, 1997, 2011), la prise en compte d'une culture locale à ce niveau d'organisation est impensable. Il convient donc d'identifier des nœuds dans ce réseau sur lesquels la société puisse avoir prise. Le port pourrait en être un : c'est par lui que transite l'essentiel des produits alimentaires importés en Guadeloupe.

La déclinaison de l'épistémologie de Gilbert Simondon pour faire face aux enjeux de l'alimentation en Guadeloupe invite à s'interroger sur la place des citoyennes et des citoyens dans les décisions concernant le pilotage du port. Cette invitation dépasse très largement la participation publique vis-à-vis de l'opportunité de cet équipement ou de son agrandissement. Elle dépasse également la participation dans la définition des mesures compensatoires à des aménagements promus comme indispensables. Elle oblige à s'intéresser à la place des populations dans le fonctionnement même du port, en tant qu'interface de transport affectant la société locale et son rapport à l'environnement. Le conseil de surveillance du grand port maritime de la Guadeloupe, qui arrête les décisions stratégiques et contrôle la gestion de cet équipement technique, est composé de représentants des collectivités territoriales (ministère de la Mer, 2021). Aujourd'hui, c'est à cette structure qu'échoit la tâche d'articuler enjeux sociaux et régulation du fonctionnement de cette interface de transport. La composition de cette instance pose néanmoins la difficile question de l'articulation entre démocratie représentative et démocratie participative pour la gestion de dispositifs de cette envergure.

► Bibliographie

- Alioui J., 2021. Penser la décroissance avec Gilbert Simondon, Dialogue, *Canadian Philosophical Review/Revue Canadienne De Philosophie*, 60(3), 483-498, <https://doi.org/10.1017/S0012217321000184>.
- Bontems V., 2015. Sur la classification des objets techniques selon Simondon, *Artefact, Techniques, histoire et sciences humaines*, 3, 183-198, <https://doi.org/10.4000/artefact.8270>.
- CC, Cours des comptes, 2021. *Le grand port maritime de la Guadeloupe. Observations définitives*, Exercices 2012 et suivants, Cours des comptes, Deuxième Chambre, 83 p. + annexes [www.ccomptes.fr].
- Colombet Z., Allès B., Perignon M., Landais E., Martin-Prevel Y., Amiot-Carlin M.-J., Darmon N., Mejean C., 2021. Caribbean nutrition transition: What can we learn from dietary patterns in the French West Indies?, *European Journal of Nutrition*, 60(2), 1111-1124.
- Colombet Z., Lamanib V., Allès B., Terrieux P., Ducrot A., Drogué S., Méjean C., 2022. Les déterminants de la transition nutritionnelle dans les Antilles françaises, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 57(1), 37-58.
- DEAL (direction de L'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), DAAF (direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt), 2021. *Diagnostic du système alimentaire guadeloupéen*, rapport DIAG'Alim, 103 p.
- Foulquier E., 2007. Le froid, les agrumes et la mer. Logiques de flux, logiques d'espaces dans le bassin de la Plata, *Géographie, économie et société*, 9(3), 315-327.
- Foulquier E., 2014. Maritimité et maritimisation du monde, in Deboudt P., Meur-Ferec C., Morel V., *Géographie des mers et des océans*, Armand Colin-Sedes, p. 45-66.
- Foulquier E., 2013. Transport maritime sous régime de froid. Mondialisation des circulations des marchandises périssables, in Le Déméter, 2016, *Économies et stratégies agricoles*, 22, p. 261-279.
- Fréguin-Gresh S., Angeon V., Cortès G. (dir.), 2020. *Les petites agricultures familiales en Guadeloupe : une contribution à l'ancrage de l'alimentation ?*, rapport final de l'atelier professionnel du master EDEV 2019-2020, 323 p.
- Frémont A., 2007. *Le monde en boîtes. Conteneurisation et mondialisation*, Arcueil, synthèse INRETS n° 53, 145 p.
- De Garine I., 1979. Culture et nutrition, *Communications*, 31, 70-92.
- Haudricourt A.-G., 1987. *La technologie, science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*, Paris, éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 343 p.
- Le Berre I., Ranély Vergé-Dépré C., Terral R., Rabévol C., 2019. L'emprise portuaire du grand port maritime de Guadeloupe, d'hier à aujourd'hui : apports de la cartographie dynamique géohistorique, *Norois*, 250, 49-64, <https://doi.org/10.4000/norois.7381>.
- Leroi-Gourhan A., 1943. *L'homme et la matière*, Paris, Albin Michel, 352 p.
- Leroi-Gourhan A., 1945. *Milieu et techniques*, Paris, Albin Michel, 480 p.
- Lindberg S., 2022. La question de la techno-écologie, *Multitudes*, 4(65), 167-177, <https://www.cairn.info/revue-multitudes-2016-4-page-167.htm>.
- Marzin J., Fréguin-Gresh S., Angeon V., Andrieu N., Banoviez Urrutia V., Cerdan C., Huat J., Daviron B., 2021. *Étude sur les freins et leviers à l'autosuffisance alimentaire : vers de nouveaux modèles agricoles dans les départements et régions d'outre-mer*, rapport CIRAD – AFD, 236 p. + annexes.
- Mauss M., 1936. Les techniques du corps, *Journal de Psychologie*, XXXII(3-4), 23 p.
- Méjean C., 2022. Transition nutritionnelle aux Antilles françaises : quels rôles de l'offre et des comportements alimentaires ?, *Cahiers de nutrition et de diététique*, in press, <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2021.10.005>.
- Méjean C. (dir.), Debussche X., Martin-Prével Y., Réquillart V., Soler L.-G., Tibère L., 2020. *Alimentation et nutrition dans les départements et régions d'Outre-mer*, Marseille, IRD Éditions, coll. Expertise collective, 208 p. + annexes.
- Merle S., Neller N., 2020. Prévalences de l'obésité, des maladies chroniques et des déficiences en micronutriments, in Méjean C. (dir.) et al., *Alimentation et nutrition dans les départements et régions d'Outre-mer*, Marseille, IRD Éditions, p. 221-253.

- Ministère de la Mer, 2021. *Ports maritimes, Code des transports, Code des ports maritimes*, 312 p., <https://www.mer.gouv.fr/sites/default/files/2021-12/Code%20PTF%20-%202021.pdf>.
- ORSAG, Observatoire régional de la santé de Guadeloupe, 2016. *Surcharge pondérale et obésité abdominale en Guadeloupe en 2013, KANNARI, Santé, nutrition et exposition au chlordécone aux Antilles*, Observatoire régional de la santé de Guadeloupe, 20 p., <https://orsag.fr>.
- Pottin A., 2021. Le pouvoir et les opérations, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 15-2, <https://journals.openedition.org/rac/22842>.
- Ranély Vergé-Dépré C., 1997. Quinze années de conteneurisation des trafics maritimes aux Antilles françaises : éléments d'un bilan, in *Cahiers d'outre-mer*, 198, 151-17.
- Ranély Vergé-Dépré C., 2011. Le port de Pointe-à-Pitre/Jarry (Guadeloupe), in *Atlas Caraïbe électronique*, Association de recherche et d'études sur la Caraïbe (AREC), <https://atlas-caraibe.certic.unicaen.fr/fr/>.
- Régnier F., Lhuissier A., Gojard S., 2009. « I. Lire la société à travers l'alimentation », in Régnier F. (éd.), *Sociologie de l'alimentation*, La Découverte, p. 5-20.
- Sigaut F., 1991. Un couteau ne sert pas à couper, mais en coupant. Structure, fonctionnement et fonction dans l'analyse des objets, in *25 ans d'études technologiques en préhistoire, XI^e Rencontres internationales d'archéologie et l'histoire d'Antibes*, Juan-les-Pins, éditions APDCA.
- Simondon G., 1989 [1958]. *Du mode d'existence des objets techniques*, Alençon, Aubier, 333 p.
- Tschannen E., Creignou C., Royer J., 2020. *Analyse du système alimentaire guadeloupéen*, Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), 93 p.

**Quand les infrastructures reconfigurent
l'action publique territoriale.
Propositions à partir des dispositifs
d'accompagnement (1 % paysage
des routes et plans d'accompagnement
des lignes à haute tension)**

Sophie Bonin, Patrick Moquay, Benoît Dugua,
Roberta Pistoni³⁶

Diverses modalités d'accompagnement ont visé, ces dernières décennies, à faciliter ou à améliorer la réalisation et l'intégration des grandes infrastructures linéaires dans les territoires traversés. Elles engagent le financement d'opérations de développement local, de gestion des paysages ou d'amélioration de la biodiversité, selon une pensée de l'aménagement multiscalaire, débordant du périmètre des constructions, une pensée relationnelle (Folléa, 2019). Le principe, plutôt l'hypothèse, est que de plus riches relations fonctionnelles (Bandelj, 2020), impliquant les acteurs locaux, favorisant les proximités entre des échelles différentes, sont susceptibles d'améliorer le système socio-écologique (Hopkins, 2010 ; Laigle, 2013). Les difficultés à faire émerger des accords contraignants en matière d'écologie venant d'en haut (compensation écologique, lutte contre le réchauffement climatique, érosion de la biodiversité) plaident pour une attention aux initiatives et aux expérimentations aux échelles inférieures (Brédif, Simon, 2021).

36. L'équipe du projet LIGNES CRÉATIVES était aussi constituée par Monique Toubanc et Yanis Siadous, en particulier pour les enquêtes sur l'A19 ; et par Bas Pedrolì et Martin van den Toorn pour les terrains des Pays-Bas.

Notre analyse entend rendre compte des effets de transformation ou de reconfiguration de l'action publique territoriale qui s'opèrent à l'occasion de la mise en œuvre de tels dispositifs. Même s'il en est parfois fait mention à titre de comparaison, la question des études d'impact et des mesures de réduction ou de compensation écologique³⁷, portant sur la prise en compte des ouvrages eux-mêmes, dans le périmètre strict des maîtres d'œuvre, qui peut être envisagée également sous ce double prisme du paysage et de la biodiversité, ne constitue pas la clé de lecture principale ici. Ces sujets ont déjà fait l'objet d'abondants travaux par le passé et se focalisent sur l'infrastructure comme objet perturbateur, affectant et fragmentant les dynamiques écologiques (chapitre 4 de COHNECS-IT) comme celles des usages sociaux locaux. Cela induit des actions conservatoires, visant à préserver ce qui peut l'être par rapport à l'état précédent. Or, penser l'infrastructure en rapport avec son territoire renverse ce rapport pour envisager les projets écologiques et paysagers qu'elle peut aussi apporter, et pour tenter de transformer l'objet perturbateur en opportunité d'actions favorables au cadre de vie, dans ses composantes socioculturelles et biologiques : comme un cadre de vie des hommes, de la faune et de la flore, ensemble.

Le terme de territorialisation de l'infrastructure est utilisé pour explorer les conditions de partenariat des acteurs de l'aménagement avec les institutions locales, et l'intégration de l'aménagement par les pratiques (et aspirations) des sociétés locales. La relation entre infrastructure et territoire fait écho à la distinction proposée par l'anthropologue anglais Tim Ingold (2013) entre fil et trace, par analogie entre la partition et la musique, l'écriture manuscrite et tapée à la machine, le trajet à pied et empruntant les moyens modernes. Il évoque la relation qui en résulte (ou non) à la surface : « *À chaque fois que les fils se transforment en traces, des surfaces se forment, tandis que lorsque les traces deviennent des fils, les surfaces disparaissent.* » (p. 116.)

Au gré des dispositifs d'accompagnement que nous avons étudiés, les infrastructures oscillent entre « le fil » et « la trace ». Il s'agit précisément de trouver les registres d'engagement et de partenariat qui fassent de l'infrastructure une trace, qui la rendent apte à dialoguer avec le territoire qui l'environne. Faire qu'une relation de fait se transforme en interaction pensée et voulue, donnant lieu et forme à des transactions croisées entre mondes — et acteurs — de l'infrastructure et du territoire : le paysage de l'infrastructure deviendrait alors pleinement « empreinte et matrice », comme l'a proposé Augustin Berque pour définir le paysage comme médiance entre nature et société (Berque, 1990).

Le chapitre prend appui sur le projet LIGNES CRÉATIVES, qui a comparé des dispositifs d'accompagnement d'infrastructures routières et de transport d'électricité³⁸. Nous reviendrons tout d'abord sur cette désignation de dispositif d'accompagnement territorial, à partir d'une identification des rôles respectifs des opérateurs, des collectivités, de l'État, du cadre stratégique installé par rapport aux projets concrets accompagnés, et de la place du réglementaire par rapport aux logiques de contractualisation. En France, deux dispositifs principaux ont été étudiés : le 1 % paysage et

37. Cf. Alligand et al., 2018, pour bien distinguer l'accompagnement des mesures ERC de ce dont il sera question dans ce chapitre.

38. Le projet LIGNES CRÉATIVES a comparé des cas d'étude en France et aux Pays-Bas. Dans ce projet, 73 entretiens ont été réalisés, dont 54, sur les cas français, au plan national ou local, en complément de consultations d'archives et de visites de terrain (sur une sélection d'opérations financées dans le cadre des dispositifs étudiés). Les cas néerlandais ne seront pas abordés dans le présent texte.

développement pour les infrastructures routières, et le plan d'accompagnement de projet pour les lignes électriques. Cependant, l'analyse intègre d'autres dispositifs, qui ont pu être rencontrés au moment des enquêtes de terrains. En France, les enquêtes ont porté sur l'autoroute A19 en région Centre (2005-2016), le contournement ouest de Strasbourg (2017-2024), et divers dispositifs relatifs au transport d'électricité dans les Ardennes (notamment la ligne Lonny-Seuil-Vesle, inaugurée en 2017). Nous discuterons de nos résultats quant aux différentes dimensions des recompositions territoriales observées, par rapport notamment à l'hypothèse que ces dispositifs participent d'une plus grande prise en compte et surtout d'une articulation opérationnelle avec les enjeux écologiques portés par les politiques publiques. Il ne sera pas possible d'entrer dans les détails de ces différentes configurations, mais nous renvoyons le lecteur curieux au rapport de recherche disponible en ligne (Moquay *et al.*, 2022).

► Dispositifs d'accompagnement territoriaux des infrastructures : définition

Par dispositifs d'accompagnement territorial, nous entendons des actions cofinancées par l'État ou les collectivités d'une part, et par les opérateurs privés chargés de l'infrastructure d'autre part, débordant de son emprise et permettant des synergies entre celle-ci et le territoire environnant. Ces actions sont concomitantes à la conception et à la réalisation du projet d'infrastructure, elles génèrent potentiellement une mise en relation entre acteurs, échelles, temporalités et domaines d'intervention. Les actions ainsi identifiées participent d'un programme, c'est-à-dire d'un ensemble d'opérations explicitement rattachées au dispositif d'accompagnement. Le dispositif d'accompagnement se caractérise ainsi par une procédure, des règles d'éligibilité, des objectifs et des critères explicites, et enfin des instances d'examen et d'arbitrage, présidant à la labellisation des projets et à l'attribution des financements. La qualification que nous proposons de l'accompagnement est double : accompagner la réalisation de l'infrastructure, l'opération première d'aménagement, et, de manière concomitante, accompagner les territoires traversés — et par conséquent perçus comme nécessairement impactés — par l'infrastructure. La référence qui nous a servi de modèle est le 1 % paysage et développement qui s'applique principalement aux autoroutes. La première raison est son historicité, puisqu'il est mis en place à partir de la fin des années 1980, une période où les très grands projets d'aménagement sont contestés de plus en plus fortement par les citoyens, alors même que les études sur les impacts locaux et globaux des autoroutes alimentent des positions plus critiques sur celles-ci (Offner, 1993). Une autre raison est son originalité : elle se confirmera au fil de nos investigations, puisqu'il n'y a pas d'équivalent, du moins au sens strict, pour d'autres infrastructures linéaires comme les lignes électriques à haute tension ou les voies ferrées. Néanmoins, plusieurs dispositifs qui peuvent être qualifiés d'accompagnement territorial ont été repérés pour les lignes à haute tension, mis en œuvre par RTE (réseau de transport d'Électricité, gestionnaire responsable du réseau public de transport d'électricité haute tension)³⁹.

39. Les dispositifs d'accompagnement territoriaux étudiés ici en résonance avec les autoroutes et les lignes à haute tension (LHT) n'ont pas vocation à rendre compte de manière exhaustive de la totalité des dispositifs existants. Dans la continuité de cette recherche, il serait néanmoins pertinent de dresser une typologie détaillée en lien avec les différents types d'ILTe (les infrastructures linéaires de transport et leurs emprises).

►► Un dispositif réglementaire initialement porté par l'État au nom du paysage : le 1 % paysage et développement

Ce que nous appellerons par la suite « le 1 % » est un dispositif partenarial piloté par l'État en lien avec les concessionnaires autoroutiers, qui vise à octroyer une partie du budget de réalisation de l'infrastructure à la mise en œuvre d'opérations paysagères contribuant au développement local et à l'amélioration du cadre de vie, en dehors de l'emprise directe. Cette politique publique, portée par l'État, initialement nommée « 1 % paysage et développement » a été rebaptisée en 2016 « 1 % paysage, développement et cadre de vie ». Expérimentée dans un premier temps en 1989 à l'occasion de la réalisation de deux autoroutes emblématiques, traversant les paysages remarquables du Massif central (« La Méridienne », l'A75 mise en service en 1998, et « L'Occitane », l'A20 dont des sections sont ouvertes en 1992, mais qui sera terminée en 2003), elle a été progressivement généralisée à l'ensemble du réseau routier et autoroutier national, par la circulaire interministérielle du 12 décembre 1995. Les circulaires interministérielles qui la cadrent vont évoluer au fil des années 2000 pour s'adapter d'une part au processus de décentralisation, et pour s'inscrire d'autre part dans la stratégie nationale de développement durable (circulaire du 31 mars 2005), puis dans celle de la transition écologique (instruction du gouvernement du 29 juillet 2016).

Le dispositif a connu un succès important et a généré des traductions opérationnelles nombreuses. Il s'agit d'une des premières politiques de l'État à valoriser le paysage comme outil de développement et de requalification territorial — on est dans une période qui conduira aussi à la loi Paysage de 1993. Très peu de recherches se sont intéressées à ce dispositif. Hormis un article qui le présentait dans les années 1990 (Thuaud, 1994), c'est dans la littérature grise, conservée — mais mal archivée — du ministère de l'Écologie ou des DDT (ex-DDE), et par l'enquête auprès de témoins historiques, que nous avons pu reconstituer son histoire. Son origine se trouve à la direction des routes du ministère de l'Équipement, en 1989, où Christian Leyrit⁴⁰ a mis en place son expérimentation puis sa généralisation. Il s'était entouré d'un « collège paysage et environnement », composé d'architectes (Rémy Butler), mais surtout d'un paysagiste plasticien (Bernard Lassus) — sur « une idée tout à fait personnelle »⁴¹. D'autres personnalités, géographes, urbanistes, ou le philosophe Alain Roger, participaient aussi à ce collège conseiller. Mais c'est particulièrement Bernard Lassus qui a inspiré à Christian Leyrit la mise en place du 1 %, et accompagné les premières actions : « *Parce que j'avais l'habitude de dire que la réalisation de l'autoroute est un sujet trop sérieux pour être laissé à des ingénieurs des ponts, pour paraphraser une formule célèbre* »⁴². Les entretiens auprès des personnes chargées des questions de paysage aux ministères de l'Agriculture ou de l'Environnement ont confirmé qu'ils n'avaient pas été impliqués.

40. Ingénieur des Ponts-et-Chaussées, directeur des routes de 1989 à 1999.

41. Entretien du 28 février 2020.

42. *Idem*.

Des enquêtes de terrain ont permis de constater sur place les réalisations liées à l'A19, ou au contournement ouest de Strasbourg, et d'interroger les acteurs locaux concernés.

Le périmètre des actions s'appuie sur un critère de covisibilité, qui désigne la portion du territoire qui est observable depuis l'autoroute, ou depuis laquelle on la voit. Mais plus que la covisibilité, les opérations éligibles doivent être des aménagements paysagers, susceptibles de créer un « effet de levier » (le terme est emprunté à la circulaire de 2005), afin d'amener un développement cohérent à l'échelle d'un territoire fonctionnel. Le tout est cadré par des diagnostics territoriaux et de grandes orientations présentés dans le livre blanc ou la charte d'itinéraire de chaque infrastructure. Une subvention est apportée par les maîtres d'ouvrage (concessionnaire et État), en général sous la forme d'un cofinancement avec les collectivités à hauteur de 50 %. Un retour sur les actions conduites sur l'A19, sur le terrain, a montré que les réalisations étaient très diverses et ponctuelles (réaménagement d'une place, création d'un abribus, réhabilitation d'une mare, mise en valeur de patrimoine bâti...) (figures 7.1 et 7.2), et qu'elles n'atteignaient pas le niveau structurant des actions conduites pour l'A75 ou l'A20 (avec notamment le soutien à la création des villages étapes). Elles relèvent dans les faits de la mobilisation personnelle des maires, de l'existence de projets déjà dans les tiroirs, plus que du respect du cadrage paysagiste initial. Les opérations ambitieuses qui y étaient envisagées, notamment pour l'aménagement de cinq zones d'activité et pour la création de liaisons douces intercommunales, articulées par la rénovation d'une voie romaine (charte d'itinéraires), sont restées lettre morte, ou ont été réalisées de façon trop fractionnée pour être réellement structurantes.



Figures 7.1 et 7.2. Avant et après l'aménagement de la mare de Verrine, Bouilly-en-Gâtinais : rénovation du bassin, construction d'un abribus en bois, création d'un trottoir

Sources : à gauche, bilan du 1 % A19, Vinci Autoroute, 2019, p. 20 ; à droite, cliché de Yanis Siadous, 2020

L'apport des maîtres d'ouvrage de l'infrastructure autoroutière est en réalité fixé à 0,5 %. C'est la contribution équivalente des partenaires locaux qui permet de porter le coût total des opérations financées à hauteur de 1 %, comme l'énonce l'intitulé du dispositif. Ainsi, 11,534 millions d'euros ont été dégagés pour l'A75, sur un budget final de l'autoroute de 2,2 milliards d'euros (soit 0,52 %). Dans le cas de l'A19, le 1 % a subventionné, de 2008 à 2010, des actions à hauteur de 4,1 millions d'euros, pour un budget de construction qui s'est établi à 840 millions d'euros (soit 0,49 %). Par la suite, les montants consacrés au dispositif ont diminué au fil du temps et des projets. En revanche, d'autres dispositifs territoriaux ont d'une certaine manière

pris le relais du 1 %, comme les aménagements fonciers liés au remembrement, et les actions de compensation écologiques, dont les financements sont devenus très importants. En ce qui concerne le contournement ouest de Strasbourg, les actions de compensation écologique, tournées en particulier vers la préservation du grand hamster (réintroduction, recréation de milieux favorables, programmes de recherche), représentent les actions les plus importantes gérées par le concessionnaire sur les territoires au-delà des emprises. Elles marquent une très forte disproportion par rapport aux montants consacrés à ce que l'on continue à dénommer 1 % (tableau 7.1), alors même que ce ratio n'est plus du tout respecté. La contribution du concessionnaire s'abaisse ici à 0,1 % du coût total d'opération.

Tableau 7.1. Comparaison du 1 % paysage, développement et cadre de vie et des deux autres programmes mis en œuvre hors de l'emprise de l'infrastructure dans le cas du contournement ouest de Strasbourg

Dispositif	Objectif	Budget	Maîtrise d'ouvrage	Périmètre d'action
Mesures de compensations	Équilibrer l'impact écologique de l'infrastructure par la mise en œuvre d'opérations de renaturation	150 000 000 euros (incluant ouvrages d'art)	Vinci	À l'échelle de la parcelle (plan de compensation écologique)
Aménagement foncier	Répartir les pertes foncières et améliorer le fonctionnement agricole par la redistribution du parcellaire	11 000 000 euros (incluant travaux connexes)	Conseil général du Bas-Rhin	Association foncière (groupement de communes limitrophes)
1 % paysage, développement et cadre de vie	Financer des actions d'amélioration des paysages et du cadre de vie, ainsi que le développement économique et touristique des territoires	500 000 euros	DDT du Bas-Rhin	Périmètre de covisibilité

Source : Benoît Dugua, dans Moquay *et al.*, 2022, p. 73

Ainsi, les enjeux écologiques tendent à supplanter et à absorber les démarches paysagères, relationnelles, territoriales (Toublanc *et al.*, 2022). Le cas du contournement ouest de Strasbourg témoigne de la disparition progressive du 1 %, au profit notamment des mesures de compensations écologiques dans une logique d'impact et de réparation, et non plus d'opportunité relationnelle. Bien que toujours en vigueur, le 1 % n'est plus vraiment suivi, même au ministère de l'Écologie, où il n'y a plus de paysagiste spécifiquement chargé de cette politique depuis 2020⁴³.

43. Depuis le départ à la retraite, en 2020, de Julia Iglesia, paysagiste, chargée de mission au bureau de la Politique de l'Environnement au sein de la direction Infrastructure et Transport du ministère de la Transition écologique.

► Un dispositif réglementaire, mais contractuel au nom du développement économique : le PAP des lignes à haute tension

Le plan d'accompagnement de projet (PAP) concerne les lignes à très haute tension, et suit une philosophie proche du 1 % : il s'agit de promouvoir des actions par un soutien financier de l'opérateur de l'aménagement sur un territoire plus large que sa seule emprise, afin de créer des effets positifs sur le développement local. Il a été instauré par le contrat de service public signé entre l'État et RTE en 2005, et ses modalités de mise en œuvre ont été précisées au niveau national dans une circulaire du 22 février 2007 du directeur de la demande et des marchés énergétiques à l'attention des préfets. Sont prévus des cofinancements par le gestionnaire de l'infrastructure, avec des partenaires locaux « d'actions de développement économique local durable ou l'amélioration de l'insertion des réseaux existants ». Cela concerne chaque projet de création ou de reconstruction, à hauteur de 10 % du coût d'investissement pour les lignes aériennes à 400 kV, et à hauteur de 8 % pour les lignes à 225 kV (Joalland, 2019). Là encore, on constate que l'initiative ne vient pas du ministère de l'Écologie ou d'autres secteurs (les secteurs de l'agriculture et de la forêt sont très concernés par les espaces sous les lignes), mais du ministère aménageur, celui chargé du développement des énergies⁴⁴.

La mise en œuvre du dispositif se fait dans un premier temps *via* une charte de fonctionnement, puis par des règlements administratifs et financiers. Ces documents, approuvés par le préfet concerné, rappellent à la fois les grands principes du dispositif (critères d'éligibilité, mode et hauteur du cofinancement), et les modalités organisationnelles (pilotage, suivi des actions soutenues, etc.). Ceux-ci ne relèvent donc pas d'une règle nationale uniforme, mais sont négociés et définis localement, et donc spécifiques à chaque PAP. Mais ils ne s'appuient pas sur un diagnostic paysager ni sur un projet de territoire envisagé transversalement du point de vue écologique. Si l'accent est mis sur le développement économique, on retrouve les mots-clés de la mise en valeur des paysages, ou encore du développement durable, et de la préservation de la biodiversité. Ce sont les collectivités territoriales qui sont ensuite directement maîtres d'ouvrage des actions : départements, communes ou intercommunalités.

Le règlement du PAP de la ligne Avelin-Gavrelle⁴⁵ révèle l'importance accordée, dans la liste des projets éligibles, aux opérations s'inscrivant dans le cadre du développement local durable des territoires : des actions en faveur de l'emploi, la préservation de l'environnement, la valorisation du patrimoine naturel et culturel, la création de services. L'enveloppe, pour cette ligne de 30 km, était de 6 millions d'euros, pour 215 millions d'investissements. Pour la LHT Lonny-Seuil-Vesle, qui traverse trente et une communes sur 80 km, le budget de RTE était de 8 millions d'euros, avec un accent plus fort dans la sélection des projets en fonction des cofinancements possibles. Cela signifie que le PAP est plus généreux pour les territoires

44. Notons que le ministère chargé de l'Environnement et le ministère « aménageur » (anciennement ministère de l'Équipement) ont été rassemblés au sein du même ministère à compter de 2007.

45. Nord de la France, les travaux de reconstruction de cette ligne à 400 kV ont duré de 2019 à 2021.

que le 1 %, mais aussi que, comme pour le 1 %, ce qui est surtout recherché est un effet de levier sur des projets locaux, et une façon d'encourager la création de partenariats entre financeurs d'échelons très différents, du local au national (intercommunalités, subventions sectorielles, département, parcs naturels régionaux [PNR] notamment)⁴⁶.

Des actions concernant les espaces naturels ou agricoles sont (encore) moins présentes que dans le 1 %, du fait de l'accent mis sur le volet économique ou social, sans démarche paysagère. Les actions se centrent surtout sur l'aménagement des centres-bourgs. La connexion avec des actions encourageant la transition écologique n'est pas majeure, comme on a pu le voir pour le 1 % également, ce qui nous a conduits à nous intéresser à d'autres dispositifs partenariaux impliquant plus directement les gestionnaires des espaces sous les lignes.

►► Autres exemples de dispositifs à l'initiative des opérateurs pour une gestion coconstruite avec les acteurs locaux

Une mobilisation plus directe des opérateurs d'infrastructure avec les partenaires locaux gestionnaires des espaces a été observée sous différentes formes dans l'ex-région Champagne-Ardenne qui avait été choisie pour analyser le PAP : projet LIFE Elia-RTE⁴⁷, projet PIEESA/BELIVE⁴⁸ qui lui a fait suite, et convention de partenariat Symbiose-RTE. Cela concerne donc les espaces sous les lignes à haute tension, plus particulièrement les tranchées forestières et les pieds de pylônes en secteur agricole, qui ne sont pas propriété de RTE, mais qui sont soumis à un cahier des charges. Ces actions s'inscrivent plus directement dans le paradigme de l'écologie du paysage, au nom de la biodiversité, mais de façon encore expérimentale et hors contexte réglementaire. Ajoutons aussi que c'est sous cette forme que l'on a constaté la plus grande mise en proximité des acteurs : une mise en relation concrète entre les agents de RTE et les acteurs locaux. L'idée de multifonctionnalité des espaces occupe une place importante dans les projets : installation de fruitiers, de prairies favorables au gibier, lutte contre des espèces invasives, production de biomasse-énergie (qui se heurtera à l'absence d'organisation de la filière). Dans le cas des projets LIFE puis PIEESA, les acteurs mis autour de la table avec RTE sont le parc naturel régional, les communes, l'Office

46. Cf. par exemple la médiathèque-musée Agora du pays Rethélois, financée pour 825 000 euros par le PAP, pour un projet de 4,2 millions d'euros, surtout apportés par les communes et l'intercommunalité. Cela a entraîné une coopération technique entre services et une coordination entre intercommunalité et département.

47. Cette action s'est inscrite dans un programme européen démarré en 2011, entre la France (RTE) et la Belgique (Elia) pour développer des modes de gestion des tranchées forestières qui répondent à des fonctions socio-économiques locales (production de biomasse-énergie, par exemple ; actions cynégétiques), des fonctions écologiques (corridors et logique de trame verte) et une possible optimisation des coûts de gestion pour l'opérateur en faveur des acteurs locaux.

48. PIEESA, « Pour une infrastructure énergétique, écologique et sûre en Ardenne », qui est une déclinaison d'un programme national BELIVE, « Biodiversité sous les lignes pour la valorisation des emprises ». Cofinancé par l'Ademe.

national des forêts (ONF), les sociétés de chasse, des associations locales. Pour les actions avec l'association Symbiose, ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui se sont réunis, pour répondre aux enjeux de biodiversité qui leur étaient posés, en collaboration avec les élus locaux, les associations de chasse, des apiculteurs, des naturalistes. Un cadrage en amont, en 2013, a été réalisé, à partir d'un diagnostic écopaysager, visant notamment à préserver l'intégrité génétique des variétés présentes en fonction de leur aire géographique (qui correspond aux unités paysagères). Le même écologue, ayant réalisé le diagnostic et proposé aux agriculteurs trois types d'aménagements, assure le suivi des actions.

Les actions ici sont directement une transformation des pratiques de gestion des espaces forestiers ou agricoles, selon une logique d'amélioration de la biodiversité en recherche de synergie avec des pratiques socio-économiques locales (figures 7.3 et 7.4). Les effets paysagers sont aussi importants, concernant l'aspect des parcelles concernées, comme pour ce qui est des perceptions des acteurs locaux : les espaces sous les lignes, habituellement peu considérés, constituant des marges, se trouvent réappropriés (vergers participatifs, présence d'animaux comme les vaches scottish qui attirent des visiteurs, par exemple). Néanmoins, les réalisations restent modestes, tant en superficie qu'en degré d'innovation des modes de gestion. L'objectif est de 100 ha de tranchées forestières pour PIEESA sur tout le secteur du nord des Ardennes. Certains aménagements du LIFE ont consisté en des plantations de miscanthus, de vergers, ou des opérations classiques de fauche pour limiter les fougères. Pour Symbiose, 83 pieds de pylônes sont concernés : c'est modeste, mais un suivi écologique conduit par l'association a démontré, sur quatre taxons, les bénéfices écologiques des aménagements mis en place (suivis réalisés en 2018-2020 et 2022). Ces espaces constitués sont devenus des zones d'habitats ou de refuges (avifaune, petite faune et gibier) dans un contexte de grandes cultures, confirmant le rôle de corridor en pas japonais. Enfin, les enquêtes n'ont pas montré de conversion écologique forte des agriculteurs. Les actions sont d'ailleurs parfois déléguées à des tiers. Ils expriment cependant un intérêt cynégétique et paysager. Il n'y a donc pas de doute que ce sont de nouvelles façons de faire et de voir, qui se sont installées pour les acteurs locaux.



Figures 7.3 et 7.4. Actions dans les couloirs ou sous les pylônes des lignes à haute tension. À gauche : pâturage et sensibilisation dans les Ardennes. À droite : communication auprès des agriculteurs par l'association Symbiose en partenariat avec RTE

Source : RTE (<http://www.life-elia.eu>) et Symbiose (<http://www.symbiose-biodiversite.com/>)

► Les effets de ces dispositifs sur les recompositions territoriales et les enjeux associés

Un levier vers de nouvelles coordinations entre acteurs locaux et gestionnaires

Les dispositifs étudiés provoquent tous l'élargissement des partenariats et l'ouverture de nouvelles perspectives, de nouveaux regards réciproques. La convergence entre les différentes modalités d'action adoptées depuis plus de trente ans, pour les grands axes routiers comme pour les lignes à haute tension, témoigne d'un véritable besoin pour les maîtres d'ouvrage de s'engager dans une relation avec les territoires concernés, pour ne pas seulement les traverser. Les rapports de force entre les acteurs en jeu sont habituellement très déséquilibrés, et la mise en relation reste délicate dans les contextes toujours conflictuels ou du moins controversés de ces grands aménagements. Mais le 1 % comme le PAP, et de façon encore plus concrète les expériences de gestion coconstruite, créent ou ont permis de créer une forme de dialogue inédite entre le commanditaire des travaux (en général l'État, même si l'on a vu que son rôle au fil du temps avait beaucoup diminué entre les années 1990 et aujourd'hui⁴⁹), l'aménageur, l'entreprise chargée de la construction et les collectivités territoriales. À ce titre, on ne peut que s'étonner de la disparition progressive du 1 % paysage au niveau national, alors que la grande majorité des infrastructures et des réseaux sont amenés à évoluer, notamment dans leur relation aux territoires d'accueil, en lien avec les enjeux de transition écologique (Barles, 2017). Il conviendrait alors de réinventer une politique intégrée des dispositifs d'accompagnement des infrastructures linéaires et de gestion de leur emprise élargie.

La mise en place opérationnelle des actions soutenues par les dispositifs que nous avons étudiés implique aussi l'instauration d'espaces, au moins éphémères, de coordination interterritoriale, à des échelles institutionnelles inédites, qui peuvent exprimer une nouvelle géographie de projet. C'est lié à la fois au principe généralement retenu de ne fournir qu'un cofinancement, mais aussi au cahier des charges visant des projets « structurants ». La recherche de cofinancement est un exercice de mise en dialogue, mais aussi de montée en compétences sur les aspects techniques des projets. À ces deux conditions s'ajoute aussi le succès, parfois évoqué, de la thématique du paysage, car travailler sur le paysage, au sens de la Convention européenne du paysage, réunit les intérêts de divers ordres qui se jouent en général avec les acteurs les plus impliqués dans la gestion des espaces : habitants, élus, agriculteurs, forestiers, chasseurs. Dimensions culturelles et dimensions écologiques s'y trouvent toujours liées, et c'est une clé du succès de cette modalité de l'action.

Nous avons rencontré cela dans le témoignage de Christian Leyrit, à propos du 1 % « historique », mis en place pour l'A75 : « *Et on s'est aperçu d'ailleurs qu'il y avait une mobilisation extrêmement importante autour de ça [du livre blanc et de la réflexion croisée du paysage et du développement local]. Ça nous a beaucoup surpris. Mais des maires de toutes petites communes se sont beaucoup intéressés à l'affaire. Dans*

49. Ce n'est pas spécifique aux politiques du paysage : cf. Epstein, 2006.

le département de l'Aveyron, il y a même un syndicat mixte qui a été créé, associant le département à l'ensemble des communes concernées par le tracé⁵⁰. »

En parallèle, ou de façon complémentaire, les idées de multifonctionnalités des espaces sous les lignes électriques ou encore de participation de ces grandes infrastructures au développement local ou à une amélioration de la gestion écologique des forêts ou de l'agriculture progressent au fil du temps. On ne peut pas, à l'issue de nos enquêtes, énoncer que l'infrastructure s'est trouvée pensée comme moteur ou comme ressource par les acteurs locaux. La logique de « guichet » est dominante pour les collectivités territoriales. Mais les discours, les études de cadrage notamment, introduisent de nouvelles préoccupations, paysagères ou écologiques, dans l'action publique locale, *via* le partenariat des grandes entreprises. C'est déjà très innovant.

Des enjeux écologiques ou paysagers qui s'affirment, mais manquent de portage

L'origine comme l'âge d'or du 1 % semble très liée à la coordination par des services de l'État qui étaient encore très présents dans les territoires ruraux dans ces années 1990 et qui ne le sont plus ; et à la présence d'un livre blanc indiquant la stratégie, inscrivant l'infrastructure dans un projet de territoire. La force initiale était aussi impulsée par l'idée de mettre au centre des discussions le devenir des paysages, préoccupations qui peuvent réunir une grande diversité d'enjeux et d'acteurs. Dans les années 2000, comme on l'a vu pour l'A19, ce sont plutôt des « égoïsmes » communaux qui s'expriment, conduisant à des opérations moins coordonnées, et même à l'échec des actions transversales proposées dans la charte d'itinéraire. Ainsi, une forte proposition de cette charte, susceptible d'être structurante pour un territoire à l'échelle de l'autoroute, était la réhabilitation d'une voie romaine, pour créer un itinéraire de découverte de la région, susceptible aussi de requalifier les entrées de ville et les mobilités douces. Elle n'a été réalisée que très modestement (quelques plantations et trottoirs), sur deux communes seulement, sans la continuité indispensable. De même, pour le contournement ouest de Strasbourg, des propositions des paysagistes visaient à réinsérer l'infrastructure en relation avec des objectifs de planification des mobilités douces (relation à la planification urbaine). Mais elles n'ont pas été portées par absence d'une animation interterritoriale, qui s'avère un facteur majeur de blocage.

L'enquête témoigne finalement de la difficulté de l'État et des acteurs locaux à penser le passage du projet d'infrastructure au projet de grand paysage, par exemple à l'échelle de la couronne agricole périurbaine et plus globalement du système métropolitain pour le contournement ouest de Strasbourg ; ou à l'échelle des enjeux énergétiques pour le territoire ardennais où l'on constate l'absence d'une stratégie globale du territoire, même si c'était un critère pour le PAP et que l'opportunité du développement concomitant de l'éolien aurait pu être saisie pour cela (figure 7.5). Ainsi, les opérations liées aux enjeux énergétiques, soutenus par le PAP de la ligne à haute tension Lonny-Seuil-Vesle restent très ponctuelles et modestes (plateforme

50. Entretien du 28 février 2020.

bois énergie à Faissault ; chaudière à granulés pour une bibliothèque municipale), même si elles ont permis de réunir différents partenaires des collectivités territoriales et de monter un dossier de subventions européennes.



Figure 7.5. La ligne à haute tension Lonny-Seuil-Vesle au sein du parcellaire agricole et des parcs éoliens

Source : photo Benoît Dugua, 2020

Nos études de cas confirment que les dispositifs d'accompagnement étudiés contribuent à structurer une « fenêtre d'opportunités » territoriale (Ravinet, 2014), en mesure de favoriser à la fois la territorialisation de l'infrastructure et réciproquement une transformation de la dynamique territoriale (dispositifs de gouvernance, transformation du système de mobilité, etc.). Les dispositifs d'accompagnement ne suffisent pas seuls, mais constituent autant de leviers d'action (mutualisés entre acteurs publics et privés) susceptibles d'enclencher des effets d'opportunité. Cette perspective, qui était l'hypothèse de la « ligne créative », d'une ligne qui deviendrait une trace ressource de projet pour le territoire, est conditionnée par une approche transversale et intégrative des différents dispositifs dès la phase amont au cours de la conception du projet, et par une animation territoriale compétente pour suivre les actions. Or, l'enquête révèle que le jeu complexe de la recherche de cofinancement amène parfois, au contraire de ce qui est espéré, une importante fragmentation des actions menées, liées à une grande diversité de montages possibles. Ce constat est à mettre en rapport avec l'arrivée très tardive du dispositif dans le processus de conception et de réalisation, et avec l'institutionnalisation variable d'une animation autour des documents de cadrage.

►► Conclusion

Finalement, les dispositifs d'accompagnement que nous avons examinés, à partir du prisme du paysage, se présentent bien comme un outil de territorialisation des infrastructures, susceptible de faire converger des enjeux écologiques, économiques

et d'aménagement du territoire dans des projets locaux, mais coordonnés. Ils portent des objectifs et une construction multiacteurs qui en feraient une solution pour intégrer une gestion écologique dans un projet de territoire, élaboré de façon partenariale, des espaces sous influence de ces infrastructures. Mais sur le terrain comme dans les enquêtes auprès des acteurs des différents bords, ils sont apparus mal reconnus et mal appliqués. Les logiques de guichet — les maires les plus mobilisés profitant des aides pour des projets déjà engagés par ailleurs — ou de compensation — au sens socio-économique — créent aussi des problèmes de dispersion des actions, même si cela permet de répondre à une demande *bottom-up* en relation directe avec les besoins des populations locales.

Les dispositifs d'accompagnement territoriaux peuvent ainsi contribuer à l'émergence d'un chaînon intermédiaire entre projet d'infrastructure et projet de territoire. Un premier enjeu réside certainement dans l'élaboration au niveau national — en relation avec les opérateurs de réseaux — d'une politique intégrée des dispositifs d'accompagnement des infrastructures linéaires et de leur emprise élargie. Celle-ci fait pour le moment largement défaut. Elle permettrait pourtant une meilleure synergie entre le projet d'infrastructure, l'émergence des nécessaires scènes de négociations et de débats, la mise en place des dispositifs d'accompagnement (si le projet se concrétise) et, par ailleurs, la mise en œuvre concomitante des orientations et objectifs inclus dans les documents de planification aux différents échelons (PLUi, SCOT, SRADDET, PCAET, PAT, plan de paysage, etc.). Les marges d'innovation dans les modalités de pilotage des projets de création ou de transformation des infrastructures en relation avec leur territoire d'accueil demeurent particulièrement importantes. Dans une logique projectuelle d'opportunités et de synergies, les dispositifs d'accompagnement territoriaux semblent constituer un précieux levier d'articulation entre acteurs, temporalités, échelles d'actions et champs d'interventions.

Ces résultats rejoignent d'autres recherches sur les problématiques de gouvernance des nouveaux enjeux contemporains, socio-écologiques, qui pointent un *Missing Middle*, ou chaînon intermédiaire manquant. Ce concept est utilisé à propos de la reterritorialisation de l'agriculture, c'est-à-dire sa mise au service de politiques alimentaires locales, selon des objectifs de durabilité (Veldhuizen *et al.*, 2020), ou encore à propos de la densification urbaine et des modèles intermédiaires dans la construction immobilière (Chad, 2022). Il souligne que la transformation vers des systèmes plus durables nécessite la mise en place d'échelon (ou chaînon) faisant la relation entre producteurs et consommateurs, et, pour nous ici, entre opérateurs privés et élus, entre intérêt général et besoins locaux, entre fonctionnalités socio-écologiques des milieux et planification régionale des trames vertes. Pour ces grandes infrastructures, combler ce *Missing Middle* reste un défi. Il impliquera :

- une meilleure coordination en amont entre les acteurs publics et privés, aux différents échelons géographiques ;
- une plus grande culture territoriale des entreprises privées ;
- un portage et une animation des projets transversaux, partagés autour des enjeux écologiques et paysagers, par les collectivités territoriales, sur du moyen, voire du long terme.

» Bibliographie

- Alligand G., Hubert S., Legendre T., Millard F., Müller A., 2018. *Évaluation environnementale – Guide d'aide à la définition des mesures ERC*, Cerema Grand-Est, CGDD, service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, ministère de la Transition écologique et solidaire.
- Bandelj N., 2020. Relational work in the economy, *Annual Review of Sociology*, 46, 251-272.
- Barles S., 2017. Écologie territoriale et métabolisme urbain : quelques enjeux de la transition socio-écologique, *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 5, 819-836.
- Berque A., 1990. *Médiance, de milieux en paysage*, Montpellier, GIP Reclus, coll. Géographiques.
- Brédif H., Simon L., 2021. *Biodiversité et stratégie – Des équilibres dynamiques*, Quae.
- Chad F., 2022. Economic sustainability and 'missing middle housing': Associations between housing stock diversity and unemployment in Mid-Size U.S. Cities, *Sustainability*, 14(11), 6817.
- Epstein R., 2006. Gouverner à distance : Quand l'État se retire des territoires., *Revue Esprit*, 96-111.
- Folléa B., 2019. *L'archipel des métamorphoses. La transition par le paysage*, Marseille, Parenthèses, coll. La nécessité du paysage.
- Hopkins R., 2010. *Manuel de Transition. De la dépendance au pétrole à la résilience locale*, Montréal, éditions Écosociété.
- Ingold T., 2013. *Une brève histoire des lignes* [1^{re} éd. 2011], traduit de l'anglais par S. Renaut, Bruxelles, Zones sensibles, (titre original : 2007, *Lines. A Brief History*, Routledge).
- Joalland O., 2019. *Les mesures d'accompagnement comme facteurs d'insertion territoriale des infrastructures de transport d'électricité*, thèse de doctorat en Sciences économiques, université de Bordeaux.
- Laigle L., 2013. Pour une transition écologique à visée sociétale, *Mouvements*, 75(3), 135-142.
- Moquay P., Bonin S., Dugua B., Pedroli B., Pistoni R., Siadous Y., Toublanc M., 2022. *Lignes créatives – Le défi d'un projet créatif de paysage*, rapport de recherche Ittecop, 260 p.
- Offner J.-M., 1993. Les « effets structurants » du transport : mythe politique, mystification scientifique, *L'Espace géographique*, 3, 233-242.
- Ravinet P., 2014. Fenêtre d'opportunité, in Boussaguet L., Jacquot S., Ravinet P. (dir.), *Dictionnaire des politiques publiques*, 5^e édition, Presses de Sciences Po, p. 265-272.
- Toublanc M., Dugua B., Moquay P., Siadous Y., 2022. Le « 1 % paysage et développement », une opportunité relationnelle. L'exemple de l'autoroute A19, *Géographie, économie, société*, 24, 261-288.
- Thuaud B., 1994. Le 1 % paysage et développement, in Leyrit C., Lassus B. *Autoroute et Paysages*, les éditions du Demi-Cercle, p. 153-164.
- Veldhuizen L., Giller K., Oosterveer P., Brouwer I., Janssen S., van Zanten H., Slingerland M.A., 2020. The Missing Middle: Connected action on agriculture and nutrition across global, national and local levels to achieve Sustainable Development Goal 2, *Global Food Security*, 24-100336, Elsevier.

Partie II

L'hybridation des disciplines dans la prise en compte des infrastructures

► Introduction : du problème à la méthode

Éric Tabbacchi

La demande publique en approches inter ou multidisciplinaires de gestion environnementale fait écho à celle plus largement générée par les instances européennes ou mondiales, et en particulier à celle de la gestion des infrastructures de transport. Afin de répondre à ces attentes, les différentes disciplines scientifiques se heurtent parfois à des carences d'acculturation mutuelle, dont les freins peuvent être d'ordres conceptuels ou disciplinaires, mais également d'ordre logistique (effort consenti par les partenaires pour aller vers l'autre). Cette démarche de rapprochement n'est pas toujours nécessaire. Lorsqu'elle le devient, se pose alors la question d'une perception harmonisée de la problématique, de la coalescence éventuelle des concepts, de l'établissement d'hypothèses partagées et de la mise en œuvre de méthodes

d'analyse qui pourraient conduire à une synergie dans l'établissement des résultats et des conclusions. Par essence, le programme Ittecop s'est voulu dès sa création comme interdisciplinaire, associant les sciences humaines et sociales et les sciences de la nature et de l'ingénierie autour de questions de société. La prise en compte des changements globaux (changement climatique, érosion des habitats naturels et de leur biodiversité, accroissement démographique, etc.) dans les politiques publiques environnementales a largement sensibilisé les citoyens, les décideurs et les opérateurs de la gestion à envisager les grandes questions environnementales sous des approches hybrides (chapitre 3).

Dans cette démarche, l'hybridation peut également être engagée au niveau du partenariat. L'association, dans un même projet, d'équipes de recherche et d'opérateurs (politiques, techniques, scientifiques) ou d'usagers représente également une demande du programme Ittecop. D'une part, cette approche hybride contribue à coconstruire la problématique des projets, d'autre part elle facilite la réactivité des projets face à des freins possibles ou à des changements d'environnement politique ou réglementaire. En outre, ce type d'hybridation peut optimiser l'efficacité du projet (recueil de données, accès au site, identification du paysage d'acteurs). Une telle hybridation demande également une acculturation réciproque, mais finalement facilite l'identification de questions pertinentes.

Les projets Ittecop présentés dans ce chapitre partagent un socle commun. Ils s'insèrent dans un environnement en mutation au sein duquel la préservation des ressources peut entrer en conflit avec le développement des infrastructures de transport. Ils s'insèrent également dans un « paysage », notion hybride que certains perçoivent comme un réseau d'acteurs socio-économiques, d'autres comme un patrimoine à préserver, et d'autres encore comme un support de processus et de services environnementaux. Le concept de paysage reste central dans la thématique du programme de recherche. Les analyses réalisées dans ce cadre montrent à quel point une unification du concept de paysage reste nécessaire. Sans doute une raison de cette absence de complétude, bien au-delà de l'héritage des frontières disciplinaires, serait un dogme persistant selon lequel l'espèce humaine et ses activités se situent en vis-à-vis de la nature, et non en son sein. Même si, de plus en plus, la prise de conscience des effets des changements environnementaux globaux et locaux apporte des évidences de l'impact de nos activités sur les systèmes naturels, il reste difficile de faire accepter l'idée que notre espèce constitue un agent des écosystèmes, et d'autant plus que nos activités socio-économiques participent à leur fonctionnement écologique. Les barrières à cette vision écocentrée des écosystèmes sont probablement avant tout d'ordre idéologique et culturel. Concernant les paysages, la priorité donnée aux acteurs (homme ou autres espèces) est certainement primordiale. Ce paradoxe sert cependant la nécessité inexorable d'une hybridation, qui est encore amplifiée au sein d'Ittecop, dont les objets d'étude (infrastructures linéaires de transport, zones portuaires et aéroportuaires) supportent à la fois et de façon interactive des processus naturels et des processus socio-économiques.

Directement connexe à la notion de paysage, celle de biodiversité constitue également un des piliers d'Ittecop. Bien que généralement centré sur les espèces non humaines, ce concept est également polysémique. Par rapport à sa définition écologique, la biodiversité est généralement tronquée pour et par notre société. Le plus

souvent, elle adresse davantage des notions de ressource économique, de patrimonialité et de responsabilité qu'un constat factuel de la variété de la nature (dont la biodiversité ordinaire) ou, encore moins, qu'une reconnaissance d'un rôle effectif dans le fonctionnement des systèmes naturels (résilience et stabilité des écosystèmes). Notre espèce y apparaît comme le garant de sa préservation, et comme la principale menace qui pèse sur elle. Les infrastructures et les activités connexes témoignent de cette ambiguïté, autant perçues comme des freins à l'expression de la biodiversité que comme des opportunités pour sa préservation. À ce titre, le projet ATABLE (chapitre 8) embrasse pleinement ce paradoxe. Il s'intéresse aux modalités d'une éradication systémique du chancre du platane, afin de préserver un patrimoine historique (canaux et alignements d'arbres), ses usages (tourisme, commerce) et sa nature. Il intègre l'analyse d'une invasion par une espèce introduite (la cible du problème), mais élude l'hôte de la maladie cryptogamique, espèce plantée... et introduite. Dans le projet ESCAPE XXL (chapitre 9), les chercheurs focalisent sur une partie de la biodiversité (mammifères, notamment grands ongulés) susceptible d'engendrer des collisions avec les véhicules. À partir de modèles, le projet interroge les modalités de transparence paysagère des corridors autoroutiers, qui peuvent se comporter aussi bien comme des barrières que comme des conduits pour le déplacement de cette faune. Il interroge également la singularité des dépendances vertes et de leurs équipements par rapport au paysage avoisinant. L'effort de caractérisation de la biodiversité aux abords des infrastructures linéaires, dans leurs lisières, va plus loin dans le projet T'ILT (chapitre 10). Il vise à évaluer le potentiel que ces espaces pourraient créer si on les considérait pleinement comme des espaces publics. Une méthode interdisciplinaire y est exercée, qui comporte même une dimension transdisciplinaire en intégrant dans la méthodologie un recueil des vécus et attentes des habitants, par des parcours commentés organisés par les chercheurs. Une dernière approche part de façon assumée des méthodes des sciences économiques pour évaluer la demande sociale d'intégration écologique et paysagère d'infrastructures de transport en commun (chapitre 11).

Le questionnement facilite-t-il l'hybridation ? Si l'on part du principe que les infrastructures ont une double vocation (outil économique et lien social, support potentiel de services naturels et de biodiversité) qu'il convient de préserver au mieux, le questionnement et les objets d'étude deviennent nécessairement mixtes, tant dans leur thématique qu'au travers des acteurs qu'il interpelle. *A priori*, on ne peut comprendre comment fonctionne le système sans inclure dans l'approche des mécanismes liés à leur gouvernance, leurs cadres techniques et réglementaires, leur perception et les usages associés, les opportunités et les contraintes environnementales et paysagères.

Certaines questions peuvent s'avérer parfaitement adéquates à une approche hybride. Par exemple, les introductions d'espèces et les invasions biologiques sont liées aux activités humaines (translocations d'espèces à l'échelle planétaire ou continentale). En l'absence de coévolution avec les espèces résidentes, la plupart des déplacées ne s'adaptent pas à un nouvel environnement. Celles qui le font vont suivre les lois normales de l'écologie : colonisation, établissement, dispersion. Ce sont ces mêmes lois qui vont générer un potentiel comportement envahissant (« invasif » : prise de dominance, adaptation, hyperdispersion), et générer de potentiels problèmes environnementaux (dégradation de l'habitat, érosion de la

biodiversité). Dans ce contexte, la modification préalable des habitats par les activités humaines et l'existence de corridors vont grandement faciliter le processus. S'ajoutent à ces facilitateurs les composantes du changement global (croissance démographique, fragmentation des habitats, changement climatique). En réponse, les politiques sollicitent les acteurs scientifiques ou techniques pour répondre à un problème souvent mal identifié et exagéré. Souvent aussi, les mesures de gestion empiriques peuvent à leur tour faciliter le processus au lieu de le faire régresser. De toute évidence, ce champ d'investigation manque de coordination pour donner lieu à des méthodes de veille ou de gestion efficaces.

Quels outils génériques sont à disposition des chercheurs et des opérateurs de terrain pour faciliter l'hybridation ? Le premier outil semble être une incitation forte à l'acculturation mutuelle. Pour l'instant, cette incitation se concentre surtout sur les aspects programmatiques des énoncés des appels d'offres. Pendant longtemps, ce procédé a été généralement perçu comme une obligation pour les porteurs de projet et s'est souvent traduit par un affichage formel (mais pas toujours formalisé) de l'interdisciplinarité. Un des résultats flagrants dans l'histoire d'Ittecop est l'évolution d'un portage « sciences de la nature » vers un portage des sciences de l'homme et de la société. Cependant, alors que l'on observe un net progrès au cours du temps dans l'équilibre disciplinaire, la coconstruction des hypothèses, l'intégration dans un modèle unificateur et le partage de socles méthodologiques doivent encore évoluer. Également, le scientifique peut se sentir captif de cette commande. La démarche scientifique doit avant tout constituer une aide à la décision ou à l'action, et non une caution sociétale de qualité. Inversement, les partenaires citoyens peuvent se sentir méprisés par le monde scientifique, qui sous-évalue souvent le savoir « non expert ». La suppression de frontières invisibles, entre sciences « dures » et sciences « molles », entre monde académique et monde citoyen, ou entre acteurs de l'économie et ceux de la gestion environnementale reste donc un préalable. Le partage de connaissances, de techniques et de méthodes suppose une collaboration au sens littéral du terme. Chacun doit s'investir dans le monde de l'autre, et surpasser (avec modestie, cependant) la politesse du respect du territoire disciplinaire. Ceci suppose un effort à deux niveaux. D'une part, au niveau institutionnel, si des incitations existent bel et bien, elles restent souvent limitées à des échanges formels où les logiciels de l'interdisciplinarité, et donc la mise en pratique, restent flous. D'autre part, au niveau individuel, la plus-value d'un investissement intellectuel, technique et physique n'est pas si évidente. Pourtant, ceux qui font cet effort ressortent confortés par l'intérêt de la démarche. Toutes les tentatives récentes d'harmonisation des approches et méthodes « nature » et « société » (modèles multiagents, par exemple), l'accroissement des échanges d'information (données d'analyse, sensibilisation et éducation), ainsi que l'émergence des sciences citoyennes et associatives contribuent à lisser peu à peu ces obstacles.

Chronique d'une mutation paysagère majeure : le cas des alignements d'arbres le long des canaux de navigation du sud de la France

Guy Lemperiere, Damien Marage, Nicolas Robinet,
Yves Petit-Berghem, Julia Cohendy, Zoé Raimbault

» Introduction

En Europe, les infrastructures fluviales sont l'objet d'une attention toute particulière des pouvoirs publics. Alors que le transport par voies navigables intérieures est traditionnellement reconnu comme un mode de transport rentable, sûr et, dans une large mesure, respectueux de l'environnement, le développement durable du secteur de la navigation intérieure pourrait être renforcé pour répondre aux objectifs européens du Green Deal en matière de transfert modal et de réduction des émissions de polluants et de gaz à effet de serre. La stratégie de mobilité durable et intelligente de l'Union européenne, adoptée le 9 décembre 2020, indiquait que le transport par voies navigables intérieures et le transport maritime à courte distance devraient augmenter de 25 % d'ici 2030 et de 50 % d'ici 2050 (Commission européenne, 2021). Plus de 75 % de la navigation intérieure dans l'UE consiste aujourd'hui en du transport transfrontalier, les actions coordonnées de l'UE dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et des transports sont donc nécessaires pour mieux prendre en compte et renforcer le rôle des infrastructures fluviales.

Parmi ces rôles, l'importance accordée aux alignements d'arbres le long des canaux de navigation, notamment ceux de platanes communs (*Platanus × acerifolia*), dans les aménités environnementales, est primordiale, et le canal du Midi en est un exemple archétypal.

En 1772, les essences plantées le long de ce canal étaient des mûriers, des saules, des peupliers, des ormes, des chênes, des frênes, des oliviers, des aulnes et des arbres fruitiers. En 1858, la gestion du canal du Midi fut confiée à la Compagnie des chemins de fer du Midi. Dans le cadre de vastes programmes de replantation, les plantations de platanes s'imposèrent et se généralisèrent : par leur dimension ornementale, nécessitant peu d'entretien, par leur enracinement très développé assurant une excellente tenue des berges et par leur feuillage imposant permettant une navigation plus agréable le long des canaux tout en limitant l'évaporation. À cette époque, 60 % du linéaire du canal étaient bordés d'alignements d'arbres, dont 85 % étaient des alignements homogènes (Voies navigables de France [VNF], 2016b), c'est-à-dire plantés d'une seule espèce, d'individus du même âge, de même dimension et d'architecture semblable. Parmi les alignements homogènes, les platanes représentaient 82 % des sujets, au total 42 000 arbres (Chatillon, 2012), faisant de l'alignement homogène de platanes un marqueur fort de l'esthétique paysagère du canal du Midi et un habitat propice à de nombreuses espèces animales et végétales (Holyst C. et Mundler C., 1997 ; Zapponi *et al.*, 2017). Ces alignements deviendront ensuite monumentaux et seront qualifiés de patrimoniaux. En 1996, le canal du Midi sera ainsi inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco.

Or, les platanes sont victimes, depuis une soixantaine d'années, de la maladie dite du chancre coloré, provoquée par le champignon pathogène *Ceratocystis platani* qui affecte la plupart des espèces de platanes, dont le platane commun ou *London plane*, *Platanus × acerifolia*, le plus fréquent en Europe occidentale, le platane oriental *Platanus orientalis*, mais aussi dans une moindre mesure le platane occidental ou américain *Platanus occidentalis* (Anon, 2021). En Grèce, des platanes orientaux sont aussi affectés par le chancre coloré depuis 2011, dans des milieux forestiers naturels, dont les ripisylves de la péninsule hellénique (Tsopelas *et al.*, 2017).

La biologie de l'agent pathogène, sa symptomatologie et son épidémiologie ont fait l'objet d'une abondante littérature scientifique depuis sa détection en Europe dans les années 1970. Depuis son introduction en France en 1945 et surtout en 1974, ce champignon s'est surtout propagé dans la région méditerranéenne. Ce bioagresseur a aussi eu un impact dans les espaces urbains, puisque des avenues monumentales bordées de platanes parfois centenaires ont été contaminées, comme en Provence depuis 1946 (Ferrari et Pichenot, 1976) ou en Italie dans les années 1970 (Panconesi, 1981).

Aussi, à travers le programme Ittecop, nous nous demandons quelle contribution une approche spatialisée de la dispersion de la maladie faisant appel aux concepts de l'écologie du paysage peut apporter à la caractérisation de la tension entre un attachement patrimonial au paysage vécu et visible et des stratégies de reconfiguration paysagère basées sur l'anticipation face à ce bioagresseur qu'est le chancre coloré du platane dans le sud de la France ?

Après avoir rappelé la biologie et la répartition géographique de ce bioagresseur, nous discuterons des stratégies de lutte développées ainsi que de leurs limites face à la progression de la maladie, puis nous mettrons en perspective, en privilégiant une entrée par le paysage, la manière dont les projets de ces infrastructures fluviales confrontés à de forts enjeux socio-écologiques peuvent être repensés. Cela nous conduira à nous interroger sur les modalités d'une gouvernance territoriale et paysagère partagée et sur la nécessité de développer des outils prospectifs afin d'anticiper les évolutions liées à la diffusion de l'agent pathogène.

» À l'origine, un bioagresseur

La maladie dite du « chancre coloré du platane » est provoquée par un champignon pathogène ascomycète de l'ordre des Microascales, *Ceratocystis platani*. Connue sous le nom de *Ceratocystis fimbriata* Walter (Ferrari et Pichenot, 1976), l'agent pathogène a été reclassifié en espèce en 2005 sous le nom de *Ceratocystis platani* (EFSA Panel on Plant Health, 2014). Historiquement, cette maladie a été décrite pour la première fois en 1929 aux États-Unis. Walter (1946) estime son apparition vers 1926 dans la ville de Gloucester (Ferrari et Pichenot, 1976). Le chancre coloré arrive en Europe lors de la Seconde Guerre mondiale, plus précisément, en 1944, à partir de matériel de guerre importé des États-Unis vers Marseille. Selon l'hypothèse la plus commune, l'agent pathogène *Ceratocystis platani* était présent dans des caisses fabriquées en bois de platanes porteurs du parasite. Les Bouches-du-Rhône ont ainsi été touchées en 1946, puis l'épidémie s'est étendue au sud-est pour s'étendre au sud-ouest de la France (VNF, 2016a). C'est en 2006 que le chancre est découvert sur le canal du Midi dans les départements de l'Aude et de l'Hérault (figure 8.1).

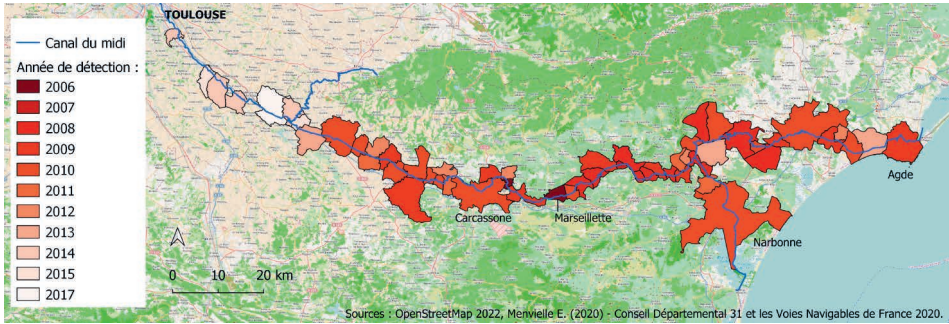


Figure 8.1. Évolution de la propagation du chancre coloré de 2005 à 2018 le long du canal du Midi

Source : N. Robinet d'après Menvielle, 2020

Des travaux récents ont permis de préciser la nature de certains composés qui inhibent le développement de processus de défense et de cicatrisation de la plante-hôte (Ake *et al.*, 1992 ; Carresi *et al.*, 2006). Une détection rapide et fiable de l'agent pathogène à des stades précoces de l'infection de la plante-hôte a également été mise au point (Lau et Botella, 2017 ; Lumia *et al.*, 2018 ; Aglietti *et al.*, 2019).

Des travaux sur la variabilité génétique de *C. platani* à partir des souches américaines et européennes ont mis en évidence une grande hétérogénéité génétique des souches américaines à l'inverse des souches européennes (Granata *et al.*, 1992 ; Santini et Capretti, 2000 ; Engelbrecht *et al.*, 2004), ce qui suggérerait qu'un seul génotype ait été introduit en Europe depuis les États-Unis, certains auteurs parlant de « clones » (Santini et Capretti, 2000).

Le nom de la maladie est dû aux lésions bleues, noires ou violettes qu'elle cause au niveau de l'écorce des troncs et des branches (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Anses], 2019). Ce champignon pathogène pénètre à la faveur de blessures au niveau de l'épiderme du platane et

colonise très rapidement les tissus (Anses, 2019 ; Cohendy et Raimbault, 2022). La mort du platane intervient en moyenne entre deux et cinq ans après sa contamination (VNF, 2016a). Après la mort de l'arbre infecté, la sciure de bois fraîche présente des risques de transmission. De même, des causes abiotiques ou des vecteurs passifs comme le vent (Panconesi, 1999) et l'eau (Vigouroux, 1979 ; Grosclaude *et al.*, 1991) permettent également la dissémination de l'agent pathogène. Les contacts et les anastomoses racinaires sont également impliqués (Mutto Accordi, 1986 ; Panconesi, 1999 ; Ocasio-Morales *et al.*, 2007). Dans les zones urbaines contaminées, les activités humaines, et plus particulièrement l'élagage, constituent la principale cause de propagation de l'agent pathogène. Des insectes foreurs ou piqueurs-suceurs, comme *Platypus cylindrus* associé à *C. platani* qui peut faciliter la dissémination des spores (Panconesi 1973, Harrington, 2013, Ploetz *et al.*, 2013 ; Soulioti *et al.*, 2015) ou le tigre du platane *Corythucha ciliata* (D'Aguilar *et al.*, 1977) pourrait être des vecteurs actifs attirés par les substances allélochimiques que le champignon produit (Ferrari et Pichenot, 1974 ; Panconesi, 1999 ; Santini et Capretti, 2000 *op. cit.* ; Johnson *et al.*, 2005 ; Soulioti *et al.*, 2015).

► Les moyens de lutte face à la propagation de la maladie

Depuis la détection de la maladie en Europe, soit environ une cinquantaine d'années, des moyens de lutte aussi divers que variés ont été envisagés. Les méthodes préventives dites de prophylaxie ont été appliquées dès le début des années 1980 et ont permis de contenir et de ralentir la dispersion de l'agent pathogène (El Modafar *et al.*, 1993) avec une efficacité toute relative. Le contrôle des opérations d'élagage dans les zones infectées (Panconesi, 1999), « l'éradication » des sujets contaminés (Panconesi, 1981 ; Ake *et al.*, 1992) et des arbres sains dans des périmètres d'exclusion (Panconesi, 1999), ainsi que l'élimination et la destruction des déchets végétaux issus des coupes y compris les systèmes racinaires (Mutto Accordi, 1986 ; Panconesi, 1999 ; Maire et Vigouroux, 2004) ne permettent pas l'élimination totale de l'agent pathogène qui peut être présent dans le sol jusqu'à cinq ans après les coupes, d'où la nécessité d'éviter de replanter des platanes dans les zones où *C. platani* est potentiellement présent.

Les traitements curatifs chimiques à base de fongicides ont donné des résultats décevants face à l'agent pathogène dont la progression n'a, là non plus, pu être freinée (Ferrari et Pichenot, 1976 ; Panconesi, 1999). Des essais de lutte biologique avec des bactéries du genre *Bacillus* ou des champignons du genre *Trichoderma sp.* ont également donné des résultats peu encourageants dès lors que l'on passait du laboratoire aux essais *in vivo* (Turchetti et Panconesi, 1982). De plus, des études sur des souches de champignons antagonistes comme *Gonatobotryum fuscum* et *Hirschioporus pargamensis* connus pour parasiter *C. platani* (Panconesi, 1999) n'ont pas été poursuivies.

L'amélioration génétique, pour prometteuse qu'elle semblât paraître, a elle aussi montré ses limites. Dans la recherche de plants de platanes résistants à l'agent pathogène, il s'agissait plus précisément d'un nouveau croisement effectué par l'Inra (Institut national de la recherche agronomique) entre le platane occidental, relativement résistant au chancre, mais peu acclimatable aux conditions climatiques européennes, et le platane oriental, afin de créer une nouvelle variété résistante en s'appuyant sur

la résistance de certains individus de *P. occidentalis* vis-à-vis du chancre coloré et en manipulant la pression de sélection de l'agent pathogène sur *P. × acerifolia* (Ake *et al.*, 1992 ; El Modafar *et al.*, 1993 ; Panconesi *et al.*, 2003). Une expérimentation a été menée dans les années 1990 et au début des années 2000, cherchant à croiser ces deux variétés de façon à conserver la résistance génétique au chancre coloré du platane américain, tout en maximisant la résistance aux autres maladies, comme l'anthraxose, et en gardant un minimum de diversité génétique. Cette nouvelle variété, appelée « Platanor Vallis Clausa® » (Vigouroux, 2006) (abrégée « Platanor »), a été plantée sur les berges de deux biefs du canal du Midi après les premiers abattages, en 2011. Cependant, l'utilisation de cette variété de platanes a fait l'objet d'une évaluation sanitaire par l'Anses (2019) et les experts ont conclu que cette variété finit par mourir lorsqu'elle est plantée sur un sol contaminé. Du point de vue réglementaire, la méfiance est de mise, puisque l'arrêté ministériel du 22 décembre 2015 prescrit l'impossibilité de planter des Platanors en zone infectée, et l'obligation d'abattage des Platanors présents en zone infectée (Plante & Cité, 2018). L'Anses a recommandé d'effectuer de nouvelles études épidémiologiques et de poursuivre le suivi des Platanors déjà implantés, avant de qualifier la tentative d'échec. Cependant, ce suivi plus poussé semble difficile, puisque le choix de ne pas abattre les Platanors atteints pourrait augmenter l'intensité de l'épidémie (Anses, 2019).

► Vers une logique de reconfiguration paysagère, entre diversité et continuité

Dans le cas du canal du Midi, les solutions d'urgence élaborées par le gestionnaire, les acteurs locaux et la sphère scientifique pour endiguer l'épidémie faisaient toutes face à des impasses. L'échec des tentatives d'injections de fongicides pour traiter la maladie témoigne de l'absence de solutions curatives à cette épidémie. Les seuls instruments de gestion *a posteriori* reposent donc sur les abattages massifs, responsables de ruptures paysagères brutales. L'enjeu principal est donc de jouer sur l'anticipation, la prévention, en agissant *a priori*. La prévention repose essentiellement sur des mesures de prophylaxie, qui s'avèrent insuffisantes pour endiguer l'épidémie. Les limites de la politique de sélection génétique soulignent la nécessité d'aller encore plus loin dans le régime de l'anticipation, par une reconception des paysages concernés. Celle-ci doit intégrer la diversité écologique des milieux et en même temps garantir la qualité paysagère des lieux, les canaux étant aussi vus comme des infrastructures contribuant à la structuration et à l'aménagement du territoire et du paysage. C'est notamment en créant de l'hétérogénéité paysagère, en s'appuyant sur la diversité des plantations, qu'il est possible de limiter la vulnérabilité des paysages à ce type d'épidémie. Face à des mécanismes de rupture paysagère rapide, le principal enjeu est d'encourager des évolutions lentes du paysage, pour favoriser l'acceptabilité sociale de ces changements. Pour autant, cette transition douce ne doit pas non plus s'ancrer dans une dynamique de continuité, puisqu'il s'agit d'effectuer une reconfiguration paysagère et non pas seulement des changements ponctuels, à la marge. Aujourd'hui, les ruptures paysagères sont déjà d'actualité sur le canal du Midi, il est trop tard pour anticiper. Cependant, les réflexions paysagères en cours

sur ce canal peuvent être éclairantes vis-à-vis des enjeux d'anticipation sur d'autres canaux, notamment le canal latéral à la Garonne, car le chancre a déjà été repéré à Toulouse, porte d'entrée de ce canal où des analyses spatiales sont en cours de réalisation dans le projet Ittecop.

Depuis le début de l'épidémie de chancre coloré sur le canal du Midi, VNF a travaillé sur la reconfiguration paysagère des berges concernées par l'abattage des platanes. Un cahier de référence paysagère a été validé par le ministère en 2012, puis la liste définitive des essences végétales sélectionnées a été mise au point en 2015. Les campagnes de replantations sont en cours, puisque 5 600 arbres ont déjà été plantés entre 2011 et 2017 (VNF, 2017). Cette stratégie de reconfiguration paysagère tente d'arbitrer entre la nécessité de lutter contre le risque épidémique et la volonté de conserver le caractère unitaire du canal (VNF, 2016b). Cependant, cette reconfiguration paysagère, si elle cherche à limiter le risque d'épidémie par la diversité arborée, s'inscrit dans une forme de continuité avec les choix paysagers précédents effectués sur le canal du Midi. En effet, VNF insiste sur l'importance de sauvegarder le caractère unitaire du canal. Un des principes clés du cahier de référence paysagère consiste effectivement à garantir une monospécificité sur chaque bief, en créant une séquence homogène sur un ensemble de biefs. Par conséquent, si une maladie se déclare sur l'une des espèces replantées, des portions assez longues du canal pourront être touchées puisqu'il existera peu d'anticorridors écologiques⁵¹. Il s'agit donc, au motif de privilégier la transparence du paysage, de supprimer toute la végétation arbustive, qui renforce pourtant la diversité spécifique et contribue au maintien des berges. Enfin, les critères de choix des essences s'inscrivent dans une continuité avec les caractéristiques paysagères des alignements de platanes : il s'agit effectivement de privilégier des sujets de grande taille, des fûts droits, plantés serrés pour présenter un effet de colonnade, qui présentent un houppier large pour former une voûte et apporter de l'ombrage. Ces différentes caractéristiques doivent permettre aux berges du canal de présenter un caractère de monumentalité et de majesté, afin de garantir leur intérêt patrimonial (VNF, 2016b).

Nous proposons que cette requalification paysagère s'inscrive dans le cadre conceptuel de la gouvernance des réservoirs de ressources communes développés par Elinor Ostrom (2010).

Les personnes et les organisations impliquées dans des dilemmes de gestion d'une ressource commune, comme le sont ces canaux de navigation, sont bien évidemment touchées par un ensemble plus large de paramètres contextuels, liés aux attributs du socio-écosystème (SES) dans lesquelles elles agissent.

La figure 8.2 représente schématiquement une situation où un bioagresseur, ici le chancre coloré, vient interagir avec d'autres êtres vivants non humains (les platanes), les humains et leurs activités. Ces interactions ont des conséquences sur le territoire et son paysage. À leur tour, des mécanismes de rétroactions agissent positivement ou négativement sur le bioagresseur, les platanes, les utilisateurs et usagers de cet

51. Les effets anticorridors reposent sur des aménagements paysagers optimisant la diversité écologique des milieux. Ils permettent, par des changements graduels de la composition des motifs arborés, d'éviter les abattages massifs qui ont des conséquences sur l'esthétique des paysages, mais aussi sur les services écosystémiques, notamment la stabilité des berges (Lemperiere *et al.*, 2023).

espace linéaire et sa gouvernance. Ostrom et ses collaborateurs ont identifié un ensemble de variables ayant un impact sur la probabilité que les utilisateurs s'organisent et interagissent dans le but de résoudre un dilemme à propos du réservoir de ressources communes (Ostrom, 2007). Parmi celles-ci figurent la connaissance de la dynamique spatio-temporelle des ressources, leur prévisibilité, l'existence de règles de décision choisies par le collectif, la possibilité que le collectif a d'en changer, l'existence d'un esprit de leadership ou d'entrepreneuriat.

Lors du processus de requalification paysagère, les tensions sur le territoire sont l'expression de la résistance au changement des acteurs, démultipliée par l'intensité des interactions entre acteurs. Le plus souvent, deux catégories de tensions émergent : (i) entre acteurs (État, élus, organisations socioprofessionnelles), (ii) et entre les règles de gestion de ces réservoirs de ressources communes selon les termes de Ostrom et Cox (2010).

À condition de concevoir le territoire comme un lieu démocratique entre les institutions et les citoyens, en confiant la gouvernance territoriale et paysagère à un tiers, désigné à la fois par le politique, l'économique et le social, le niveau de tensions et les conflits doivent chuter, et la requalification paysagère de ces réservoirs de ressources communes doit s'améliorer. Créer un climat de confiance des uns envers les autres et développer des règles de gestion adaptées et circonstanciées vis-à-vis du cadre territorial sont d'une importance capitale pour la résolution de ce type de dilemme social. Une des clés de ce développement est banalement d'apprendre à se connaître : connaître l'histoire des autres utilisateurs, participants et usagers. Ostrom (2010) a démontré que lorsque la ressource (dans notre cas, les platanes) était encore en bon état de santé, les usagers dépendant directement de cette ressource investissaient dans le développement de la confiance afin de contrôler, de différentes manières, les autres usagers : un résultat surprenant, non ?

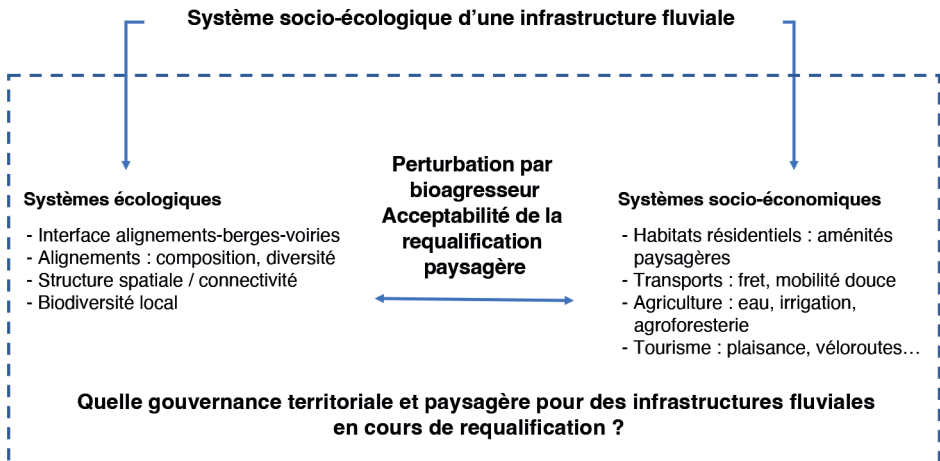


Figure 8.2. Le système socio-écologique d'une infrastructure fluviale : acceptabilité, gouvernance et géoprospective d'une reconfiguration paysagère générée par un bioagresseur
Source : D. Marage

Ces questions de gouvernance amènent naturellement à se poser la question de l'avenir de ces paysages complexes et donc de la nécessité de développer des outils prospectifs afin de mieux comprendre comment la maladie se développe à l'échelle du paysage. Une analyse spatiale de la diffusion de l'agent pathogène s'impose comme une nécessité : c'est ce qui nous permettra d'imaginer des paysages résilients, en faisant au mieux pour anticiper les évolutions liées au dérèglement climatique.

► Analyser la diffusion du chancre à l'échelle du paysage : vers une démarche prospective

Un des principaux enjeux de la gestion de la maladie consiste à combiner l'abattage des arbres malades avec la préservation de la valeur patrimoniale des canaux, afin de répondre aux volontés des scientifiques comme des riverains. La variété *Platanor Vallis Clausa*® devait être replantée à l'emplacement des arbres abattus et constituait un grand espoir pour sauvegarder la dimension patrimoniale des berges tout en luttant contre l'épidémie. Cet engouement a pu expliquer les hauts moyens financiers alloués à la recherche génétique, présentée comme la solution idoine, au détriment d'autres pistes, comme les techniques de spatialisation (Lempriere *et al.*, 2023).

Si aujourd'hui l'épidémie de chancre coloré et ses conséquences sur la qualité des paysages d'infrastructures fluviales paraissent inédites, rappelons que l'épidémie de la graphiose de l'orme, qui a causé le déclin des populations d'ormes en Europe entre les années 1920 et la fin du xx^e siècle, présente nombre de similitudes avec notre cas d'étude. Il peut être intéressant de faire un bref détour pour rappeler les méthodes de gestion qui avaient été mises en place à l'époque et qui pourraient éclairer d'un œil nouveau les enjeux qui se posent pour la prévention du chancre coloré des canaux du sud de l'Europe. Cette maladie, issue du champignon pathogène *Ophiostoma ulmi*, a été découverte à la fin des années 1910 aux Pays-Bas, mais provient vraisemblablement d'Asie. Si la première souche était relativement peu agressive, une deuxième souche beaucoup plus agressive a fait d'énormes dégâts en Europe dans les années 1970 puis 1990. La faible diversité génétique de l'orme a favorisé la progression de la maladie. Contrairement au chancre coloré, c'est essentiellement un coléoptère vecteur qui a participé à la diffusion de l'épidémie (Menvielle, 2020). Entre le début des années 1970 et les années 1990, des chercheurs britanniques ont mené des enquêtes pour estimer la proportion d'ormes contaminés sur le territoire, en développant des systèmes d'information et en cartographiant la distribution des arbres contaminés. Ce travail de spatialisation fut d'abord mené par J.N. Gibbs et R.S. Howell au début des années 1970 (Gibbs et Howell, 1971 ; Gibbs et Howell, 1973), puis D.A. Burdekin reprit leur méthodologie en 1983 (Burdekin, 1983). Cette cartographie fut ensuite mobilisée pour tenter de contrôler la maladie. Dans le cas du chancre coloré, ce travail de spatialisation que nous entreprenons pourrait permettre de mieux comprendre la dynamique de dispersion de l'agent pathogène, en couplant des outils d'écologie du paysage et ceux de la *Landscape genetics* (Savary *et al.*, 2021), ce qui conduirait à une prévention plus efficace sur les zones non encore atteintes. C'est la thèse défendue par plusieurs chercheurs français, qui avaient déjà entamé un travail de spatialisation de l'épidémie à ses

débuts dans le Vaucluse, dans les années 1980 (Lemperiere et Petit-Berghem, 2016) à partir des travaux de J. Gibbs, et resté sans suite. Aujourd'hui, les concepts et les outils d'écologie du paysage, d'écologie moléculaire (utilisation du *barcoding* pour la détection précoce de l'agent pathogène dans l'hôte) et les outils de la géomatique peuvent être mobilisés. La notion de connectivité peut permettre d'évaluer la façon dont les structures paysagères influent sur la propagation de la maladie. En disposant d'une connaissance fine de la répartition spatiale de l'agent pathogène, de sa capacité à se développer sur les hôtes et à se disperser, et des structures paysagères présentes, il est possible de modéliser l'influence des variables de connectivité écologique sur les dynamiques de diffusion de l'agent pathogène. À partir de cette évaluation, il serait ainsi plus facile d'élaborer des outils de gestion à l'échelle paysagère, en tenant compte des enjeux de connectivité du paysage (Lemperiere *et al.*, 2023).

Plus précisément, dans le cas des paysages infectés, la théorie des graphes permet de caractériser la connectivité et de mesurer comment les structures du paysage facilitent ou entravent la propagation de la maladie (Foltête *et al.*, 2020). Cette théorie utilise la proportion et le niveau d'agrégation de l'hôte-arbre, la capacité de l'agent pathogène à se développer sur chaque hôte et à se disperser, à la manière des travaux réalisés pour la diffusion de l'échinococcose alvéolaire dans l'arc jurassien (Foltête *et al.*, 2016). En tenant compte explicitement des caractéristiques du paysage, ce cadre peut être utilisé pour guider une analyse plus approfondie des données ou pour évaluer l'efficacité des stratégies de contrôle conçues à l'échelle du paysage.

Si l'étude de la connectivité permet de mieux prendre en compte l'influence de la structure paysagère sur la diffusion de la maladie, la mise en lumière de la solution Platanor évoquée précédemment nous amène à nous interroger du point de vue de la reconfiguration paysagère. Replanter des arbres, quels qu'ils soient, prend du temps : retrouver un paysage identique à celui apprécié par les riverains avant l'épidémie risque de mettre plusieurs générations. Entre-temps, les transformations paysagères majeures impliquées par les abattages auront un impact fort sur la perception des usagers (figures 8.3 et 8.4). Présenter le Platanor comme solution miracle dans le but d'apaiser les conflits nous semble donc difficile, d'autant plus qu'il faudrait justifier ces abattages massifs dans le contexte de préservation de la biodiversité et du respect de la législation au titre des alignements d'arbres (art. L. 350-3 du Code de l'Environnement).



Figures 8.3 et 8.4. À gauche : les berges du canal après abattage (© VNF) ; à droite : les berges « post-chancré coloré » de l'écluse de Castanet vers Ramonville-Saint-Agne (© Jean-Christophe Dhainaut, direction Jardins et Espaces verts, mairie de Toulouse)

► Conclusion : un dialogue nécessaire entre humains et non-humains

En Europe, les canaux méditerranéens constituent des infrastructures majeures plurifonctionnelles associées à de nombreux usages. Si la plupart des canaux sont navigables et permettent des échanges, ils n'en constituent pas moins des infrastructures écologiques associées à des pratiques sociales et récréatives (mobilités douces, aménités paysagères). Ces infrastructures s'inscrivent aussi dans des territoires marqués par une longue tradition rurale où l'arbre prend une place importante. Les alignements de platanes du canal du Midi participent à cet héritage culturel au même titre que certaines pratiques agricoles caractérisant les canaux de Castille ou ceux de Lombardie. En considérant que le chancre coloré est une maladie incurable qui affecte les platanes et provoque leur dépérissement, une vigilance s'impose quant à la diffusion spatiale d'un agent pathogène qui pourrait transformer considérablement les paysages. C'est d'autant plus important dans le contexte du changement climatique : les agents pathogènes ayant un potentiel évolutif de dommages importants doivent être identifiés et spatialisés pour estimer l'ampleur de la menace et se préparer aux conditions changeantes.

Des actions ont déjà été engagées sur le canal du Midi, la reconfiguration paysagère apporte une nouvelle plus-value environnementale au canal et participe à l'amélioration du cadre de vie. Ailleurs, il importe d'anticiper en analysant à l'échelle du paysage la venue et la progression de l'agent pathogène. Quand la maladie ne s'est pas encore développée, des actions préventives peuvent consister à utiliser des essences multiples, favorisant l'hétérogénéité dans les strates de végétation, en matière de taille et d'architecture, notamment par l'introduction d'arbustes, d'une strate herbacée, par une alternance entre des zones d'ombre et de lumière. Pour aller plus loin, les gestionnaires pourraient s'inspirer de la biodiversité des ripisylves naturelles : leur richesse spécifique est un véritable atout face aux maladies épidémiques et leur a notamment permis d'encaisser les pertes dues à la graphiose de l'orme. Ces « milieux sanctuaires » (Holyst et Mundler, 1997, p. 32) présentent effectivement un rôle important dans le maintien de la dynamique des systèmes écologiques. Cependant, ces perspectives paysagères qui reposent sur la biodiversité devront nécessairement être intégrées dans un projet de paysage en y associant les acteurs des territoires, en particulier les usagers attachés à la valeur paysagère de ces canaux. Toute la difficulté sera de remettre en perspective ces paysages dans la durée en instaurant un véritable dialogue entre humains et non-humains.

Cette chronique que nous venons de développer et qui constitue le cœur de notre projet incubateur Ittecop sera notre base de réflexion et de travail dans la perspective de dépôt d'un projet INTERREG (coopération territoriale européenne) qui permettra de mettre en pratique à l'échelle européenne certaines des voies de recherche décrites plus haut.

» Bibliographie

- Aglietti C., Luchi N., Pepori A.L., Bartolin P., Pecori F., Ralo A., Capretti P., Santini A., 2019. Real-time loop-mediated isothermal amplification: an early-warning tool for quarantine plant pathogen detection. *AMB Express*, 9, 1-14.
- Ake S., Darbon H., Grillet L., Lambert C., 1992. Fimbriatan, a protein from *Ceratocystis fimbriata*. *Phytochemistry*, 4, 1199-1202.
- Anon P., 2021. Why canker stain could end plane trees' amenity benefits: Local authorities could find it too expensive to manage plane trees in the event of this aggressive fungal disease reaching the UK, Sally Drury warns, *Horticulture Week*, Teddington (Oct 6, 2021), 37-37, <https://www.proquest.com/docview/2579349516>.
- Anses Rapport d'expertise collective, 2019. Résistance de la variété Platanor contre *Ceratocystis platani* : évaluation des résultats d'expérimentation de contournement. Agence nationale de sécurité sanitaire et de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Saisine « n° 2018-SA-0069 – Platanor », 62 p.
- Burdekin D.A., 1983. Research on dutch elm disease in Europe, *Forestry Commission Bulletin*, 60, 126 p.
- Carresi L., Pantera B., Zoppi C., Cappugi G., Oliveira A.L., Pertinhez T.A., Spisni A., Scala A., Pazzagli L., 2006. Cerato-platanin, a phytotoxic protein from *Ceratocystis fimbriata*: Expression in *Pichia pastoris*, purification and characterization, *Protein Expression and Purification*, 49, 159-167.
- Chatillon A., 2012. *Une ambition légitime pour le canal du Midi et le canal des Deux Mers*, rapport de mission, Sénat, février 2012, 133 p.
- Cohendy J., Raimbault Z., 2022. *La gestion du chancre coloré sur les alignements de platanes en bordure de canaux, au regard des enjeux patrimoniaux et paysagers*, rapport bibliographique, Agro-ParisTech, 38 p. + annexes.
- Commission européenne, 2021. *NALADES III: Boosting future-proof European inland waterway transport*, Com (2021), 324 final, 18 p.
- D'Aguilar J., Pralavorio R., Rabasse J., Mouton R., 1977. Introduction en France du tigre du platane : *Corythucha ciliata* (Say), *Bulletin de la Société entomologique de France*, 82, 2-6.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014. Scientific opinion on the pest categorisation of *Ceratocystis platani* (Walter) Engelbrecht et Harrington, *EFSA Journal*, 12, 10, 3858.
- El Modafar C., Clériveret A., Fleuriot A., Macheix J.-J., 1993. Inoculation of *Platanus acerifolia* with *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani* induces scopoletin and umbelliferone accumulation, *Phytochemistry*, 5, 1271-1276.
- Engelbrecht C.J.B., Harrington T.C., Steimel J., Capretti P., 2004. Genetic variation in Eastern North American and putatively introduced populations of *Ceratocystis fimbriata* f. *platani*, *Molecular Ecology*, 13, 2995-3005.
- Ferrari J., Pichenot P., 1976. The canker stain disease of plane tree in Marseilles and in the South of France, *European Journal of Forest Pathology*, 6, 18-25.
- Foltête J.-C., Couval G., Fontanier M., Vuidel G., Giraudoux P., 2016. A Graph-Based approach to defend agro-ecological systems against water vole outbreaks, *Ecological Indicators*, 71, 87-98.
- Foltête J.-C., Savary P., Clauzel C., Bourgeois M., Girardet X., Sahraoui Y., Vuidel G., Garnier S., 2020. Coupling landscape graph modeling and biological data: a review, *Landscape Ecology*, 35, 5, 1035-1052.
- Gibbs J.N., Howell R. S., 1971. Dutch elm disease survey 1971, *Forestry Commission Forest Record*, 82, 34 p.
- Gibbs J.N., Howell R. S., 1973. Dutch elm disease survey 1972-1973, *Forestry Commission Forest Record*, 100, 26 p.
- Granata G., Parisi A., Cacciola S.O., 1992. Electrophoretic protein profiles of strains of *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *Platani*, *European Journal of Forest Pathology*, 22, 58-62.
- Grosclaude C., Olivier R., Pizzuto J., Romiti C., 1991. Étude expérimentale du transport de l'inoculum de *Ceratocystis fimbriata* f. *platani* par l'eau d'une rivière, *European Journal of Forest Pathology*, 21, 168-171.

- Harrington T.C., 2013. Ceratocystis Diseases, *In Infectious Forest Diseases*, Wallingford, CABI, Gonthier et Nicolotti, p. 230-55.
- Holyst C., Mundler C., 1997. Biodiversité des rivières méditerranéennes : indicateur, outil et objectifs de gestion, *Forêt Méditerranéenne*, 1, 30-34.
- Johnson J.A., Harrington T.C., Engelbrecht C.J.B., 2005. Phylogeny and taxonomy of the North American clade of *Ceratocystis fimbriata* complex, *Mycologia*, 97, 1067-1092.
- Lau H.Y., Botella J.-R., 2017. Advanced DNA-based point-of-care diagnostic methods for plant diseases detection, *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-14.
- Lemperiere G. et Petit-Berghem Y., 2016. *Paysage-Pathogène-Sig*, réponse à appel d'offres PEPS (projet exploratoire premier soutien) de l'Institut écologie et environnement (INEE) du CNRS.
- Lemperiere G., Robinet N., Marage D., Petit-Berghem Y., 2023. Chronicles of an announced landscape disaster and lessons for the future: a spatialized geohistorical approach of the plane tree canker cold case, article en préparation, *Forest Pathology*.
- Lumia V., Modesti V., Brunetti A., Wilkinson C.L., Di Lernia G., Harrington T.C., Pilotti M., 2018. Real-time PCR for *Ceratocystis platani* detection: in-depth validation to assess the diagnostic potential and include additional technical options, *iForest*, 11, 499-509.
- Maire F., Vigouroux A., 2004. Chancres colorés du platane : approche de la persistance du parasite dans les souches d'arbres abattus, *Phytoma*, 572, 29-30.
- Menvielle E., 2020. *Résumé des connaissances sur Ceratocystis platani (Ascomyta), agent pathogène responsable du chancre coloré infectant le platane*, mémoire de stage, université Toulouse-III Paul Sabatier [mémoire non publié], Toulouse, 48 p.
- Mutto Accordi S., 1986. Diffusione di *Ceratocystis fimbriata* f. *platani* attraverso le anastomosi radiali. *Informatore Fitopatologico*, 36, 11, 53-58.
- Ocasio-Morales R.G., Tsopeles P., Harrington T.C., 2007. Origin of *Ceratocystis platani* on native *Platanus orientalis* in Greece and its impact on natural forests, *Plant Disease*, 91, 901-904.
- Ostrom E.A., 2007. Diagnostic approach for going beyond panaceas, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 39, 15181-15187.
- Ostrom E., 2010. *La gouvernance des biens communs*, De Boeck, Bruxelles.
- Ostrom E., Cox M., 2010. Moving beyond Panaceas: A multi-tiered diagnostic approach for social-ecological analysis, *Environmental Conservation*, 37, 4, 451-463.
- Panconesi A., 1973. Il rinvenimento della *Ceratocystis fimbriata* (Ell. and Halst.) Davidson f. *platani* Walter su platano, *Rivista di Patologia Vegetale*, 9, 167-188.
- Panconesi A., 1981. *Ceratocystis fimbriata* of plane trees in Italy: Biological Aspects and control possibility, *European Journal of Forest Pathology*, 11, 7, 385-395.
- Panconesi A., 1999. Canker stain of plane trees: A serious danger to urban plantings in Europe, *Journal of plant pathology*, 81, 1, 3-15.
- Panconesi A., Moricca S., Dellavalle I., Torraca G., 2003. The epidemiology of canker stain of plane tree and its spread from urban plantings to spontaneous groves and natural forests, *Mitteilungen Aus Der Biologischen Bundesanstalt Für Land- Und Forstwirtschaft*, 394, 84-91.
- Plante & Cité, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2018. *Chancre coloré du platane – Guide de bonnes pratiques pour la lutte*, Paris, éditions Plante & Cité – MAA, 51 p.
- Ploetz R.C., Hulcr J., Wingfield M.J., De Beer Z.W., 2013. Destructive tree diseases associated with ambrosia and bark beetles: black swan events in tree pathology?, *Plant Disease*, 95, 856-872.
- Santini A., Capretti P., 2000. Analysis of the Italian population of *Ceratocystis fimbriata* f. *sp. platani* using RAPD and minisatellite markers, *Plant Pathology*, 49, 461-467.
- Savary P., Foltête J.-C., Moal H., Vuidel G., Garnier S., 2021. graph4lg: A package for constructing and analysing graphs for landscape genetics, *Methods in Ecology and Evolution*, 12, 3, 539-547.
- Soulioti N., Tsopeles P., Woodward S., 2015. *Platypus cylindrus*, a vector of *Ceratocystis platani* in *Platanus orientalis* stands in Greece, *Forest Pathology*, 45, 367-372.
- Tsopeles P., Santini A., Wingfield M.J., Wilhelm de Beer Z., 2017. Canker stain: A lethal disease destroying iconic plane trees, *Plant Disease*, 101, 5, 645-658.

Turchetti T., Panconesi A., 1982. Osservazioni preliminari sull'antagonismo di alcune specie di *Bacillus* verso *Ceratocystis fimbriata* (Ell. and Halst.) Davidson *f. platani* Walter, *Rivista di Patologia Vegetale*, 18, 71-76.

Vigouroux A., 1979. Les « dépérissements » des platanes : causes, importance, mesures envisageables, *Biologie et forêt*, 31, 28-39.

Vigouroux A., 2006. Chancre coloré du platane : obtention d'un plant résistant, *Courrier de l'environnement de l'Inra*, 53, 137-138.

Voies Navigables de France, 2016a. *Dossier de demande de dérogation à la stricte protection des espèces en lien avec les abattages de platanes du canal du Midi et canaux associés (canal de Jonction et canal de la Robine)*, soumis au Conseil national de protection de la nature (CNPN), Toulouse, 256 p.

Voies Navigables de France, 2016b. *Cahier de référence pour une approche patrimoniale et paysagère des plantations du canal du Midi, Jonction et Robine*. Diagnostic et Projet, Toulouse, 111 p.

Voies Navigables de France, 2017. *Restauration des alignements arborés du canal du Midi : un paysage en renouveau*, Toulouse, 136 p.

Zapponi L., Mazza G., Farina A., Fedrigoli L., Mazzocchi F., Roversi P.F., Peverieri G.S., Mason F., 2017. The role of monumental trees for the preservation of saproxylic biodiversity: re-Thinking their management in cultural landscapes, *Nature Conservation*, 19, 231-243.

Vers une écologie des clôtures : quel sens donner aux échappatoires pour la grande faune ?

Caryl Buton, François Nowicki, Christine Saint-Andrieux⁵²

En 2020 et 2021, le projet exploratoire ESCAPE XXL s'est attaché à dresser un état de l'art des dispositifs d'échappatoires destinés aux mammifères ongulés au sein d'espaces clôturés. L'un des défis visait à identifier des retours d'expérience qui seraient passés inaperçus lors d'un inventaire bibliographique classique. En effet, seule une minorité de dispositifs est documentée dans la littérature, publiée ou non. À travers différents canaux, ESCAPE XXL a tenté d'identifier les réalisations et a précisé l'état des connaissances concernant leur utilisation par la grande faune. L'analyse minutieuse de la littérature nord-américaine et les nombreuses informations collectées en France notamment auprès des gestionnaires, ainsi que de façon plus éparse ailleurs en Europe, ont permis de décrire les différents équipements utilisés, d'en ébaucher un inventaire géographique et de formuler les premières recommandations pour optimiser les réalisations. Cet état des lieux montre que des sorties d'animaux sont avérées pour certains matériels. En revanche, pour la France et les pays européens documentés, l'hétérogénéité des suivis empiriques hypothèque la possibilité de comparer l'efficacité des différents équipements ou configurations au regard des effectifs d'animaux présents dans les emprises. Le seul enregistrement de la sortie ne permet pas non plus de comprendre la signification comportementale des passages : origine et parcours des animaux avant leur sortie, motivations à pénétrer dans les clôtures pour franchir les infrastructures ou exploiter les emprises et implications quant aux conditions de sorties par des échappatoires, réitération de sorties par un même individu, etc. En gardant en tête les limites d'un exercice exploratoire mené dans un cadre matériel contraint, cet état des connaissances suscite des

52. Un grand merci à Clément Sortais (stage 2020 VetAgro Sup) pour sa contribution à l'enquête et à la bibliographie.

réflexions épistémologiques (avec une invitation à interroger la notion d'efficacité des dispositifs et à bâtir des protocoles de suivi comparatif), éthologiques (en s'interrogeant sur le comportement des animaux pour tenter d'optimiser leur passage), voire juridiques ou réglementaires (en s'interrogeant sur les responsabilités liées à la pose de ces équipements ou à leur gestion). À son échelle, ESCAPE XXL souligne l'intérêt de mener à présent des approches scientifiques et interdisciplinaires pour mieux comprendre les déplacements locaux des animaux à l'échelle de l'individu ou des populations.

► Explorer le panorama des dispositifs à la fois sécuritaires et environnementaux

Des clôtures adaptées sécurisent efficacement la circulation routière et ferroviaire face aux risques de collisions animales (O'Brien *et al.*, 2018). Ainsi, en France, la plupart des infrastructures autoroutières et la totalité des lignes à grande vitesse sont équipées de grillages, l'objectif étant en particulier d'éviter l'intrusion du chevreuil (*Capreolus capreolus*), du sanglier (*Sus scrofa*) et du cerf élaphe (*Cervus elaphus*). Il arrive néanmoins que des animaux pénètrent dans les emprises à la faveur d'interruptions des clôtures (fin de linéaire équipé, intersection de routes, échangeurs, etc.) ou de zones endommagées. Ces intrus constituent un risque pour le trafic et un enjeu en matière de protection de la faune. En réponse, des issues de secours à sens unique appelées « échappatoires » visent deux finalités convergentes : d'une part sécuritaire (prévention des accidents) et d'autre part écologique (diminution de la mortalité de la faune).

► Des informations disséminées et hétérogènes

Il ressort de l'enquête menée que les échappatoires sont considérées par les gestionnaires et les praticiens comme des équipements connexes pour optimiser les clôtures. Elles apparaissent comme une option technique facultative dont la mise en œuvre ne doit pas générer par ailleurs de contraintes trop lourdes (coûts, entretien). Depuis les années 1970, des échappatoires ont été testées, voire généralisées le long de certains réseaux sur une base volontaire, mais sans cadre méthodologique commun ni coordination au niveau national. En France et en Europe, tous les dispositifs n'ont pas été suivis ; le cas échéant, les suivis sont temporaires et s'attachent à observer les sorties (pièges à traces et pièges photographiques). La plupart n'ont pas fait l'objet de publication. Localiser les retours d'expérience a donc constitué un défi en soi. Quoique intuitive, la démarche suivie lors d'ESCAPE XXL (voir encadré ci-dessous) peut servir pour d'autres synthèses relatives à des domaines peu documentés.

ESCAPE XXL – méthodologie d’une enquête menée tous azimuts

Un premier socle documentaire (bibliographie, liste de contacts, etc.) a été fourni en amont. Classiquement, des moteurs de recherche spécifiques aux publications scientifiques ont ensuite été interrogés en anglais et en français. La facilité de consultation que confère internet a permis de relever dans la presse générale ou sur des sites grand public, voire des blogs, l’existence de certaines réalisations qui ont ensuite fait l’objet d’investigations plus ciblées dans la bibliographie ou auprès de structures locales. Finalement, c’est un large panel de documents qui a été exploité : études scientifiques, retours d’expérience, guides de recommandations techniques ou études opérationnelles. La base en ligne du *Wildlife Crossings Project* a également été consultée (<https://www.wcproject.eu/>).

En parallèle, une enquête a été conduite en France afin d’identifier des réalisations ou des personnes-ressources et de procéder à des entretiens semi-directifs. Les principaux gestionnaires de réseaux nationaux routiers, autoroutiers et ferroviaires ont été sondés, de même que des chercheurs. L’interrogation de l’ensemble des fédérations départementales des chasseurs a permis de couvrir l’ensemble du territoire métropolitain. Un sondage numérique a été adressé en français, anglais et espagnol vers des réseaux techniques internationaux (IENE, *Conference of European Directors of Roads* [CEDR], Union internationale pour la conservation de la nature [UICN], *Connectivity Conservation Specialist Group*). La constitution d’un inventaire croisant localisation, gestionnaire et références de publication a permis d’identifier des doublons éventuels, mais aussi de réinterroger les intervenants sur leur connaissance de telle ou telle réalisation. *In fine*, une recommandation du projet porte sur la constitution d’une base de données internationale consacrée aux échappatoires, géolocalisée et sourcée.

À la fin de l’enquête (septembre 2021), des échappatoires ont ainsi été identifiées en Allemagne, Belgique, Espagne, France, Pays-Bas, Suède ainsi qu’au Canada et aux États-Unis. Pour l’Europe, seules celles situées en France ont pu être documentées en détail (figure 9.1). Les informations reçues de l’étranger restent lacunaires et certaines données sont à consolider pour la France (suivis encore en cours fin 2021 sur les autoroutes, et retours d’expérience à terminer sur le réseau ferroviaire). La diffusion du rapport constituera une opportunité pour susciter de nouvelles contributions.

Dès lors, cette diffusion est à considérer comme une étape méthodologique : la publication de résultats exploratoires comme prélude à un retour d’expérience plus étendu. La formalisation d’un premier état de l’art permet de capitaliser et de partager les premiers acquis tout en identifiant les pistes à étudier ; mais sa diffusion permettra aussi sans doute d’accroître *a posteriori* la remontée d’informations. Les retours d’expérience sont donc bien à concevoir dès l’origine comme des exercices itératifs d’amélioration continue, à l’instar de ce qui a été fait pour les ouvrages de rétablissement des continuités écologiques qui ont bénéficié de l’actualisation progressive des guides depuis les années 1990 (Cerema, 2021).



Figure 9.1. Localisation des échappatoires étudiées en France dans le projet exploratoire ESCAPE XXL

En bleu : routes et autoroutes équipées d'échappatoires. En rose : lignes ferroviaires à grande vitesse équipées. En l'absence d'information précise, tout le tracé d'une infrastructure a été figuré lorsque des échappatoires y sont mentionnées.

Sources : données du cabinet X-AEQUO et de l'OFB d'après enquête et bibliographie ; carte : Cerema

► Des réalisations variées avec des passages avérés dans certains cas

En Europe, l'enquête a montré que les gestionnaires ont développé différents types d'échappatoires (tableau 9.1) avec une grande diversité de mise en œuvre. En France, elles sont presque toutes implantées sur les réseaux autoroutiers concédés ou sur le réseau ferroviaire à grande vitesse, principales infrastructures clôturées. Il peut s'agir de rampes recouvertes de terre, de portillons, de trappes ou encore de sas d'extraction (figure 9.2). Les investigations ont permis de lister certains avantages et inconvénients pour chaque équipement (tableau 9.2).

Des aménagements connexes variés tentent d'optimiser les chances d'utilisation des divers dispositifs, mais leur rôle n'a pas fait l'objet d'études précises en Europe. Ainsi, des butoirs (clôtures, palissades, etc.) visent à rabattre vers les échappatoires les animaux qui circulent au sein des emprises : leur intérêt a été montré sur une espèce de cerf nord-américaine (Siemers *et al.*, 2015). C'est aussi l'objectif d'éventuelles haies de guidage avec toutefois un risque de constituer un refuge pour les animaux.

Une échappatoire invisible depuis les véhicules en circulation est en général considérée comme favorable. Il est aussi possible de rendre le dispositif visuellement attractif pour la faune en réalisant une trouée visuelle : il s'agit de masquer la clôture de part et d'autre de l'échappatoire par des brandes, ou de tirer profit de la végétation. Des facteurs attractifs (goudron de Norvège, pierre à sel) sont parfois utilisés afin de renforcer la détection des échappatoires par des animaux, en cherchant à attirer leur attention uniquement lorsqu'ils passent à proximité, mais sans attirer ceux qui seraient présents à l'extérieur. Leur intérêt n'est pas démontré.

Tableau 9.1. Typologie des échappatoires à faune

Rampe	Rampe en terre	forme linéaire (= le long d'une clôture en ligne droite)
		forme en quart-de-rond (= dans une clôture en angle)
	Rampe sur mur de soutènement	forme en quai de chargement (= entre deux murs de soutènement)
		forme en U rentrant dans la clôture autres formes particulières
Types alternatifs	culée de pont ou mur de tête de ponceau utilisé comme saut de fuite avec un vide intentionnel dans la clôture au-dessus	
	clôture semi-étanche = clôture localement abaissée (avec ou sans bavolet) y compris « saut de pente » = clôture semi-étanche située au pied d'un remblai en pente raide qui descend en s'éloignant de l'infrastructure de transport	
Dispositif mécanique	passif	Portillon classique sur axe vertical avec un vantail de porte barré ou grillagé
		Portillon à dents en forme de peignes (généralement courbes)
	actif	Trappe métallique sur axe horizontal (= dispositif retombant)
		Sas à déclenchement par fil tendeur par l'animal
Dispositif mécanique	passif	trappe classique sans contrepoids verticale ou avec contrepoids inclinée
		système monobloc particulier
	actif	sas d'extraction
Dispositif mécanique	actif	Ouvrant activé automatiquement par l'animal
		Ouvrant ouvert manuellement par un opérateur

Source : cabinet X-AEQUO, Cerema, OFB



1. Rampe



2. Portillon



3. Trappes



4. Sas d'extraction

Figure 9.2. Exemples d'échappatoires à faune
Sources : photos 1, 3, 4 : C. Buton ; photo 2 : SAPRR

Tableau 9.2. Avantages et inconvénients de chaque type d'échappatoire à faune

	Utilisation par la faune (par endroit et selon équipement)	Facilité de fabrication	Facilité de pose	Autonomie
Rampes	Attestée dans certains cas (France : chevreuil ; ponctuellement, sanglier)			
Portillons	Chevreuil	Charnière ou ressort à bien étudier	Sous réserve de bonne conception	
Portillons à dents en forme de peigne*	États-Unis : 8 à 11 fois moins utilisés que les rampes de 1,5 m (équipement parfois non perçu par les animaux)	Brevetés		
	Faune européenne			
Trappes	Classique et sanglipass : avérée, notamment sur autoroutes (France), pour sanglier et, probablement ponctuellement, chevreuil	Classique		
		Sanglipass, SKP : brevetées		
Sas d'extraction	Chevreuil, sanglier	Breveté	Convention	Réarmement

* Pour mémoire, Amérique du Nord

Légende de la couleur des cases : vert = intérêt, effet positif ; rouge = désavantage, effet négatif ; bleu = conditions particulières ; gris = pas de données

Source : cabinet X-AEQUO, Cerema, OFB

► De premières recommandations techniques générales

En France, les données de passage sont peu contextualisées (contextes écologiques, répartition et dynamique locale des populations, fréquentation animale dans les emprises, etc.) et le comportement des animaux n'est pas non plus documenté (essais, retours sur un même site, etc.). La disparité des données issues de suivis non standardisés, la diversité des conceptions au sein de chaque type de dispositif et la grande variété des conditions de mise en œuvre limitent la comparabilité des résultats. La recommandation de mettre en place des protocoles de suivi standardisés est en soi un résultat de ce travail.

Néanmoins, des sorties sont attestées pour chaque type d'échappatoire. Il est ainsi admis de façon générale que l'installation d'échappatoires est susceptible d'être

Besoins d'entretien et contrôle	Possibilité de déplacement	Coût	Risque de contresens par animaux	Sécurité trafic
			Selon la hauteur (documenté uniquement avec faune d'Amérique du Nord)	À préciser : éloignement et/ou dispositif de retenue/sortie de route
Végétation				À étudier : éloignement et dispositif de retenue/sortie de route ?
En particulier, neige et gel			Avec faune d'Amérique du Nord (risque de blessures)	
Végétation, déchets, neige	Classique < Sanglipass		Classique Sanglipass (testé)	
Végétation		Convention	D'après le principe	

bénéfique à la faune (Littlewood *et al.*, 2020 ; Alligand *et al.*, 2018), sous réserve qu'elles leur soient accessibles et restent fonctionnelles. Il est recommandé que leur réalisation soit étudiée au préalable puis validée par un faunisticien, puis que leur entretien régulier soit garanti dans le temps (Rosell *et al.*, 2020). Il peut être judicieux de combiner différents types d'équipements en fonction de la faune visée ou pour réduire les contraintes de réarmement (trappe puis sas, par exemple).

Il est suggéré d'implanter les échappatoires en priorité à l'extrémité des sections clôturées et au droit des échangeurs, par lesquels des animaux peuvent entrer. Il peut aussi s'agir d'éviter de maintenir des animaux dans des configurations accidentogènes particulières, comme les abords de ponts ou de tunnels, voire les clôtures proches de l'extrémité des dispositifs de retenue en béton. En pratique, certains dispositifs ont été posés tout au long de zones où de fortes densités animales existent hors des

emprises. Ailleurs, à l'occasion d'un renforcement général des clôtures, ils ont aussi été implantés tout au long de secteurs connaissant des intrusions régulières d'animaux. Une certaine régularité dans l'espacement entre les échappatoires est traditionnellement recommandée, allant de plusieurs centaines de mètres entre équipements à quelques kilomètres. Mais le choix des implantations reste tributaire de la faisabilité technique (par exemple disponibilité foncière, accessibilité pour les travaux), de la pertinence faunistique des implantations et des budgets disponibles. Souvent évoqué, l'intérêt d'éloigner les dispositifs de l'infrastructure reste à confirmer, une étude en Amérique du Nord suggérant au contraire que la proximité des voies pourrait davantage inciter les animaux à chercher une sortie (Siemers *et al.*, 2015).

Enfin, il est recommandé d'assurer une concertation préalable avec les gestionnaires des voiries externes (risque marginal qu'un animal extrait crée un accident), ainsi qu'avec les riverains, ou encore de s'assurer de la tranquillité des zones de sortie.

► Des questions qui confrontent l'éthologie animale aux contingences opérationnelles de l'ingénierie et à la sécurité juridique des réalisations...

La complexité de l'état des lieux constitue un défi pour le questionnement scientifique. ESCAPE XXL suggère que de futurs travaux s'attachent à caractériser, pour le sanglier, le chevreuil et le cerf élaphe, l'efficacité de chaque dispositif ou mode de réalisation au regard du contexte environnemental à l'intérieur ou hors emprise, ainsi que des contraintes de sites ou d'exploitation. Les questions traitées dans la bibliographie nord-américaine et les protocoles suivis peuvent fournir des cadres de référence pour de futures recherches en Europe. Il ne s'agit pas d'extrapoler de façon hasardeuse les résultats obtenus sur d'autres espèces que celles présentes en Europe, mais de servir d'exemples méthodologiques inspirants pour de futures investigations.

La conduite de futurs travaux sur l'efficacité des échappatoires nécessitera de préciser en préambule la notion sémantique étudiée. On pourra chercher à évaluer : 1) la fonctionnalité, c'est-à-dire l'utilisation effective par des animaux ; 2) l'efficacité par rapport à un effectif d'animaux présents dans les emprises ou à leur temps de présence ; 3) la balance bénéfices/coûts pour chaque configuration de pose ; 4) etc.

Il s'agira également d'élaborer des protocoles homogènes pour quantifier à différentes échelles à la fois les taux de sortie ou de refus, mais aussi les éventuelles entrées à contresens. Le seul enregistrement d'une sortie, pas plus que l'absence d'enregistrement sur une période donnée, ne peut être interprété sans étudier la fréquentation des emprises au même moment ainsi que l'arrivée effective d'animaux devant le dispositif et leur refus éventuel de le franchir. De même, seules des échelles d'observation différentes permettront de dégager l'influence respective de la configuration générale des clôtures, des aménagements connexes (butoirs, brandes, attractifs, etc.) ou encore du dispositif lui-même (figure 9.3). En parallèle, une approche éthologique par des observations sur site est suggérée pour chercher par exemple à comprendre les motivations de l'animal à entrer et à sortir en fonction

de son cheminement dans une configuration de site et d'un tracé de clôtures donnés, ou encore selon la distance séparant l'échappatoire de l'infrastructure. Il est recommandé de distinguer les contextes autoroutiers et ferroviaires, car ils pourraient correspondre entre autres à des niveaux de gêne différents pour les animaux (trafic continu ou intermittent).

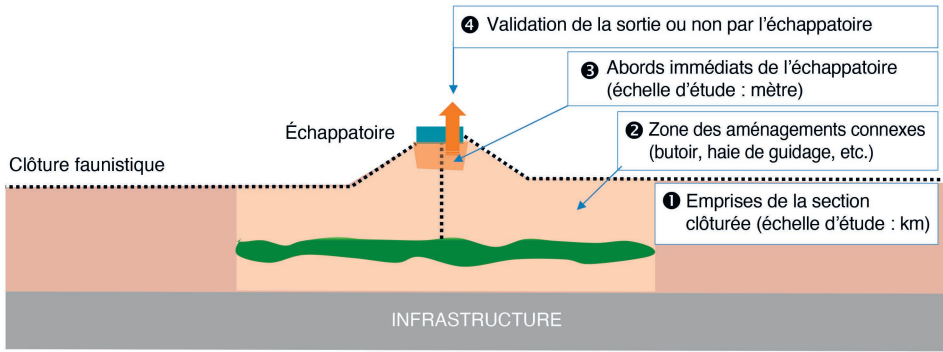


Figure 9.3. Principe d'utilisation de rayons progressifs d'instrumentation autour d'une échappatoire lors de futurs suivis d'efficacité *in situ*

Source : schéma du cabinet X-AEQUO

En appui des suivis de réalisations existantes, des tests en enclos sont suggérés. Cela pourrait permettre d'optimiser la hauteur des rampes et les aménagements connexes, à condition de tenir compte des différences de comportement entre individus et de leur connaissance préalable du site ou du dispositif.

En alternative aux échappatoires, il est suggéré de vérifier si des clôtures situées en remblai permettent la sortie d'animaux tout en prévenant les entrées avec une sécurité suffisante ; ainsi que d'étudier l'éventualité que des grilles basculantes placées dans des fossés hydrauliques en béton puissent servir également d'échappatoires.

ESCAPE XXL souligne que la comparaison *in situ* de l'efficacité des équipements se heurte à la difficulté que des animaux soient effectivement présents dans les emprises : logiquement, des échappatoires ne peuvent pas enregistrer de sorties en l'absence de candidat potentiel. La présence d'animaux dans les emprises est fonction, entre autres, des conditions de population locale ainsi que de l'étanchéité des clôtures, elle-même évolutive (vieillesse, maintenance). Il est donc recommandé que les suivis d'échappatoires intègrent un suivi de la fréquentation dans les emprises (traces, capteurs photo/vidéo, voire réseaux de capteurs, etc.). Ils doivent porter sur une durée suffisamment longue (au moins trois ans) pour couvrir les cycles biologiques, intégrer les variations interannuelles et multiplier les chances de passage d'un animal à proximité des échappatoires. L'analyse doit porter à la fois sur les échappatoires où des sorties ont eu lieu, ainsi que sur celles qui n'auraient pas été utilisées, malgré la présence d'animaux à proximité. Enfin, compte tenu des enjeux de sécurité, il faut garder à l'esprit que chaque intrusion d'animal dans les emprises devrait donner lieu à une recherche du point d'entrée pour tenter d'y remédier, ce

qui réduit par contrecoup les chances d'observer de nouvelles sorties par l'échappatoire concernée.

Enfin, il est recommandé de préciser au regard de la réglementation et de la jurisprudence, les contraintes d'éloignement des dispositifs face au risque de sortie de route d'un véhicule (par exemple les rampes peuvent-elles constituer des obstacles ?). L'analyse pourra également porter sur le risque pour le gestionnaire qu'un animal entre à contresens ou, à l'extrême, qu'un animal sortant sur une voirie riveraine provoque une collision. Au-delà de la simple logique écologique, l'analyse réglementaire et jurisprudentielle peut en effet conditionner les logiques techniques d'équipement, *a fortiori* concernant une problématique de sécurité du trafic.

► Conclusion

L'état de l'art dressé par le projet exploratoire ESCAPE XXL atteste de la diversité des échappatoires mises en œuvre. Des suivis ont montré que certains dispositifs ont été utilisés par des ongulés pour sortir d'emprises d'infrastructures clôturées. C'est ce qu'il ressort du retour d'expérience collecté auprès de gestionnaires d'infrastructures. Mais des résultats de suivis en cours fin 2021 seraient encore à intégrer pour la France. Pour l'Europe, un porter à connaissance des résultats d'ESCAPE XXL pourrait également susciter de nouvelles remontées d'informations face aux données très lacunaires acquises à ce stade.

Au-delà des suivis actuels visant à confirmer le franchissement d'animaux, ce projet a mis en évidence l'intérêt de renforcer l'investissement scientifique, notamment en France, par comparaison avec l'Amérique du Nord (Huijser *et al.*, 2015 ; Jensen, 2018 ; Gagnon *et al.*, 2020), afin de mieux comprendre les facteurs qui conditionnent les franchissements selon les espèces et les milieux. L'attention est attirée en particulier sur l'intérêt de développer des protocoles de suivi qui documentent également la présence et le comportement des animaux dans les emprises et aux abords des échappatoires.

L'intégration des clôtures munies d'échappatoires figure aujourd'hui dans les mesures de réduction d'impact au titre de la séquence ERC (Alligand *et al.*, 2018). Leur mise en œuvre, si elle est retenue par exemple au terme d'une étude d'impact, pourra conditionner, de fait, l'autorisation accordée à certains projets. Dans cette perspective, la pose d'une échappatoire relèverait alors d'un engagement ferme pris au terme d'une instruction réglementaire, assorti d'une obligation de résultat. ESCAPE XXL a conduit à formuler de premières recommandations opérationnelles pour leur implantation ou leur entretien, mais ce projet exploratoire a aussi montré la nécessité d'études complémentaires afin de décliner des recommandations par contexte ou par espèce, si tant est que l'entretien des dispositifs installés soit garanti sur le long terme et que des points de sécurité juridique pour le gestionnaire soient approfondis. Si le regard de l'écologue et de l'éthologue peut permettre d'améliorer à terme les réalisations, la faisabilité de leurs recommandations restera à évaluer au regard des contraintes techniques auxquelles est soumise la gestion des infrastructures, ainsi que des éventuelles contingences réglementaires ou jurisprudentielles.

En parallèle de leur objectif sécuritaire, les échappatoires apparaissent comme une mesure d'atténuation d'un impact écologique des clôtures faunistiques. Enfin, à la croisée des perspectives de transparence écologique et de sécurisation des transports, cette étude montre que ces dispositifs revêtent des enjeux de mutualisation des connaissances quant aux déplacements des animaux sur un territoire et de concertation locale. Ainsi, cette approche exploratoire tend, à son niveau et avec les limites de l'exercice, à replacer de façon plus générale les problématiques de clôtures à l'échelle du territoire dans sa globalité.

Pour aller plus loin :

Buton C., Nowicki F., Saint-Andrieux C., 2022. *Projet exploratoire ESCAPE XXL, état des connaissances et retours d'expérience sur les dispositifs de sortie des clôtures pour les ongulés sauvages*, rapport final, programme Ittecop, 81 p.

Rapport, synthèse et présentation sur : <https://ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2020/projets-exploratoires-ou-incubatoires-2020/item/720-escape-xxl>.

► Bibliographie

Alligand G., Hubert S., Legendre T., Millard F., Müller A., 2018. *Guide d'aide à la définition des mesures éviter, réduire, compenser*, commissariat général au Développement durable, 134 p., coll. THEMA.

Cerema, 2021. *Les passages à faune. Préserver et restaurer les continuités écologiques avec les infrastructures linéaires de transport*, 304 p., coll. Références.

Jensen A.J., 2018. *Crossing Corridors: Wildlife use of jumpouts and undercrossings along a highway with wildlife exclusion fencing*, thèse de doctorat, Faculty of California Polytechnic State University, 102 p.

Huijser M.P., Kociolek A.V., Allen T.D.H., McGowen P., Cramer P.C., Venner M., 2015. *Construction Guidelines for wildlife fencing and associated escape and lateral access controle measures*, Western Transportation Institute, 218 p.

Gagnon J.W., Loberger C.D., Ogren K.S., Beach C.A., Nelson H.P., Sprague S.C., 2020. *Evaluation of the effectiveness of wildlife guards and right of way escape mechanisms for large ungulates in Arizona*, FINAL (2015-2019), AZDOT (Arizona Department of Transportation), 82 p.

Littlewood N. A., Rocha R., Smith R. K., Martin P. A., Lockhart S.L., Schoonover R. F., Wilman E., Bladon A. J., Sainsbury K. A., Pimm S., Sutherland W. J., 2020. *Install one-way gates or other structures to allow wildlife to leave roadways – conservation evidence, synopses of conservation evidence series, terrestrial mammal conservation: Global evidence for the effects of interventions for terrestrial mammals excluding bats and primates*, 310-316, <https://www.conservationevidence.com/actions/2558> (consulté le 07/04/21).

O'Brien E., Grif van der E., Elmeros M., Wilson-Parr R., Carey C., 2018. *Roads and Wildlife Manual*, CEDR (Conference of European Directors of Roads), 123 p.

Rosell C., Torrellas M., Colomer J., Reck H., Navàs F., Bil M., 2020. *Wildlife & Traffic. A European handbook for identifying conflicts and designing solutions. Maintenance of ecological assets on transport linear infrastructure*, CEDR (Conference of European Directors of Roads), 73 p.

Siemers J.L., Wilson K.R., Baruch-Mordo S., 2015. *Monitoring wildlife vehicle collisions: Analysis and cost-benefit of escape ramps for deer and elk on US Highway 550*, final report, Department of Fish, Wildlife, and Conservation Biology, Colorado State University, 56 p.

**Les abords des infrastructures linéaires
de transport peuvent-ils constituer
des espaces publics de nature ?
Étude de cas du périphérique nantais**

Émeline Bailly, Véronique Beaujouan, Hervé Daniel,
Dorothee Marchand

Le développement des infrastructures linéaires (voies routières, ferroviaires...) a favorisé une fragmentation spatiale, donc aussi écologique, des métropoles, tout en encourageant une urbanisation continue dans leur sillage. Ces infrastructures linéaires de transports tendent à générer un linéaire d'espaces non constructibles dégradés, sans usages et gérés de façon minimale. Elles posent des problèmes de qualités urbaine et paysagère pour les quartiers qui la bordent, de bien-être pour leurs usagers, de biodiversité pour les milieux soumis à des nuisances et à des pollutions.

Récemment, certains linéaires le long de cours d'eau ont fait l'objet de politiques publiques exemplaires (Arrif, Blanc et Clergeau, 2011). Ainsi, la métropole de Nantes a valorisé une grande part des abords de ses rivières et fleuves en un réseau de liaisons vertes et bleues apportant de nouvelles possibilités de cheminement et de ressourcement pour les citoyens, et d'habitats et de continuités pour la faune et la flore.

Pourquoi les abords d'infrastructures linéaires de transport (ILT) ne seraient-ils que des délaissés n'ayant qu'une fonction technique ? Pourquoi ne pas s'interroger sur ce qu'ils créent dans les territoires traversés ? Pourquoi ne seraient-ils qu'une perturbation pour la vie ? Ne pourraient-ils pas, à l'image des rives de cours d'eau ou de canaux, constituer un réseau de linéaires favorables à la nature et créer une ressource pour le vécu des citoyens, de la faune et de la flore ? Ne pourraient-ils pas proposer des lieux d'usages, ouverts sur le paysage et les quartiers riverains, participant à la connectivité écologique, tout en proposant un maillage de liaisons et d'interfaces entre les espaces édifiés et naturels ?

Notre hypothèse est qu'ils pourraient participer à la création d'un réseau d'espaces publics de nature d'un nouveau type, notamment dans les territoires urbains où l'infrastructure voisine avec des espaces habités. Celle-ci nous invite à changer de regard, ne les appréhendant plus uniquement comme des espaces déficitaires, mais plutôt comme des espaces potentiellement capacitaires. Cette perspective permettrait de les envisager à travers un ensemble de potentialités tant urbaines (intégration territoriale et paysagère, espaces communs, liaisons et interfaces, etc.), sociales (usages plus libres, sociabilité, rapport à la nature, etc.) qu'écologiques (biodiversité ordinaire, connectivité, etc.).

Fort de ces questionnements et hypothèses, le projet de recherche T'ILT propose d'évaluer si les ILT en limite des espaces habités ou naturels peuvent devenir des lieux vécus, des milieux et des liaisons de nature favorables à la biodiversité, à la qualité urbaine et au bien-être. Il pousse à s'interroger ainsi sur leurs potentiels de liens, de lieux et de milieux habités dans une perspective interdisciplinaire. Il questionne également la place des ILT dans leurs contextes. Celles-ci ne sont pas implantées dans un territoire générique, mais dans un territoire porteur d'une identité géographique, écologique, urbaine et sociétale. Aussi, nous avons choisi d'étudier le boulevard périphérique de l'agglomération nantaise (et les ILT qui le croisent), qui présente une multiplicité de contextes naturels, urbains et paysagers et une problématique d'intégration/rupture urbaine et écologique particulièrement marquée.

Dans ce chapitre, nous proposons plus particulièrement de revenir sur la nécessaire convergence théorique entre disciplines pour aborder ces espaces aux abords des ILT perçus avant tout comme des zones de sécurité des infrastructures. La considération de leurs possibles qualités pourrait permettre de construire une méthode interdisciplinaire afin de penser, observer et analyser autrement les ILT dans le territoire et, plus particulièrement, les espaces qui les bordent. En effet, l'analyse bibliographique croisant des approches entre urbanisme, sociologie, psychologie environnementale et écologie nous a permis de dégager et d'explorer conjointement plusieurs enjeux tels que celui de nommer et de qualifier la diversité de ces vides urbains, les notions afférentes, ou celui de leurs contributions paradoxales à une continuité des milieux semi-naturels, et ce, en réfléchissant à l'emboîtement des échelles urbaines, de perception et d'analyse. Forts d'un vocabulaire conceptuel plus partagé, nous avons mené nos investigations disciplinaires⁵³ et confronté nos méthodes à trois échelles d'analyse : métropolitaine, intermédiaire et locale sur deux sites urbains.

Nous proposons dans une première partie de définir, en croisant les disciplines mobilisées, les notions qui nous semblent essentielles pour aborder ces espaces. Nous présenterons dans une deuxième partie la démarche de recherche du projet T'ILT qui porte sur la caractérisation interdisciplinaire des espaces aux abords du périphérique nantais et autres ILT qui le traversent (voies ferrées, lignes à haute tension). Enfin, nous nous intéresserons dans une troisième partie à la manière dont ces approches convergent et renouvellent le regard sur ces espaces à partir de la présentation de premiers résultats de l'observation des abords d'ILT à l'échelle métropolitaine.

53. Pour ne pas diluer les approches méthodologiques propres à chaque discipline, quatre démarches de caractérisations urbaine, paysagère, écologique et psychosociale ont été menées sur le terrain dans un premier temps. Dans un second temps, nous avons croisé ces premières données recueillies lors de la préenquête afin de développer une méthode croisée d'analyse.

► Cadre théorique : convergence des notions clés

Nous proposons de clarifier les concepts mobilisés en tenant compte de leur proximité interdisciplinaire afin de dépasser des référentiels disciplinaires jusque-là dissociés.

Vers un rapprochement conceptuel interdisciplinaire du milieu, de l'espace et du lieu

Issu du terme latin *locus*, le lieu se distingue de l'espace (en tant qu'étendue spatiale composée d'éléments matériels) et du territoire (relevant d'un pouvoir spatialement et socialement délimité) (De Certeau, 1990). Le lieu est devenu un concept pivot aussi bien en psychologie environnementale, en géographie humaine qu'en sociologie et en urbanisme (Green, 1999). Dans ces disciplines, il est considéré, dans une perspective anthropocentrée, comme un espace vécu conçu et aménagé (Lefebvre, 1974). Il devient aussi une expression politique (Arendt, 1958), sociale et anthropologique (Augé, 1992), sociétale (Lussault, 2007), mais aussi sensorielle (Perec, 1974), imaginaire et poétique (Bachelard, 1957 ; Sansot, 2004) et plus largement sensible (Bailly, 2018). Le lieu est ainsi plus qu'un espace physique, il est situé et humanisé par les expériences et les interprétations qui en sont faites, les valeurs, croyances et représentations qui en découlent.

Nous appréhendons donc le lieu d'abord comme un espace représenté, perçu, expérimenté et vécu par les humains. L'espace est symbolisé, dès lors que son expérience est précédée d'une connaissance qui lui est relative et qui impacte sa perception. Il est perçu dès lors que les sens de l'individu sont mobilisés dans l'interaction avec celui-ci. La perception est un processus plus ou moins conscient, mais actif, et au cours duquel un sujet reçoit et interprète des informations sensorielles. La perception participe ainsi de l'expérience du lieu, de même que les valeurs qui lui sont conférées, son image, son caractère, les émotions qu'il suscite et qui concourent à son appropriation tant individuelle que sociale. C'est parce qu'il est éprouvé qu'il n'est plus seulement un espace, un contenant, qu'il est vécu.

Un lieu se définit aussi, dans ces disciplines, comme identitaire, expérientiel, relationnel et historique. Un espace qui ne peut se définir selon ces trois dimensions définira un non-lieu (Relph, 1976 ; Tuan, 1980 ; Augé, 1992), un espace perçu comme non appropriable. Cette opposition entre le lieu et le non-lieu intéresse particulièrement notre réflexion sur les abords d'ILT. Sont-ils des espaces expérimentés et, si tel est le cas, ces expériences leur confèrent-elles la composante de lieu ? Concourent-ils à une relation positive avec l'espace urbain, un ancrage local, des émotions et des affects qui en font un espace appropriable et approprié ? Pour Marchand et Pol (2021), la personne et l'environnement constituent un ensemble que l'on ne peut pas séparer. L'individu perçoit des ensembles qui lui offrent des possibilités d'action, des affordances (Gibson, 1979), des prises (Bergson, 1939), des résonances (Rosa, 2020). Nous formulons l'hypothèse que les espaces aux abords des ILT peuvent devenir des lieux selon les opportunités qu'ils offrent en matière d'appropriations et de significations, mais aussi de configurations spatiales et naturelles. Car ceux-ci peuvent aussi constituer des milieux naturels favorables à la création de communs

(Michon, 2019). Les perceptions et expériences vécues auxquelles ce terme de lieu est associé ne sont pas mobilisées de manière directe dans les approches en écologie. Le terme de lieu n'est pas utilisé dans cette discipline avec un sens précis.

Le terme de milieu a été quant à lui couramment utilisé en écologie, dans un sens général des conditions globales d'environnement pour le vivant, mais aussi pour en qualifier la nature, et pour distinguer ainsi de grands types, tels les milieux aquatiques, forestiers, tourbeux... (Lacoste et Salanon, 1999.) Dans les démarches de gestion ou de conservation de la biodiversité (par exemple la directive « Habitat »), le terme de milieu est bien souvent associé, voire remplacé par celui d'habitat écologique, se déclinant dans des typologies beaucoup plus fines (Savio *et al.*, 2015). C'est ainsi que la typologie EUNIS (*European Nature Information System*), qui constitue un cadre de référence pour une classification hiérarchisée des habitats, distingue dans un premier niveau dix grands types de milieux (Louvel *et al.*, 2013). En écologie, les expressions de « milieu », ou de « milieu naturel » sont donc utilisées pour définir un cadre pour le vivant, mais en le limitant au vivant non humain, les activités humaines étant considérées au travers de leurs influences possibles sur ces milieux.

Le milieu est une notion dont l'usage est ravivé en psychologie et en urbanisme par les enjeux liés à l'anthropocène et au dérèglement climatique, qui nous amènent à nous interroger sur la place de l'homme dans l'écologie des territoires. Il est réactivé pour penser les interdépendances entre les lieux vécus par les humains et les milieux de vie des non-humains dans une perspective d'urbanisme écologique (Clergeau, 2020) ou même d'écologie territoriale (Paquot, 2020). Le lieu et le milieu ont ainsi des sens distincts, mais convergent à travers les concepts d'habitat/d'habiter et la question de la coexistence territoriale entre vivants. Cette rencontre conceptuelle nous permet d'aborder les espaces aux abords des ILT comme des écosystèmes urbains complexes, composés de lieux et de milieux, croisant l'écologie, l'urbanisme, la psychologie et la sociologie.

Des coupures, discontinuités et fragmentations aux potentiels liens urbains, écologiques et sociaux

Une autre notion nous semble converger, la notion de lien. En urbanisme, les espaces publics renvoient à des lieux de rencontres sociales et politiques accessibles à tous ainsi qu'à des espaces de liens urbains. Pierre Lavedan (1926) considérait la ville comme un ensemble d'édifices publics et privés reliés par des espaces libres : les rues, places et jardins, qui créent une forme urbaine et artistique. Les liens entre territoires, lieux et milieux s'opposent à la rupture, aux limites et à la fragmentation. La « liaison » exprime une manière de lier, de joindre ou de mêler deux ou plusieurs éléments, afin d'assurer la continuité ou la cohésion d'un ensemble (en l'occurrence un territoire, un paysage). Elle peut prendre différentes formes selon le plan (armature, trame, matrice viaire), mais aussi selon l'échelle plus fine des liens (soit, à tout ce qui attache et unit), de rues, passages, chemins et places. Elles ont des effets de composition urbaine, d'ambiances, de paysages, de vie urbaine ainsi que de transitions (créant des liens progressifs ou abrupts en fonction de différentes continuités, voire des attaches ou des accroches spatiales et symboliques) (Panerai, 2002).

À l'inverse, la fragmentation spatiale (Gervais-Lambony, 2001) est le processus qui favorise les discontinuités et la destruction de la cohérence et des liens entre les entités de la ville. La fragmentation urbaine a pour corollaire la fragmentation sociale (Navez-Bouchanine, 2002 ; Pinçon Charlot, 2001) favorisant des inégalités sociospatiales, du repli et une absence de représentation partagée de la ville comme espace commun de rencontre, de culture, d'habiter.

Parallèlement, de nombreux travaux en écologie ont exploré depuis déjà longtemps les conséquences écologiques de la fragmentation des habitats écologiques sur la biodiversité (Fahrig, 2003) ainsi que l'effet des barrières sur le déplacement des espèces (Bennet, 1998 ; Ouédraogo *et al.*, 2020). Les effets de la fragmentation sont analysés dans un cadre scientifique au travers de mesures de connectivité. Leur traduction opérationnelle en aménagement s'exprime en revanche couramment en matière de liaisons à créer, à conforter, ou à préserver. Pour compenser les effets de la fragmentation des habitats écologiques que favorisent les ILT et la fragmentation urbaine, sociale et écologique qu'ils génèrent, il y a lieu de s'interroger sur les liaisons en tant que levier de composition et de transition urbaines, et de connectivités écologiques. D'ailleurs, des politiques environnementales cherchent déjà à compenser les discontinuités écologiques (trames vertes et trames bleues, mises en œuvre de compensation écologique, projets de passages à faune). Elles cherchent à recréer des corridors, même si le concept est trop souvent réduit à sa seule fonction spatiale de couloir au détriment de celles d'habitat, de source, de puits d'individus (Forman, 1995).

Les effets négatifs de la fragmentation sont modulés dans certains contextes urbains ou écologiques. Ainsi, le caractère insulaire de certains territoires entre plusieurs ILT peut favoriser des identités territoriales, c'est-à-dire créer des entités singulières dans l'espace urbain avec des représentations et des vécus associés, comme à l'Île-Saint-Denis en Seine-Saint-Denis (Bailly *et al.*, 2014). De même, certains habitats écologiques aux abords des axes routiers peuvent constituer une continuité relative pour certaines espèces, sans pour autant compenser l'effet fragmentant. Ces processus restent très dépendants à la fois des échelles spatiales et des caractéristiques des espèces considérées (Ouédraogo *et al.*, 2020). Les axes routiers peuvent aussi favoriser la dissémination de graines et plus largement de diaspores (fruits, fragments végétaux, individus juvéniles ou adultes, spores) (Von der Lippe et Kowarik, 2007, 2008 ; Omar, 2018, 2019). Fahrig (2017) montre même des effets positifs par la présence de lisières des habitats, souvent plus riches en espèces, dans les paysages fragmentés. Bien que ces conclusions soient critiquées (Fletcher *et al.*, 2018), le questionnement reste pertinent, la diversité de milieux qu'ils permettent étant un facteur de biodiversité (Wania *et al.*, 2006), et les tâches d'habitat de petite taille peuvent être importantes pour la biodiversité et à ne pas négliger dans un objectif de préservation. Le processus de dispersion est aussi à prendre en compte pour l'analyse de la flore comme de la faune des abords de ces ILT (von der Lippe et Kowarik, 2012).

Les abords des ILT se trouvent ainsi dans une situation ambivalente entre la discontinuité écologique et les coupures urbaines conduisant à une fragmentation sociospatiale et écologique, mais aussi à de potentiels effets de liens, de composition, de transitions et de connectivité entre habitats humains et non humains, qui s'imposent au regard qu'on peut porter sur ces lieux et milieux.

Des marges et délaissés aux lisières urbaines

Les espaces aux abords d'ILT sont mal définis par les politiques publiques et leurs sens varient selon les disciplines. De fait, ils sont souvent réduits à leurs accotements, soit une bande d'espace plus ou moins large qui permet de relier, en coupe, le niveau de l'infrastructure et celui du terrain dit naturel. En grande partie déterminés par sa fonction, ils conditionnent son aménagement (pente du talus, plantations...) (Delbaere et Ehrmann, 2015). Au gré de l'urbanisation et des remembrements, des enclaves jouxtent les bandes d'accotements réglementaires, avec leur morphologie propre (épaisseur, linéarité, interface). Elles sont le plus souvent perçues comme des délaissés, résidus de l'infrastructure. Elles sont parfois appréciées comme des réserves foncières, d'accueil des populations exclues ou de projet de compensation écologique⁵⁴. Pourraient-elles plus largement être envisagées comme des lieux et milieux de liens pour les espèces vivantes et les riverains ?

Le vocabulaire mobilisé pour désigner ces abords d'ILT est multiple. Franges, marges, délaissés, interstices, lisières, relèvent pourtant de sens différents que nous proposons de préciser. Il nous faut distinguer les termes liés à l'abandon de ceux qui jouent un rôle dans les espaces métropolitains.

Les premiers renvoient au terme de délaissé, (du latin *laxare*), soit les espaces laissés vacants temporairement (quand ils sont en attente de projets urbains) ou de manière permanente (quand il s'agit de résidus des découpages des opérations d'aménagement). Ils sont aussi liés aux friches qui se définissent par l'abandon de leur destination passée (agricole, industrielle, etc.) (Chaline, 1999). Celles-ci font parfois l'objet de réinvestissement — nouveaux territoires de l'art (Lextraire, 2001), tiers-lieux ou tiers-paysages (Clément, 2003) — et changent de statut, devenant plutôt des interstices. Ces espaces délaissés peuvent également être qualifiés de friches dans les typologies de milieux en écologie, même si ce terme englobe des réalités très diverses. Différents travaux ont pu montrer leurs intérêts possibles pour la biodiversité et les différents facteurs qui peuvent l'influencer (Murtet *et al.*, 2007 ; Bonthoux *et al.*, 2014).

Les seconds types de qualificatifs renvoient à des lieux d'expériences urbaines singulières hors ou à côté des espaces habités. Si l'interstice désigne un espacement, des « vides entre » (Tonnelat, 2003), ces lieux sont favorables à des expériences interstitielles intermittentes et non déterminées par une fonction (Le Strat, 2006). De même, la frange, du latin *fibria*, signifiant fibre, est une composante des choses, invisibles, fragiles et vivantes, qui, appliquée à l'urbain, exprime le front de la ville, avec ses qualités d'ornement, d'embellissement et sa fibre sensible. Les marges, elles, désignent les espaces qui ont échappé à l'urbanisation. Elles sont toujours en relation avec un espace autre par le mouvement de la marche, par les marques des êtres.

Les lisières, elles, introduisent d'autres spatialités et d'autres modes d'habiter pour les vivants. Si son sens latin, *licium*, décrit les bordures de la limite (frontière entre la ville et la campagne, par exemple), elles dessinent aussi le territoire lui-même. Elles en sont la matrice comme un archipel (Follea, 2019). Les lisières sont passées

54. Elles sont rarement l'enjeu d'aménagement. On peut citer l'exemple de Paris qui propose leur réaménagement pour faire muter le périphérique en boulevard urbain. Elles deviennent alors un enjeu de composition urbaine.

d'un sens de ligne de démarcation, à celui de zone tampon, en passant par l'espace de transition entre plusieurs types d'espaces (Vanbutsele S. et Declève B., 2015). La notion a enfin été élargie en considérant ces qualités de lieux et de milieux, de liens et de réseaux (Bailly *et al.*, 2020). La lisière urbaine est ainsi définie comme un réseau de lieux et de milieux singuliers sur les plans spatial, social, identitaire, sensible et écologique, nés de la rencontre entre plusieurs espaces et habitats naturels et/ou habités et plus ou moins reliés entre eux. Elle permet d'intégrer les notions de lieux et de milieux, mais aussi de liens pour qualifier ces espaces.

De fait, les abords d'ILT créent des lisières en tant que lieux vécus et entretenus, au contour flou (foncier, aménagement, fonctions, usages peu lisibles, moins déterminés socialement), mais en riveraineté avec un territoire (Bres et Vanier, 2014). Ils présentent aussi des milieux écotones nés de la rencontre de plusieurs milieux, ayant une richesse en matière de biodiversité. Dans des paysages agricoles, ils peuvent constituer une opportunité pour la conservation de la biodiversité, par exemple pour la flore (Arenas *et al.*, 2017) ou pour des insectes (guêpes et abeilles, Heneberg *et al.*, 2017). Dans le contexte urbain, O'Sullivan *et al.* (2017) montrent qu'ils peuvent fournir de nombreux services écosystémiques, même si la proximité de la route a des influences négatives (pollution de l'air, pollution lumineuse, homogénéisation biotique des habitats urbains, espèces exotiques...) sur la biodiversité. Cette approche est à mettre en perspective avec une approche psychologique des lisières qui l'appréhende comme des espaces sociaux et d'usage parallèles (Fischer, 1992). Elles sont des espaces d'entre-deux, de transition, de passage, sans attribution, disponibles, car non entièrement définis contrairement aux espaces définis qui les entourent. Ils font l'objet de pratiques parallèles, voire marginales ou déviantes (Lizet, 2010) qui permettent aux individus d'échapper aux modalités plus formelles d'occupation de l'espace. Elles apparaissent ainsi comme des lieux sans fonctions ni pratiques préaffectées (Lizet, 2010) et comme des espaces d'expression d'initiatives, de conduites non prévues qui peuvent freiner d'autres formes d'expression ou de comportement plus attendus. Dès lors, s'ils font lieux du fait qu'ils sont vécus, la manière dont ils sont pratiqués et appropriés reste à considérer.

Ce détour sémantique nous montre que les abords d'ILT apparaissent avant tout comme des marges issues des délaissés de l'urbanisation. Selon nous, certains d'entre eux pourraient constituer des espaces de lisières urbaines sous certaines conditions. Les aborder comme des lisières permet de s'interroger sur leurs qualités de lieux et milieux d'habitat/habiter, de liens (liaisons urbaines et connectivité écologique). Cela invite à observer ces abords, non plus comme des marges ou des délaissés à aménager, mais comme des habitats qui favorisent des vécus et des liens à des échelles variées. Cela nous demande d'inverser le regard posé sur ces espaces de nature contraints, mais communs aux humains et non-humains, dans une conception moins anthropocentrée et moins centrée sur leurs effets négatifs (fragmentation, détérioration des habitats).

►► Une méthode de recherche interdisciplinaire

Le projet T'ILT repose sur une méthode structurée en cinq étapes et en trois échelles d'analyse : l'agglomération (liens/fragmentation), intermédiaire (identification des espaces lisières) et locale (sites des lieux lisières). Celles-ci ont été menées de sorte

que la construction des outils de recueil de données, les relevés de terrain et les enquêtes, puis l'analyse des données ont été conduits de façon collégiale et croisée. Elles sont résumées par la figure 10.1.

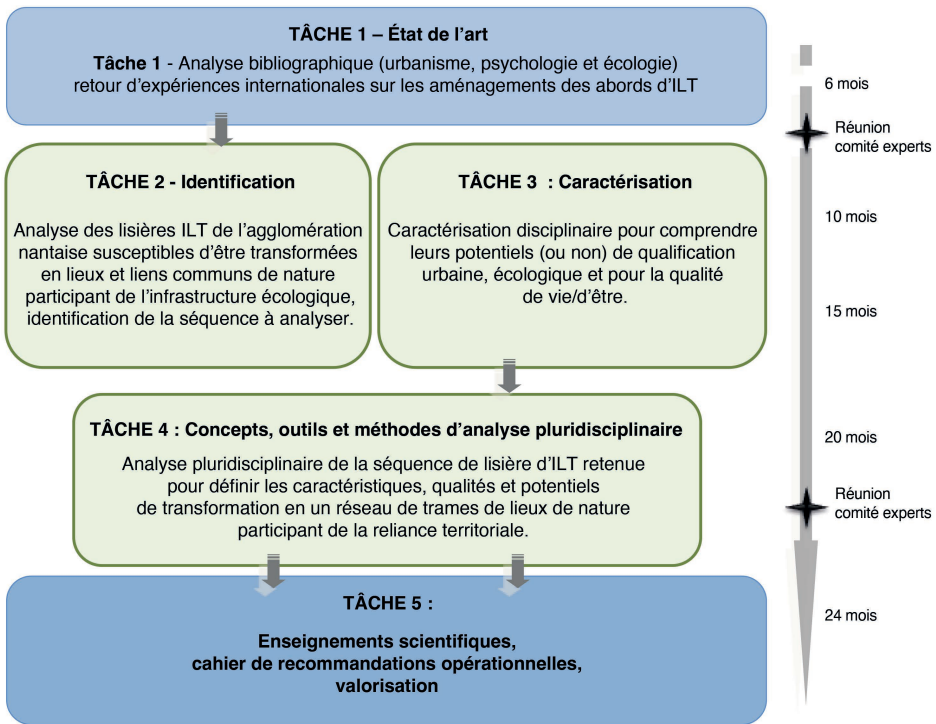


Figure 10.1. Schéma récapitulatif des étapes de la recherche T’ILT

Source : les auteurs du chapitre, et Bailly E. (dir.), 2023. *T’ILT – Territoires d’ILT, méandres de lieux de nature métropolitains ?*, rapport final Ittecop, p. 10

L’analyse des lisières d’ILT de l’agglomération nantaise vise à observer les liens (liaison, maillage et interface urbaine, continuité paysagère et connectivité écologique). Elle repose sur une analyse paysagère, urbaine et écologique pour identifier les liens et les fragmentations qui s’opèrent le long des ILT. Elle cherche aussi à identifier les espaces susceptibles de constituer ce que l’on a appelé des espaces lisières de nature sur certaines séquences, susceptibles de créer lieux et milieux en rive de l’ILT et des quartiers habités. À cette échelle, nous parlons d’espace lisière dans la mesure où il n’est pas possible d’évaluer leurs qualités de lieu et de milieu. Nous parlerons de lieux-lisière quand ils auront des qualités de lieux et milieux de liens.

La caractérisation urbaine vise à comprendre si, et comment les abords d’ILT du périphérique et des autres ILT (voies ferrées, lignes à haute tension) implantées dans son sillage peuvent faire lien. Elle repose sur l’analyse de leur insertion urbaine dans les tissus métropolitains à partir des analyses cartographiques et de relevés de terrain⁵⁵. Nos observations des ruptures et des liaisons urbaines, de ses variations

55. Les résultats des relevés de terrain sont issus d’une série d’arpentage depuis et aux abords du périphérique et des autres ILT considérés.

linéaires et d'épaisseur selon les étapes d'aménagement héritées montrent des jeux de distanciation, d'espaces et d'accroches avec le tissu résidentiel. Ces jeux participent des « tissus urbains » (Panerai, 2002) et créent de potentiels espaces lisières du point de vue de leurs caractéristiques spatiales. Ces observations sont symétriques à celles liées au paysage et aux connectivités écologiques qui visent à comprendre l'évolution de l'occupation du sol et notamment de la place des espaces à caractère naturel autour et avec le périurbain nantais. Grâce à l'utilisation de données spatiales d'occupation du sol à différentes dates⁵⁶, différentes trajectoires paysagères ont été distinguées. Elles permettent d'évaluer l'influence du périurbain sur la connectivité écologique et le rôle des espaces délaissés dans l'amélioration potentielle de cette connectivité. Elles examinent les indicateurs pouvant expliquer une évolution plutôt qu'une autre, en particulier pour les espaces que l'on peut considérer comme des espaces de nature potentiels⁵⁷. Cette analyse écologique s'est également prolongée par un travail d'analyse de l'influence du positionnement géographique (plus particulièrement, du voisinage plus ou moins urbain et de la proximité d'une ILT) des sites de la métropole nantaise sur leur biodiversité. Ce travail de terrain s'est basé sur un échantillonnage de boisement à l'échelle de l'agglomération (dix-sept au total⁵⁸) pour une approche comparative de la richesse végétale et des boisements. Enfin, une série d'entretiens avec les collectivités locales et les gestionnaires a également été menée pour appréhender leur représentation et leur mode de gestion.

Cette échelle vise ainsi à analyser les phénomènes de liens et/ou de fragmentation socio-urbaine, écologique et paysagère liés aux ILT présentes dans la ceinture périurbaine de Nantes, mais aussi à identifier les espaces lisières (à une échelle intermédiaire) et leurs potentialités de riveraineté territoriale à cette échelle.

À l'échelle locale, l'analyse pluridisciplinaire s'est centrée sur deux sites choisis parmi les sept espaces lisières d'ILT identifiés dans le contexte nantais. Elle a cherché à évaluer leurs qualités potentielles de lieux et milieux, mais aussi de liens, en vue de créer des espaces publics (ou communs) de nature. Elle repose sur une analyse urbaine, écologique et psychosociale. À cette échelle, l'analyse urbaine vise à comprendre dans quelles conditions et comment les abords d'ILT sont susceptibles de faire lieu, et donc d'être vécus et en partie conçus. Elle observe, selon les principes d'analyse urbaine *in situ*⁵⁹ et sur plan, les configurations spatiales internes. Elle repose sur une analyse sociospatiale : compositions spatiales, paysagères et sociales,

56. 1952, 1981, 1999, 2009, 2018. Données fournies par Nantes Métropole.

57. Nous avons mobilisé différentes méthodes d'analyse spatiale pour répondre à ces objectifs : caractérisation quantitative des paysages des alentours du périurbain par un découpage en tronçons, et établissement d'une typologie essentiellement basée sur leur occupation du sol actuelle, puis analyse des trajectoires paysagères. L'analyse des connectivités écologiques a été réalisée par l'utilisation de Graphab, en se limitant aux espaces boisés.

58. Ces dix-sept stations sont de surfaces variables, d'une moyenne d'environ un hectare, soumises à une gestion faible à très faible, et réparties à une distance plus ou moins éloignée du périurbain de Nantes selon le gradient ville-campagne. Les boisements sont sélectionnés afin d'obtenir des objets d'études de milieux comparables, alors que les boisements humides nous auraient contraints dans notre sélection avec la nécessité d'avoir un cours d'eau à proximité, d'autant plus qu'ils ont une place particulière dans l'aménagement urbain de manière générale.

59. Elle s'appuie sur des séries d'arpentage (cinq) à l'intérieur et autour du secteur étudié, à des saisons et à des moments différents pour observer les modes d'appropriations.

dynamiques de liaisons/connectivités avec les tissus urbains, marqueurs symboliques et modes d'appropriation, d'ambiances relevées⁶⁰. Cette approche permet ainsi de qualifier les conditions qui favorisent (ou pas) la qualité spatiale des lieux et des liens de proximité dans l'espace lisière. Parallèlement, la caractérisation écologique, centrée sur l'analyse de la biodiversité végétale, visait à étudier globalement la biodiversité⁶¹. Par ailleurs, l'analyse comparative des boisements à l'échelle de l'agglomération nantaise permet de situer la biodiversité des espaces boisés des deux sites d'approfondissement par rapport à d'autres secteurs boisés de la métropole. Enfin, la caractérisation de la perception de ces espaces et de leurs usages par les riverains a reposé sur une enquête de terrain visant à identifier les potentialités des espaces lisières selon un angle psycho-sociospatial en intégrant les facteurs proposés par les autres disciplines. L'objectif a été de s'interroger sur la relation que les habitants construisent avec ces espaces proches de leur lieu de vie ; pour cela, il a été nécessaire de recueillir et d'analyser leurs perceptions, représentations, attachements, ressentis, et leurs pratiques de ces espaces et plus largement de leur milieu de vie. À cette fin, nous avons conduit une enquête qualitative (basée sur des parcours commentés⁶²) sur les deux séquences sélectionnées. Ce parcours a été construit selon un itinéraire jalonné par quatre points d'arrêts que nous avons définis en fonction de la distance les séparant des ILT (périphérique, ligne à haute tension, voie ferrée), des espaces résidentiels, de leurs configurations spatiales et paysagères, de leur caractérisation écologique et des possibilités d'usages observés dans une série d'arpentage collectif. Ainsi, le parcours déterminé offre-t-il à la fois des enjeux paysagers, urbains, sociaux et écologiques, et la grille d'entretien a été enrichie du questionnement de chacun. Les dix-huit entretiens semi-directifs menés pendant le cheminement auprès d'habitants entre les mois d'avril et de juillet 2022 se terminaient également par une tâche de carte mentale. L'analyse des données discursives repose sur une analyse de contenu thématique et l'analyse cartographique sur une analyse sociospatiale. Elles nous permettent de comprendre les perceptions, représentations et vécus de ces lieux et de qualifier la qualité d'expérience de ces lieux lisières aux abords d'ILT.

Ces approches par échelles nous permettent de mettre à l'épreuve nos méthodes et nos résultats d'observation afin de penser les espaces lisières.

60. Ces manifestations n'ont pas fait l'objet de mesures et restent donc liées aux ambiances observées *in situ*.

61. Elle a consisté d'abord en une cartographie des types de végétation comparée à des relevés de terrain. Le terrain a permis de vérifier et de compléter les cartes de formations végétales produites afin d'avoir une description plus précise de la végétation en notant par exemple : lande dominée par l'ajonc d'Europe, bois de hêtraie-chênaie... Ces nouvelles descriptions ont pu ensuite être associées à des descriptions d'habitats écologiques qui s'appuient sur les dénominations des classifications Corine Biotope et EUNIS. Par ailleurs, les espèces végétales présentes dans un périmètre circulaire de 30 m² autour de chaque point ont toutes été relevées et leur recouvrement évalué selon des coefficients d'abondance (Braun-Blanquet). Elle a aussi proposé un inventaire floristique par type de végétation sur plusieurs points (rayon de dix mètres), dont les points d'arrêt du parcours commenté, et une analyse de l'occupation du sol du voisinage de chaque site.

62. Une technique de recueil de données qui permet de récolter en temps réel la manière dont les individus éprouvent et pratiquent leur relation à l'espace (Raulet-Croset *et al.*, 2013).

► Premiers résultats croisés issus de l'analyse métropolitaine

Notre analyse croisée, à l'échelle métropolitaine, fait apparaître des dynamiques urbaines et écologiques entremêlées qui vont impacter la possibilité d'appropriation des espaces lisières aux abords des ILT et leurs qualités potentielles de lieux, de milieux et de liens.

Le périphérique nantais, cercle de 42 km, est plus ou moins intégré dans la zone urbaine et accompagné de nombreux espaces à caractère naturel, plus ou moins végétalisés, comme le montre la figure 10.2 ci-dessous. La largeur considérée, pour les analyses quantitatives, est de 500 m de part et d'autre.

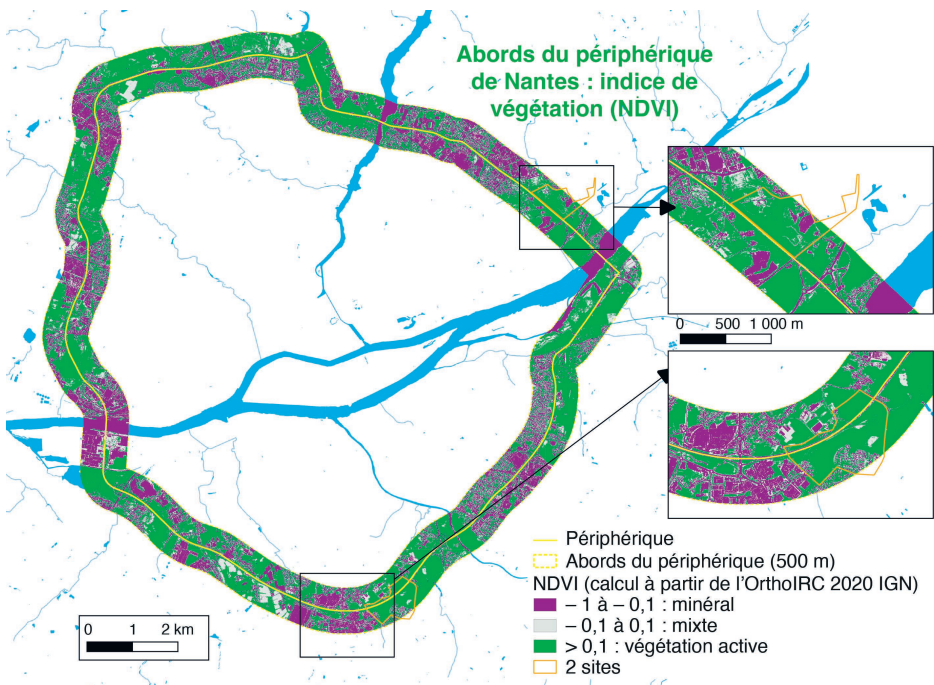


Figure 10.2. Zones végétalisées aux abords du périphérique nantais identifiées par une classification automatique de photographie aérienne infrarouge

Source : Bailly E. (dir.), 2023. *T'ILT – Territoires d'ILT, méandres de lieux de nature métropolitains ?*, rapport final Ittecop, p. 25

Le périphérique suit un tracé qui coupe le territoire. Il sépare, il isole, même s'il se traverse à certains endroits. La présence des autres ILT accentue l'impact de la coupure urbaine, épaississant l'emprise du périphérique. Elle crée des ruptures dans le tissu urbain et naturel et un ensemble de morceaux de territoire fragmentés, découpés dans leur linéaire comme dans leur épaisseur. Le développement des autres ILT qui traversent ou bordent le périphérique accentue grandement ces césures par l'emprise des espaces libres aux abords du périphérique. Par exemple, les lignes à haute tension créent une série de travées qui accompagnent le périphérique et élargissent les espaces délaissés.

Ces ruptures urbaines générées par le développement des ILT favorisent une grande hétérogénéité des univers urbains et paysagers. Celle-ci est accentuée par la variété d'un contexte géographique, liée notamment à la présence des reliefs et de cours d'eau (la Loire, l'Erdre, la Sèvre Nantaise, la Chézine, le Cens). L'urbanisation est elle-même vectrice de fragmentation selon une double dynamique urbaine : l'aménagement du périphérique par séquence sous l'égide de différentes maîtrises d'ouvrage, d'une part, et l'urbanisation progressive des abords et des délaissés — équipements, zones d'activités... — qui l'ont petit à petit masquée et enserrée dans le tissu urbain, d'autre part. Il s'ensuit une forte diversité de l'occupation des sols qui lui donne un caractère composite que révèle la caractérisation quantitative des paysages des abords du périphérique⁶³ (figure 10.3) (Perlot, 2022), avec des tronçons dominés par les activités industrielles ou commerciales (en rouge et rouge foncé), par des zones de bâti résidentiel (en orange ou jaune), et des tronçons moins bâtis (dominés par la présence d'eau en bleu, d'activités agricoles en vert clair, ou des espaces végétalisés à caractère naturel en vert foncé). Les tronçons dominés par des zones de bâti résidentiel (en orange ou jaune) se situent tous à proximité quasi immédiate de tronçons dominés par des espaces à caractère naturel (en vert foncé).

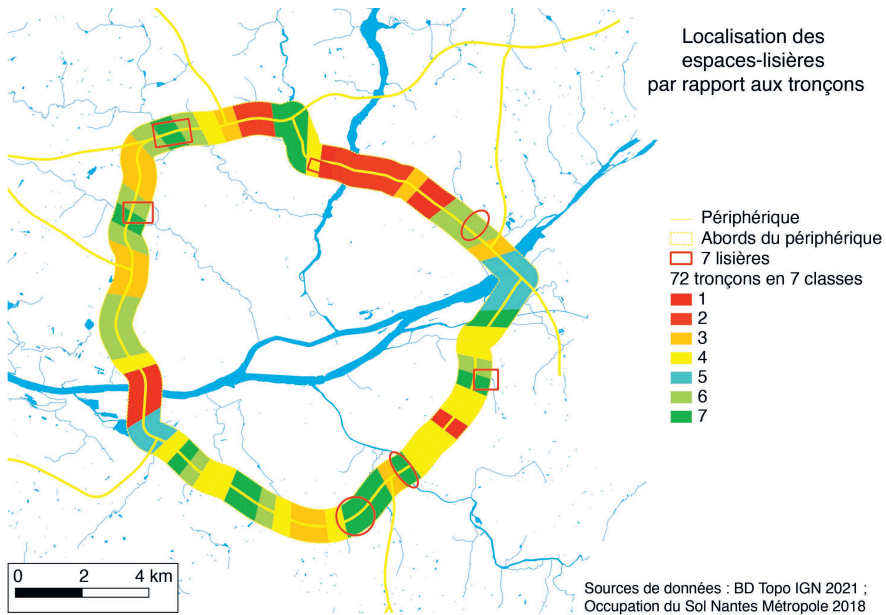


Figure 10.3. Typologie de tronçons du périphérique nantais obtenue par classification automatique. En rouge et en rouge foncé, les tronçons dominés par les activités industrielles ou commerciales ; en orange ou en jaune, les tronçons dominés par des zones de bâti résidentiel ; en bleu, ceux dominés par la présence d'eau ; en vert clair, ceux dominés par les activités agricoles et en vert foncé, ceux dominés par des espaces végétalisés à caractère naturel

Source : Bailly E. (dir.), 2023. *T'ILT – Territoires d'ILT, méandres de lieux de nature métropolitains ?*, rapport final Ittecop, p. 28

63. Le périphérique a été segmenté en soixante-douze tronçons de taille égale, pour lesquels des indicateurs paysagers ont été calculés à partir des bases de données disponibles (occupation du sol, relief, présence de cours d'eau). Une analyse statistique (analyse en composantes principales puis classification ascendante hiérarchique) a permis la construction d'une typologie de faciès paysagers en sept classes (Paly *et al.*, 2022).

L'analyse de trajectoire temporelle de ces tronçons depuis les années 1950 montre une période de changements importants de l'occupation du sol dans les années 1980 et 1990, période de construction du périphérique, avec une urbanisation très rapide dans le sillage du périphérique et le maintien des zones dominées par les milieux à caractère naturel uniquement dans les vallées. On constate dans ces zones, et globalement sur l'ensemble du pourtour du périphérique, un doublement des surfaces arborées, au détriment des zones agricoles (seuls 10 % persistent) et des prairies naturelles (les trois quarts ont disparu face à l'urbanisation, et une petite partie est recréée à la suite d'une déprise agricole). Paradoxalement, de nouveaux milieux naturels se sont aussi déployés avec l'extension des ILT. L'analyse de l'évolution de la connectivité des espaces boisés⁶⁴ (Perlot, 2022) montre ainsi une augmentation de la connectivité globale des espaces boisés à l'échelle de la métropole depuis les années 1950, liée à l'augmentation globale des espaces arborés. Les ruptures de connectivité à la suite de la création du périphérique sont ainsi compensées localement par le maintien, voire l'extension des ripisylves ou des espaces boisés dans les vallées, mais aussi par la création de nouveaux espaces arborés transversaux en bord de périphérique qui semblent être des nœuds importants pour lier intérieur et extérieur.

Si l'on note une fragmentation — Antoine Brès (2007) parle d'infrastructure ségrégée —, on observe la régénération de milieux boisés. Si des discontinuités urbaines et paysagères prédominent, on observe ponctuellement des microcontinuités naturelles, mais aussi urbaines (traversées, ponts, qui créent autant d'opportunités d'adhérence des ILT avec le territoire ; Amar, 1983). On identifie ainsi de vastes espaces dont certains sont délaissés, mais d'autres paraissent plus appropriés, notamment par leur riveraineté avec des quartiers résidentiels (Brès, 2007). Ces espaces de nature représentent selon nous de potentiels « espaces lisières ». Par la photo-interprétation de la photographie aérienne et l'arpentage, nous en avons identifié sept dans le sillage des ILT du périphérique nantais (figure 10.4). Ils sont conditionnés à certaines caractéristiques urbaines et paysagères : liens avec des espaces résidentiels, accroches et épaisseur végétale, présence de franchissement, de cheminement... qui rendent possibles leurs vécus et leurs liens à des territoires riverains.

Ainsi, l'approche croisée nous montre la multiplicité des dynamiques qui favorisent certes des césures, des barrières et la fragmentation territoriale à grande échelle. Elle montre aussi des dynamiques sous-jacentes à la faveur de microcontinuités végétales et urbaines et de liens avec les tissus résidentiels. Elle souligne l'existence de milieux, tels les boisements observés, avec une plus forte naturalité à proximité des ILT. Elle révèle l'existence (sous certaines conditions) d'espaces lisières potentiellement appropriables, et donc de création de lieux lisières de nature d'un nouveau genre. Ceux-ci favorisent moins un maillage territorial que des microliens de proximité qui sont néanmoins des accroches favorisant l'insertion territoriale des ILT et des habitats riverains.

Deux des sept espaces lisières identifiés ont fait l'objet d'analyses croisées entre disciplines scientifiques dans le projet T'ILT : les sites nommés « Sainte Luce » et « Pont Perdu », localisés sur la figure 10.5.

64. Analyse menée à l'échelle de la métropole avec la mise en œuvre du logiciel Graphab paramétré pour des espèces forestières relativement mobiles.

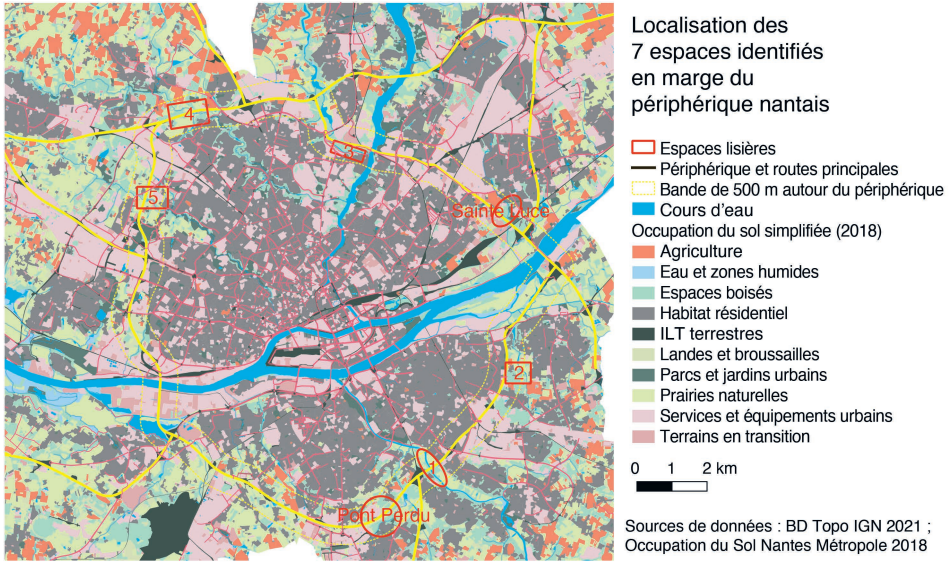


Figure 10.4. Les sept espaces lisières potentiels : cinq espaces ont été identifiés et analysés uniquement sous l'angle urbanistique (numéros 1 à 5) et les deux autres (nommés) ont donné lieu à l'analyse pluridisciplinaire détaillée du projet T'ILT

Source : Bailly E. (dir.), 2023. *T'ILT – Territoires d'ILT, méandres de lieux de nature métropolitains ?*, rapport final Ittecop, p. 31

Localisation des 7 espaces lisières en marge du périphérique nantais et des 2 sites choisis et analysés en détail

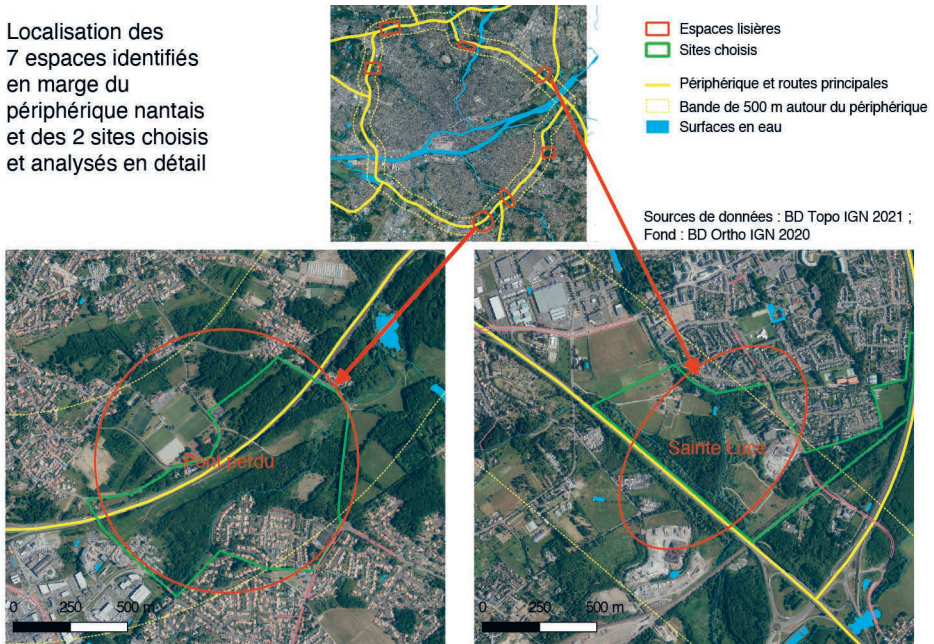


Figure 10.5. Zoom sur les deux sites choisis pour l'analyse pluridisciplinaire détaillée

Source : Bailly E. (dir.), 2023. *T'ILT – Territoires d'ILT, méandres de lieux de nature métropolitains ?*, rapport final Ittecop, p. 51

►► Conclusion

Notre recherche montre combien la rencontre des disciplines et des méthodes (cartographique, empirique, d'analyse urbaine et d'enquête...) nous incite à nous interroger sur les grilles de lecture afférentes aux ILT des politiques publiques, le plus souvent réduites à des visées de déplacement et de sécurité.

Le croisement disciplinaire de certaines notions (lieu, milieu, lien) nous amène à considérer autrement ces espaces contraints, en tant que potentiels espaces lisières susceptibles de devenir des lieux lisières quand ils sont appropriés. Il nous montre la complexité des dynamiques à l'œuvre et nous incite à ne pas limiter les abords d'ILT à des espaces délaissés à combler ou à une contrainte de gestion. Ils présentent des perspectives de coexistences, homme-nature et humains/non-humains. Ils arborent ponctuellement des potentialités de lieux vécus, milieux habités et liens écologiques, paysagers et/ou urbains, notamment quand ils sont riverains d'espaces résidentiels.

L'identification et la description des potentiels bénéfiques de ces espaces nous invitent à souligner une démarche entreprise par Cynthia Fleury et Antoine Fenoglio (2022) et décrite dans leur *Charte du Verstohlen*. Les auteurs invitent à envisager autrement des territoires, des sociétés, des écosystèmes considérés comme hautement vulnérables. Ils évoquent notamment des *hot-spots* de vulnérabilité, inspirés des *hot-spots* écologiques pour montrer leur potentiel à plus large échelle. Transposés à notre problématique, nous pourrions considérer ces espaces dont le contour est flou, le statut est indéfini et les usages contraints non plus comme des espaces déficitaires, mais comme des lieux d'expérience, de revitalisation. Cette approche capacitaire innovante serait restauratrice tant du point de vue des habitants que de la ville et de la biodiversité et ouvrirait la perspective de valorisation de lieux lisières de nature dans le sillage des ILT.

►► Bibliographie

- Amar G., 1983. Pour une écologie urbaine des transports, *Annales de la recherche urbaine*, 59-60, p. 140-151.
- Arendt H., 1958. *Condition de l'homme moderne*, Paris, Calmann-Lévy, coll. Agora.
- Arenas J.-M., Escudero A., Mola I., Casado M. A., 2017. Roadsides: An opportunity for biodiversity conservation, *Applied Vegetation Science*, 20, 527-537.
- Arrif T., Blanc N., Clergeau P., 2011. Trame verte urbaine, un rapport Nature-Urbain entre géographie et écologie, *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- Augé M., 1992. *Non-lieux ; introduction à l'anthropologie de la surmodernité*. Évreux, La librairie du xx^e siècle, Seuil.
- Bachelard G., 1957. *La poétique de l'espace*, reed. Paris PUF.
- Bailly E., Wakeman R., Duret H., Prié V., Paquot T., 2014. *L'enjeu du paysage commun*, rapport de recherche, programme PDD2 du MEDDE en partenariat avec Fordham University et Lab'urba.
- Bailly E., 2018. *Oser la ville sensible*, Nantes, Cosmografia.
- Bailly E., Laroche S., Finger A., Fisher C., 2020. *Lisières et paysages urbains*, rapport de recherche final, INTERREG, France-Suisse, Genève.
- Bennet A.F., 1998. *Linkages in the landscape, the role of corridors and connectivity in the wildlife conservation*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 254 p.

- Bergson H., 1939. *Matière et mémoire. Essai sur la relation du corps à l'esprit*, Paris, Édition Critique, coll. Quadrige, 550 p.
- Bonthoux S., Brun M., Di Pietro F., Greulich S., Bouché-Pillon S., 2014. How can wastelands promote biodiversity in cities? A review, *Landscape Urban Plan*, 132, 79-88.
- Brès A., 2007. Urbanité des transports en commun et riveraineté des voies, *Transports urbains*, 2(111), 26-30.
- Brès A., Vanier M., 2014. Adhérence des réseaux de circulation au « tiers espace » des régions urbaines : les figures d'une riveraineté de bord de route, *Flux*, 1(95), 56-64.
- Chaline C., 1999. *La régénération urbaine*, Paris, PUF.
- Clément G., 2003. *Manifeste du tiers-paysage*, Paris, Éditions Sujet/Objet, 2004.
- Clergeau P. (dir.), 2020. *Biodiversité urbaine et aménagement*, Apogée, Paris.
- Daniel H., Le Bot J.-M., Beaujouan V., Philip F., Toublanc M., Bonin S., Montebault D., Hubert-Moy L., Ollivier C., 2013. Les espaces arborés dans les paysages urbains de trois agglomérations de l'ouest de la France, in Clergeau P., Blanc N., *Trames Vertes Urbaines : de la recherche scientifique au projet urbain*, Le Moniteur, p. 124-153.
- De Certeau M., 1990. *L'Invention du quotidien. L'art de faire*, Paris, Gallimard, coll. Folio Essais.
- Delbaere D., Ehrmann S., 2015. Des talus pleins les yeux, *Projets de paysage*, 13, <http://journals.openedition.org/paysage/10088>.
- Fahrig L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487-515.
- Fahrig L., 2017. Ecological responses to habitat fragmentation per se, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 1-23.
- Fletcher R.J., Didham R.K., Banks-Leite C., Barlow J., Ewers R.M., Rosindell J., Holt R.D., Gonzalez A., Pardini R., Damschen E.I., Melo F.P.L., Ries L., Prevedello J.A., Tschamtk T., Laurance W.F., Lovejoy T., Haddad N.M., 2018. Is habitat fragmentation good for biodiversity?, *Biological Conservation*, 226, 9-15.
- Fleury C., Fenoglio A., 2022. *Ce qui ne peut être volé ; Charte du Verstohlen*, Tract Gallimard.
- Follea B., 2019. *L'archipel des métamorphoses, La transition par le paysage*, Marseille, éditions Parenthèses.
- Forman R.T.T., 1995. *Land mosaic, the ecology of landscape and regions*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Gervais-Lambony P., 2001. La ségrégation dans la grande ville, un essai de définition, in Gervais-Lambony M.A., *Les très grandes villes dans le monde*, Paris, Atlande, p. 33-38.
- Gibson J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*, Boston, Houghton Mifflin.
- Green R. (1999). Meaning and form in community perception of town character, *Journal of Environmental Psychology*, 19, 311-329.
- Heneberg P., Bogusch P., Řezáč M., 2017. Roadside verges can support spontaneous establishment of steppe-like habitats hosting diverse assemblages of bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) in an intensively cultivated central European landscape, *Biodiversity and Conservation*, 26, 843-864.
- Kowarik I., von der Lippe M., 2018. Plant population success across urban ecosystems: A framework to inform biodiversity conservation in cities, *Journal of Applied Ecology*, 55, 2354-2361.
- Lacoste A., Salanon R., 1999. *Éléments de biogéographie et d'écologie*, Nathan Université, éditions Paris.
- Lavedan P., 1926. *Introduction à une histoire de l'architecture urbaine, Antiquité – Moyen Âge*, thèse de doctorat, éditions Paris, H. Laurens, 520 p.
- Lefebvre H., 1974. *La production de l'espace*, Paris, Anthropos, coll. Société et urbanisme (4^e éd., 2000).
- Lextrait F., 2001. *Nouveaux territoires de l'art : friches, laboratoires, fabriques, squats, projets pluridisciplinaires... Une nouvelle époque de l'action culturelle*, rapport vol. 1 à Michel Duffour, secrétaire d'État au Patrimoine et à la Décentralisation culturelle, 91 p.
- Lippe M. von der, Kowarik I., 2012. Interactions between propagule pressure and seed traits shape human-mediated seed dispersal along roads, *Perspectives, Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14, 123-130.

- Lizet B., 2010. Du terrain vague à la friche paysagée, *Ethnologie Française*, 4(4), 597-608.
- Louvel J., Gaudillat V., Poncet L., 2013. EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats, traduction française, Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.
- Le Strat, 2006. *Multipllicité interstitielle*, PNLS.
- Lussault M., 2007. *L'Homme spatial : la construction sociale de l'espace humain*, Paris, Seuil, coll. La couleur des idées.
- Marchand D., Pol E., 2021. *Définition de la perception. Dictionnaire pluriel de La marche en ville* (K.E. Demailly, J. Monnet, J. Scapino, S. Deraëve), Labex Futurs Urbains, L'Œil d'or.
- Michon P., 2019. *Les biens communs. Un modèle alternatif pour habiter nos territoires au xx^e siècle*, Rennes, Presses universitaires de Rennes.
- Navez-Bouchanine F., 2002. *La fragmentation en question : des villes entre fragmentation spatiale et fragmentation sociale ?*, Paris, L'armattan.
- Paquot T. (dir.), 2020. *Écologie des territoires*, Paris, Terres Urbaines.
- O'Sullivan O.S., Holt A.R., Warren P.H., Evans K.L., 2017. Optimising UK urban road verge contributions to biodiversity and ecosystem services with cost-effective management, *Journal of Environmental Management*, 191, 162-171.
- Omar M., Al Sayed N., Barré K., Halwani J., Machon N., 2018. Drivers of the distribution of spontaneous plant communities and species within urban tree bases, *Urban Forestry & Urban Greening*, 35, 174-191.
- Omar M., Schneider-Maunoury L., Barré K., Sayed N.A., Halwani J., Machon N., 2019. Colonization and extinction dynamics among the plant species at tree bases in Paris (France), *Ecology and Evolution*, 9, 8414-8428.
- Ouédraogo D.-Y., Villemey A., Vanpeene S., Coulon A., Azambourg V., Hulard M., Guinard E., Bertheau Y., Flamerie De Lachapelle F., Ruel V., Le Mitouard E., Jeusset A., Vargac M., Witté I., Jactel H., Tourout J., Reyjol Y., Sordello R., 2020. Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for vertebrates in temperate ecosystems? A systematic review, *Environmental Evidence*, 9, 13.
- Paly L., Carcaud N., Beaujouan V., 2022. Reconstitution de trajectoires paysagères de zones humides littorales à l'aide de cartographies diachroniques : exemple des marais estuariens de Corse, *Projets de paysage*, <http://journals.openedition.org/paysage/28359>, <https://doi.org/10.4000/paysage.28359>.
- Panerai P., 2002. *Analyse urbaine*, Marseille, éditions Parenthèse, coll. Eupalinos.
- Perlot A., 2022. *Les abords d'infrastructures linéaires de transport, potentiels espaces publics de nature : exemple du périphérique nantais*, <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03903507>.
- Pinçon M., Pinçon-Charlot M., 2001. Paris : une mosaïque sociale menacée, *Mouvements*.
- Perec G., 1974. *Espèces d'espaces*, Paris, Galilée, coll. L'espace critique.
- Raulet-Croset N., Collard D., Borzeix A., 2013. Les apports des parcours commentés : appréhender l'espace dans les organisations éphémères, *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, 5, 109-128.
- Relph E., 1976. *Place and placelessness*, London, Pion.
- Rosa A., 2020. *Rendre le monde indisponible*, Paris, La Découverte, 144 p.
- Sansot P., 2004. *Poétique de la ville*, Paris, Payot, coll. Petite Bibliothèque Payot.
- 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*, rapport SPN 2015/34, MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris. 90 p. + annexes.
- Tonnellat S., 2003. Interstices urbains, les mobilités des terrains délaissés de l'aménagement, revue Chimères, *Revue des schizoanalyses*, 52, 134-154.
- Tuan Y.F., 1980. Rootedness versus sense of place, *Landscape*, 24, 3-8.
- Vanbutsele S., Declève B., 2015. La lisière des espaces ouverts : support de densification qualitative des métropoles, *VertigO, la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Wania A., Kühn I., Klotz S., 2006. Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany – Spatial gradients of species richness, *Landscape and Urban Planning*, 75, 97-110.

Caractériser la demande sociale pour la biodiversité et les services écosystémiques à l'aide des sciences économiques : le cas du tramway

Anne-Charlotte Vaissière, Coralie Calvet,
Soukaina Anougmar, Basak Bayramoglu,
Carmen Cantuarias-Villessuzanne, Maia David,
Léa Tardieu, Laetitia Tuffery, Sébastien Roussel

►► Introduction

L'aménagement du territoire doit répondre à la fois aux enjeux liés aux contextes d'érosion de la biodiversité et de changement climatique. Pourtant, les atteintes à la biodiversité, notamment *via* l'artificialisation des sols, ont longtemps été ignorées par les projets d'aménagement. Dans les milieux urbains en particulier, qui concentrent plus de 80 % de la population française en 2021⁶⁵, une des conséquences de cette négligence est une vulnérabilité accrue aux extrêmes climatiques de plus en plus fréquents (vagues de chaleur, précipitations intenses et inondations, etc.). Si le développement de modes de transport collectifs a pour ambition de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, en plus de nombreux autres enjeux sociaux et économiques, il convient d'en observer ses effets sur la biodiversité et sur les services écosystémiques. Du fait de leur emprise spatiale considérable (Fosse *et al.*, 2019), les infrastructures linéaires de transport et leurs emprises (ci-après, ILTe) peuvent avoir

65. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.URB.TOTL>

des impacts négatifs sur la biodiversité et sur les paysages de milieux à enjeux écologiques (avec présence d'espèces protégées, corridors écologiques) qu'il est urgent de considérer (Benítez-López *et al.*, 2010 ; Ibsch *et al.*, 2016). Toutefois, lorsqu'elles sont réalisées sur des milieux très artificialisés, ces emprises peuvent être une opportunité pour développer des espaces de végétalisation en ville et favoriser les services écosystémiques urbains associés (Pörtner *et al.*, 2021). Ces derniers contribuent alors aux stratégies d'adaptation des villes au changement climatique, en favorisant par exemple des îlots de fraîcheur, en réduisant les risques d'inondations, de pollutions olfactives, visuelles et sonores, ou encore, en améliorant la qualité de l'air.

Repenser l'intégration écologique et paysagère des ILTe, en particulier de celles liées à des modes de transports collectifs décarbonés (le tramway, dans ce chapitre), relève donc des engagements nationaux et internationaux pour la conservation de la biodiversité et la limitation des impacts du changement climatique sur les populations humaines. Les deux projets financés par le programme Ittecop et présentés dans ce chapitre étudient la demande sociale pour une meilleure prise en compte de la biodiversité et des services écosystémiques dans le développement des ILTe au sein de territoires diversifiés. Ces projets interrogent, en particulier, sur les préférences de la société pour (i) la limitation des impacts de la construction d'ILTe en milieux périurbains et ruraux porteurs d'enjeux écologiques (PÉPITE), et (ii) les services écosystémiques en ville favorisés par la renaturation des ILTe en milieux urbains et périurbains (SEMEUR). Ces travaux contribuent ainsi à la littérature académique sur les questions d'acceptabilité sociale et de justice environnementale autour du développement des ILTe. Sur le plan de l'action publique, comprendre les compromis que les citoyens sont prêts à faire pour satisfaire une telle demande environnementale, si elle existe, est une information utile pour penser la transition écologique des territoires. La caractérisation de cette demande peut également venir en support à la défense des enjeux écologiques dans le développement des ILTe face aux autres composantes de l'intérêt public majeur qui légitiment ces projets. Dans le cas où cette demande sociale serait faible, ou n'émergerait que pour une partie de la population seulement, des recommandations pourront être faites en matière d'éducation et de communication pour sensibiliser aussi bien les usagers et les non-usagers d'ILTe, que les porteurs de projets de ces infrastructures.

Même si c'est absolument sur l'intégration écologique et paysagère des ILTe et non sur le mode de transport auquel elles sont liées que portent les deux projets de recherche, il nous semble important d'expliquer notre choix de travailler sur un mode de transport collectif décarboné. Depuis décembre 2019, la loi d'orientation des mobilités (LOM)⁶⁶ propose un ensemble de mesures destinées à améliorer les déplacements des citoyens dans leurs trajets quotidiens de façon à les rendre « plus faciles, moins coûteux et plus propres » en accord avec les objectifs politiques de neutralité sur le plan climatique et écologique (zéro émission nette de dioxyde de carbone à 2050 et zéro perte nette de biodiversité depuis 2016). Un des principaux éléments qui justifie la LOM est la mise en évidence d'une inadéquation entre la politique de transports passée et les besoins et attentes des citoyens aujourd'hui. De nombreux citoyens n'ont pas d'autres solutions aujourd'hui que l'utilisation

66. <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-dorientation-des-mobilites>

individuelle de leur voiture dans les déplacements quotidiens. Augmenter l'offre de transports collectifs, et notamment à destination des zones périurbaines, constitue alors l'un des principaux piliers de la LOM. Dans ce cadre, de nombreux projets de création et d'extension de lignes de tramway sont prévus à l'échelle nationale (en France métropolitaine principalement). Dans le dernier appel à projets du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires lancé en 2021 pour le soutien aux investissements réalisés dans le déploiement des transports collectifs, une quinzaine de métropoles a répondu avec des projets de développement de leurs réseaux de tramway. Ce mode de transport permettrait de répondre aux enjeux sociaux et de contribuer à l'atteinte des objectifs sur le plan climatique (contribution à la baisse de $-37,5\%$ d'émissions de CO_2 d'ici 2030 et remplacement des modes de transport individuels carbonés). Cependant, au-delà de ces bénéfices, il reste nécessaire de prendre en compte les enjeux écologiques autour du développement des réseaux de tramway en s'interrogeant sur leurs impacts sur la biodiversité et les possibles actions de restauration écologique dans les espaces déjà urbanisés. En effet, le réseau de tramway en France a augmenté de 545% entre 1990 et 2014, devenant alors le premier réseau de transport collectif urbain français (en nombre de kilomètres), devant le métro et le RER (Paquel, 2016).

Dans ce cadre, les projets PÉPITE et SEMEUR proposent d'aborder ces problématiques avec deux angles d'analyse complémentaires :

- le projet SEMEUR⁶⁷, au sein de sa tâche 2 qui porte sur l'évaluation économique des services écosystémiques urbains, se focalise sur la capacité des ILTe à accueillir et à maintenir ces services par des zones de végétalisation aux abords des lignes et des arrêts de tramway. Cette évaluation économique a un double objectif : (i) fournir une évaluation monétaire de ces services accordée par les habitants de la métropole de Lyon, et (ii) inciter les ILTe à participer à la restauration de la canopée (ensemble de la végétation arborée) urbaine. La demande sociale est vue comme un levier pour renaturer les villes en favorisant la végétalisation des ILTe au sein des espaces très artificialisés ;
- le projet PÉPITE⁶⁸ vise à caractériser la demande sociale associée à la prise en compte des enjeux écologiques dans le développement des extensions des réseaux de tramway à l'échelle nationale. Il s'agit dans ce projet d'identifier les compromis que les populations sont prêtes à réaliser pour limiter les impacts écologiques de ces projets en adaptant notamment la vitesse des tramways afin de préserver la présence de biodiversité au plus près des voies.

Les projets PÉPITE et SEMEUR ont pour point commun la méthode économique utilisée, dite « expérience de choix discrets », permettant de mettre en évidence les préférences des répondants grâce à des choix fictifs réitérés. On peut alors comprendre les arbitrages présents, en matière soit de coûts monétaires, soit de temps passé dans les transports. Cette méthode permet également d'affiner la compréhension des préférences pour certaines catégories d'acteurs selon leur profil socio-économique.

67. SEMEUR, capacité des infrastructures de transport à répondre à la demande en services écosystémiques du milieu urbain. Cadre méthodologique et site d'expérimentation sur le territoire de Saint-Fons (Grand Lyon). <https://semeur.hypotheses.org/>

68. PÉPITE, préférences sociales pour des caractéristiques écologiques et paysagères d'infrastructures de transports à l'échelle des territoires.

► L'apport des sciences économiques dans l'évaluation de la demande sociale

L'expérience de choix discrets (DCE) est une méthode qui permet d'éliciter les préférences des individus à partir de choix qu'ils réalisent sur des alternatives hypothétiques qui combinent différentes caractéristiques d'un bien ou d'un service environnemental (Hoyos, 2010). À la différence des méthodes basées sur les préférences révélées, comme la méthode des prix hédoniques qui ne traite que des valeurs d'usage, la méthode DCE permet d'inclure l'évaluation des valeurs de non-usage⁶⁹ déclarées par les citoyens. Un autre avantage est qu'elle permet une évaluation *ex ante* de projets fictifs ou à venir.

La méthode repose sur la théorie selon laquelle la satisfaction du consommateur ne provient pas du bien dans sa globalité, mais des attributs qui le caractérisent (Lancaster, 1966). Si l'on prend l'exemple d'un parc urbain, celui-ci peut varier selon ses attributs (taille, présence d'aire de pique-nique, présence d'eau, etc.) et leurs niveaux (la taille d'un parc peut par exemple avoir trois niveaux : grand, moyen ou petit)⁷⁰. Parmi les attributs se trouve un « attribut de renoncement » (ou « de compromis ») qui s'exprime souvent sous la forme d'un attribut monétaire ou de distance que l'individu devra payer ou effectuer en plus pour avoir accès au bien ou au service étudié (voir encadré ci-dessous). D'autres types d'attributs de compromis sont possibles comme l'expression sous la forme d'un temps supplémentaire, comme c'est le cas dans le projet PÉPITE. Chaque alternative est définie par une combinaison de niveaux et plusieurs alternatives constituent une carte de choix. Lors de l'expérience de choix, de multiples cartes de choix⁷¹ sont présentées aux individus enquêtés. On suppose que chaque individu choisira, dans chaque carte de choix, l'alternative (dans notre exemple, le parc défini selon différentes tailles) qu'il préférera parmi les différentes alternatives qui lui sont présentées. L'une des alternatives est un *statu quo*, soit une alternative qui consiste à « ne rien changer » qui se traduira dans notre illustration par le fait de « ne pas avoir de nouveau parc ». Les analyses économétriques appliquées à l'ensemble des résultats des choix permettent ensuite de calculer la probabilité de sélection d'un parc étant donné les niveaux de ses attributs. La répétition des choix, en faisant varier les niveaux des attributs, permet de révéler le consentement marginal à payer ou à recevoir des personnes enquêtées pour une variation de chaque attribut (ou un consentement à se déplacer si un attribut distance est utilisé). Ces méthodes sont particulièrement pertinentes lorsque l'on souhaite étudier les déterminants des choix des individus face à un arbitrage entre différents scénarios.

69. Il s'agit de la valeur qui n'est pas associée à un usage de l'aménité environnementale (usage récréatif, éducatif, etc.), mais qui repose simplement sur son existence.

70. Les attributs et les niveaux sont généralement déterminés à partir de groupes de travail (« *focus groups* ») réunissant des parties prenantes et des experts des questions étudiées. Dans le cas du développement d'un nouveau parc par exemple, les services de la ville peuvent être impliqués, ainsi que des associations de citoyens, les résidents concernés, etc.

71. Le nombre minimal et représentatif de cartes de choix ainsi que la composition des cartes de choix sont déterminés par des logiciels spécifiques permettant de minimiser l'erreur statistique.

Les deux projets (SEMEUR et PÉPITE) présentent ces situations d'arbitrage dans leurs enquêtes respectives puisque les individus doivent choisir entre des scénarios d'ILTe qui combinent différentes caractéristiques environnementales du territoire (les attributs, tableau 11.1) selon différents niveaux. Dans le projet PÉPITE, l'arbitrage concerne la limitation des dégradations environnementales, et le compromis sous-jacent s'interroge sur le temps supplémentaire que les individus seraient prêts à passer dans le tramway pour limiter l'impact de cette infrastructure de transport sur la biodiversité. Dans le projet SEMEUR, c'est au contraire le fait de favoriser les aménités environnementales à travers les caractéristiques des infrastructures de transport qui est recherché et la question sous-jacente est « combien seriez-vous prêt à payer de taxes locales supplémentaires afin de restaurer les services écosystémiques urbains par la végétalisation du tramway ? » (voir encadré ci-dessous).

Du temps ou de l'argent ? Tout dépend de l'objectif visé.

Habituellement, l'attribut de compromis utilisé par les économistes dans les expériences de choix est un attribut monétaire permettant de calculer les consentements à payer ou à recevoir des répondants pour une variation donnée de chaque attribut. L'attribut monétaire permet de produire un étalon commun pour les différents effets à intégrer dans une analyse coûts-bénéfices de projets, avec pour but *in fine* de considérer l'ensemble des effets dans les décisions, même lorsque ceux-ci sont non marchands. Dans le cas des infrastructures de transport, cela signifie par exemple de rendre mesurable, dans la même unité, les effets environnementaux et d'autres coûts de construction ou de fonctionnement de l'infrastructure (entre autres). La monnaie sert d'unité commune, présentant l'avantage d'être bien connue et comprise par l'ensemble des individus, et pour laquelle ils ont intégré la contrainte de finitude (leur contrainte de budget). Dans certains cas cependant, et notamment si la finalité de l'étude n'est pas l'analyse coûts-bénéfices, il peut être intéressant d'exprimer les préférences par rapport à d'autres contraintes pour les individus, comme le temps disponible. Ce type d'attribut est particulièrement pertinent dans le cadre du transport, car, outre le coût, le temps gagné ou perdu est l'un des premiers facteurs de choix modal pour les individus. Par ailleurs, un tracé mieux intégré écologiquement est susceptible d'affecter la durée du trajet (par exemple un tracé évitant des zones d'intérêt écologique). Dans le cas d'un attribut « temps », on calcule non pas un consentement à payer ou à recevoir, mais un consentement à passer plus ou moins de temps dans les transports pour des raisons écologiques.

» Approche conceptuelle générale des projets SEMEUR et PÉPITE

Si les projets PÉPITE et SEMEUR visent tous deux à comprendre la demande sociale environnementale liée aux projets d'extension de tramway en France, et mobilisent la même méthode d'évaluation économique basée sur l'expérience des choix (chapitre 12), ils n'ont cependant pas les mêmes fondements conceptuels et

touchent des acteurs et des territoires différents. La figure 11.1 résume les principaux éléments de comparaison entre ces projets et en souligne la complémentarité.

PÉPITE adopte une approche écocentrée en intégrant la question de la conservation de la biodiversité indépendamment d'un possible usage par les êtres humains. SEMEUR adopte une approche plutôt anthropocentrée en questionnant la fourniture des services écosystémiques et de fait la contribution de la biodiversité au bien-être humain. En ce sens, l'objet et la finalité de la demande sociale diffèrent dans ces deux projets : PÉPITE vise la limitation des impacts écologiques pour conserver la biodiversité dans le cas de projets d'extension de lignes de tramway, alors que SEMEUR s'intéresse à la renaturation de celles-ci afin de favoriser des services écosystémiques urbains.

Les deux projets se complètent dans le choix des territoires ciblés dans les enquêtes, le long d'un gradient d'artificialisation. PÉPITE cible les territoires ruraux et périurbains en périphérie de zones urbaines supports de la future infrastructure, en particulier les milieux naturels et semi-naturels porteurs d'enjeux écologiques. SEMEUR cible les milieux périurbains et urbains en déficit de milieux naturels et qui concentrent une demande pour de nombreux services écosystémiques urbains (régulation du climat local, gestion des eaux, services culturels, biodiversité, etc.). SEMEUR concerne des milieux déjà très artificialisés : l'infrastructure y est une opportunité de réintégration d'enjeux écologiques par des opérations de renaturation le long des voies et des arrêts de tramway plutôt qu'une menace pour des enjeux écologiques préexistants à l'infrastructure comme dans PÉPITE. L'échelle d'étude de PÉPITE est nationale en sélectionnant des zones concernées par de futurs projets d'extension de tramway en France métropolitaine (une vingtaine de

Projet	PÉPITE	SEMEUR
Approche	écocentrée	anthropocentrée
Objet de la demande sociale	limiter les impacts pour conserver la biodiversité	renaturer pour favoriser les services écosystémiques
Territoires ciblés	milieux ruraux / péri-urbains	milieux péri-urbains / urbains
Occupation des sols	peu artificialisée	artificialisée
Échelle d'étude	nationale	régionale (métropole du Grand Lyon)
Avancement de l'infrastructure	prospectif / prévu	prévu
Méthode	expérience des choix	

Figure 11.1. Complémentarité conceptuelle et territoriale entre les projets PÉPITE et SEMEUR

Source : auteurs

territoires). SEMEUR a une échelle d'étude régionale en se basant sur l'étude de cas du projet d'extension de la ligne de tramway T10 qui traverse la ville de Saint-Fons dans la métropole de Lyon.

Positionné en amont de la séquence ERC, le projet PÉPITE vise à étudier les préférences des individus pour éviter les impacts écologiques de futurs projets d'extension de tramway à des stades d'élaboration plus ou moins avancés sur un gradient allant de projets prévus sur le très court terme à des projets plus prospectifs (à plus de dix ans). Dans le projet SEMEUR, qui concerne des milieux déjà très artificialisés et un projet de tramway qui est déjà en cours de réalisation, la séquence ERC n'y est pas analysée. Il est important de mentionner que le stade d'avancement des infrastructures, prévu ou plus prospectif, suppose différents degrés d'implication et de consultation du public (*via* les enquêtes publiques, par exemple).

Présentation de l'enquête par DCE menée dans PÉPITE

Les recherches bibliographiques ainsi que les entretiens menés dans le projet PÉPITE avec des acteurs ressources du domaine des infrastructures de transport nous ont conduits à retenir les projets d'extension des lignes de tramways qui relient les centres urbains des grandes métropoles françaises (villes de plus de 100 000 habitants) aux communes situées en zones périurbaines porteuses de forts enjeux écologiques. Dans cette étude, il s'agit d'évaluer dans quelle mesure les citoyens seront prêts à réaliser des compromis de temps dans leur déplacement quotidien (trajet domicile-travail préférentiellement) pour limiter les impacts écologiques. Nous cherchons à comprendre dans notre enquête quels types de composantes écologiques seront préférés par les citoyens. Centrés sur la question de l'évitement des impacts écologiques, les scénarios que nous proposons mobilisent des voies de transport déjà existantes (routières ou ferroviaires) en accord avec les objectifs de zéro artificialisation nette.

Les caractéristiques écologiques que nous avons retenues sont issues de la littérature académique et d'une série d'entretiens avec des experts (ministère chargé de l'Écologie, associations d'usagers des infrastructures des transports, naturalistes, aménageurs) (tableau 11.1). La figure 11.2 présente un exemple de carte de choix. Nous testerons principalement l'hétérogénéité des préférences selon des variables géographiques (distance à des zones environnementales, pression d'artificialisation), socio-économiques (niveau d'éducation, âge, catégorie socioprofessionnelle), et de sensibilité environnementale (pratiques régulières d'activités de nature, participation à des associations environnementales ou à des activités de défense de l'environnement).

L'enquête nationale cible une population de 1 000 citoyens répartis sur tout le territoire de la France métropolitaine.

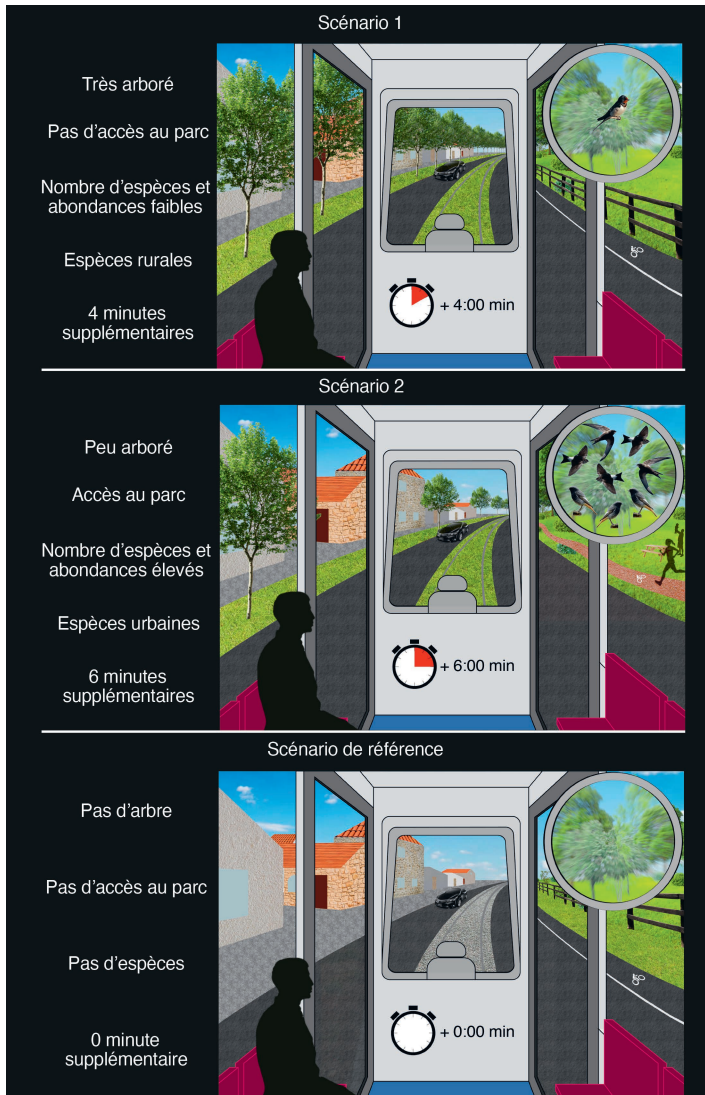


Figure 11.2. PÉPITE — Exemple de carte de choix

Source : auteurs

Présentation de l'enquête par DCE menée dans SEMEUR

Le projet SEMEUR est né du constat d'un territoire, au sein de la métropole lyonnaise, dans une situation de carence très importante de la végétalisation arborée. Le diagnostic santé-environnement de la métropole de Lyon (2018) montre que les communes situées au sud de ce territoire, principalement la ville de Saint-Fons, sont fortement soumises à des pollutions olfactives et sonores, en particulier aux abords des infrastructures de transport (Grand Lyon, 2018). Le projet SEMEUR vise à évaluer les préférences des individus pour la végétalisation du tramway (stations et

abords des voies) et surtout dans quelles mesures et combien les individus seraient-ils prêts à payer pour la fourniture de certains services écosystémiques urbains associés aux scénarios de renaturation.

Les services écosystémiques urbains choisis pour caractériser nos alternatives de végétalisations sont issus d'une revue de littérature et d'une série d'entretiens effectués avec des décideurs publics, des étudiants et des habitants ou des employés du Grand Lyon (attributs présentés dans le tableau 11.1). La figure 11.3 présente un exemple de carte de choix.


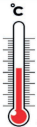





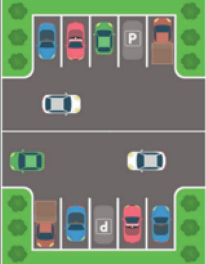




	Alternative 1	Alternative 2	Situation actuelle
Zone d'ombrage Baisse de température en période de fortes chaleurs	 - 2 °C	 - 1 °C	 0 °C
Abondance d'oiseaux Augmentation du nombre d'oiseaux (de différentes espèces)	+ 5 % 	+ 5 % 	0 % 
Circulation automobile et stationnement Réduction de l'espace disponible aux abords du tramway	Faible réduction 	Pas de réduction 	Pas de réduction 
Coût Hausse mensuelle de vos taxes locales	 + 4 €	 + 10 €	 + 0 €
Votre choix			

Figure 11.3. Le cas du Grand Lyon — SEMEUR : exemple de carte de choix

Source : auteurs

L'enquête a été réalisée par questionnaire en ligne au printemps 2022 auprès des habitants du Grand Lyon. Nous comptabilisons un échantillon représentatif de 500 répondants. Les résultats de cette étude soulignent les préférences élevées et positives des habitants du Grand Lyon pour les différents services écosystémiques

urbains caractérisant les scénarios de végétalisation proposés (zones d’ombrage et attributs de biodiversité) et une préférence négative pour la caractéristique représentant l’effet de la végétalisation sur l’espace disponible pour la circulation et le stationnement ; ainsi les habitants de la métropole sont prêts à payer pour améliorer la fourniture de certains services écosystémiques si ces derniers ne viennent pas réduire significativement l’espace disponible pour le stationnement et la circulation des véhicules.

Tableau 11.1. Attributs retenus pour les enquêtes par DCE menées dans SEMEUR et PÉPITE

Projet		Attributs
PÉPITE	Intégration écologique et paysagère du tramway	Préservation des paysages : quantité d’arbres laissés le long de l’extension de la voie de tramway Usages possibles de la biodiversité : accès au parc le long de l’extension pour des activités récréatives ou non Niveaux de biodiversité : nombre d’espèces et abondance Type d’espèces : rurales, urbaines ou périurbaines
	Attribut de compromis	Temps de trajet supplémentaire par rapport au trajet direct qui n’aurait pas tenu compte des enjeux écologiques le long de son tracé
SEMEUR	Services écosystémiques urbains rendus possibles par la végétalisation et compromis lié à son emprise	Zone d’ombrage/ilot de fraîcheur : capacité de la végétalisation à baisser les températures en période de fortes chaleurs estivales
		Abondance d’oiseaux (nombre d’espèces différentes) : restaurer/protéger la biodiversité et la qualité esthétique du paysage urbain L’abondance des oiseaux est un indicateur reconnu et courant de l’état de la biodiversité en ville (Caula, 2007 ; Pellissier <i>et al.</i> , 2013 ; Dupuis <i>et al.</i> , 2014).
		Circulation automobile et stationnement : effet de la végétalisation du tramway sur l’occupation du sol et la potentielle réduction de l’espace disponible
	Attribut de compromis	Hausse mensuelle des taxes locales des habitants en euros

► Conclusion et perspectives : la demande sociale pour l’intégration écologique du tramway

Ce chapitre a présenté la contribution des sciences économiques à l’évaluation de la demande sociale pour la biodiversité et les services écosystémiques urbains dans le cadre du développement des ILTe. L’attention a été portée en particulier sur la méthode d’expérience de choix discrets. Les projets de recherche PÉPITE et SEMEUR contribuent à la littérature académique en proposant cette évaluation pour le cas des infrastructures de transport et de leurs emprises, ce qui a été rarement étudié à ce jour. Les deux projets s’intéressent aux extensions de lignes de tramway qui sont en plein essor en France. Si ces infrastructures de transport peuvent offrir une opportunité pour renaturer les villes et le milieu périurbain très

artificialisés (SEMEUR), leur intégration écologique dans des territoires périurbains et ruraux à forts enjeux écologiques ne doit pas être pour autant négligée (PÉPITE). Caractériser la demande sociale pour ces enjeux peut permettre d'ériger l'intégration écologique et paysagère des ILTe au rang des composantes premières dans la définition de l'utilité publique de ce type de projets d'aménagement du territoire très impactant. Il pourrait alors s'agir d'un levier d'action pour mettre en pratique la transition écologique de nos modèles d'aménagement et pour ainsi améliorer la légitimité de l'action publique par la prise en compte de la demande sociale.

La méthode DCE permet d'évaluer de façon *ex ante* les préférences individuelles pour les caractéristiques d'une ILTe fictive ou à venir sur un territoire qui en sera le support. En soumettant les personnes enquêtées à des choix en situation de comparaison et de combinaison multiple des différents attributs, cette méthode limite les réponses évidentes qui pourraient être systématiquement réalisées si chacun des attributs était pris séparément (par exemple apprécier un coût bas ou une biodiversité riche). Cependant, le manque de connaissances et d'expériences réelles des individus enquêtés soulève un risque de biais cognitif et hypothétique⁷². La ligne de tramway étudiée dans SEMEUR étant prévue, le biais hypothétique est limité, mais il convient d'apporter suffisamment d'information pour que les répondants aient conscience des services écosystémiques urbains qu'une végétalisation des voies pourrait favoriser afin de limiter le biais cognitif. Pour limiter ces biais, des vidéos de présentation du contexte peuvent être réalisées avant de diffuser l'enquête. Dans le cas de PÉPITE, travailler sur le tramway a été un choix méthodologique qui permettait de cibler une population à la fois utilisatrice du moyen de transport et des territoires évités par les tracés de l'ILTe (ce qui était moins évident, par exemple, pour le train, car il parcourt rapidement de grandes distances). Ce choix limite le biais hypothétique, mais nécessite une présentation introductive aussi neutre et objective que possible des enjeux de biodiversité menacés par les extensions de tramway afin, à nouveau, d'assurer un degré de connaissance le plus équivalent possible entre les différents répondants.

Basée sur une évaluation des préférences individuelles ensuite agrégées à l'échelle de l'échantillon visé, la méthode DCE permet toutefois d'affiner la compréhension des préférences pour certaines catégories d'acteurs par l'utilisation de variables explicatives socio-économiques et comportementales ou de modèles économétriques spécifiques⁷³. Cela permet d'ajuster la connaissance et la sensibilisation nécessaires pour mieux défendre les enjeux d'intégration écologique et paysagère des ILTe. Une autre perspective, au lieu de chercher à identifier des groupes de préférence homogènes dans la population, envisage la construction des préférences par des approches délibératives. L'utilisation de techniques délibératives dans les DCE consiste à créer des groupes de discussion entre les répondants pour les aider à former leurs préférences collectivement. Ces approches contribuent ainsi à limiter les biais évoqués ci-dessus, car les répondants ont une compréhension améliorée de la question et de la situation dans laquelle ils doivent faire des choix. Elles permettent aussi d'exprimer une

72. Le biais cognitif est lié au fait que le répondant ne comprend pas la situation, ses enjeux ainsi que les alternatives qui lui sont exposées. Le biais hypothétique apparaît quant à lui lorsque le répondant se trouve dans la difficulté à s'imaginer réellement dans la situation fictive présentée.

73. Il s'agit par exemple des modèles de classes latentes.

version moins individuelle de la valeur et de mieux représenter la demande sociale partagée collectivement (Kenter *et al.*, 2015, 2016). Les approches délibératives posent cependant encore de nombreuses questions d'ordre méthodologique et organisationnel qui seront explorées dans une deuxième partie du projet PÉPITE basée sur des cas d'étude situés en Occitanie. Par exemple, une évaluation de portée générale est difficilement envisageable avec les méthodes délibératives, car elles sont basées sur la répétition d'ateliers composés des communautés d'acteurs locaux.

Il ne faut pas négliger le temps nécessaire à la mise en place d'une enquête d'expérience de choix, notamment pour affiner la problématique afin de limiter les biais, organiser des entretiens de préconception des cartes de choix, ou encore préparer le questionnaire support du DCE. En ce qui concerne sa diffusion, il est parfois chronophage d'atteindre la quantité de répondants visée. L'existence d'un réseau pertinent pour directement cibler les répondants facilite la diffusion à moindre coût. Le recours à des instituts de sondage limite également considérablement la phase d'acquisition des données, mais revêt un coût non négligeable et implique certaines contraintes liées à la composition de leurs panels. Par exemple, pour le projet PÉPITE, il a été nécessaire d'adapter l'échantillon visé afin d'avoir suffisamment de répondants potentiels dans les panels de l'institut déjà existants. Cibler uniquement les communes concernées par les futures extensions de lignes de tramway, notre demande initiale, aurait nécessité la mobilisation de nouvelles personnes *via* les réseaux sociaux ou encore des enquêtes téléphoniques et impliqué un budget trop élevé pour un tel projet. Une fois les données collectées, parfois en présence d'un enquêteur, mais souvent de façon autonome (en ligne ou sur papier), la phase d'analyse des résultats par les modèles économétriques et leur discussion en lien avec les communautés de pratique peut être rapide. Pour conclure, l'ensemble du processus de mise en place d'un DCE est plutôt long et nécessite des compétences spécifiques en économie. L'appropriation de cette méthode par des acteurs non académiques peut s'avérer difficile. En ce qui concerne l'appui aux politiques publiques, ces derniers seront plutôt amenés à utiliser les résultats issus de tels travaux pour des recommandations publiques, ou alors à mettre en place des partenariats avec la recherche pour explorer des questions précises, comme c'est le cas pour les projets SEMEUR et PÉPITE dans le cadre du programme Ittecop.

► Bibliographie

- Benítez-López A., Alkemade R., Verweij P. A., 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations : A meta-analysis, *Biological Conservation*, 143(6), 1307-1316.
- Caula S., 2007. *L'usage de l'avifaune comme indicateur écologique et socioéconomique dans l'espace urbain*, thèse de doctorat, université de Montpellier.
- Paquel V., 2016. *Les infrastructures linéaires de transport : évolutions depuis 25 ans*, rapport Data Lab, CGDD-Service de l'Observation et des statistiques.
- De Ayala A., Hoyos Ramos D., Petr M., 2015. Suitability of discrete choice experiments for landscape management under the European Landscape Convention, *Journal of Forest Economics*, 21(2), 79-96.
- Dupuis V., Deceuninck B., Jiguet F., Issa N., 2014. Évolution des oiseaux nicheurs de France métropolitaine, indicateurs de biodiversité, *Ornithos*, 21(01), 121-131.

- Fosse J., Belaunde J., Dégremont M., Grémillet A., 2019. *Objectif « Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ?*, France Stratégie.
- Grand Lyon, 2018. *Diagnostic Santé Environnement des habitants de la métropole de Lyon*.
- Hanley N., Mourato S., Wright R.E., 2001. Choice modelling approaches: A superior alternative for environmental valuation?, *Journal of Economic Surveys*, 15(3), 435-462.
- Hoyos D., 2010. The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments, *Ecological Economics*, 69, 1595-1603.
- Ibisch P.L., Hoffmann M.T., Kreft S., Pe'er G., Kati V., Biber-Freudenberger L., DellaSala D.A., Vale M.M., Hobson P.R., Selva N., 2016. A global map of roadless areas and their conservation status, *Science*, 354(6318), 1423-1427, <https://doi.org/10.1126/science.aaf7166>.
- Johan R., Mark A., Kees C., Aafke M., 2018. Global patterns of current and future road infrastructure, *Environmental Research Letters*, 13(6), 064006.
- Kenter J.O., O'Brien L., Hockley N., Ravenscroft N., Fazey I., Irvine K.N., Reed M.S., Christie M., Brady E., Bryce R., Church A., Cooper N., Davies A., Evely A., Everard M., Fish Kenter J.O., Reed M.S., Fazey I., 2016. The deliberative value formation model, *Ecosystem Services*, 21,194-207.
- Lancaster K., 1966. A new approach to consumer theory, *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Lienhoop N., Volker M., 2016. Preference refinement in deliberative choice experiments for ecosystem service valuation, *Land Economics*, 92(3), 555-577.
- Pellissier V.T., Touroult J., Julliard R., Sibley J.-Ph., Jiguet F., 2013. Assessing the Natura 2000 network with a common breeding birds survey, *Animal Conservation*, 16(02), 566-574.
- Pörtner H.O., Scholes R.J., Agard J., Archer E., et al., 2021. *Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change*, IPBES secrétariat, Bonn, Germany, <https://doi.org/10.5281/zenodo.4659158>.

Partie III

Opérationnalité des méthodes, mutations des pratiques

►► Introduction : évolution du cadre institutionnel et nouvelles stratégies de développement

Julien Hay, Marthe Lucas

Le renforcement de l'application de la séquence « éviter-réduire-compenser » (ERC) depuis une dizaine d'années et plus récemment l'engagement de la démarche « zéro artificialisation nette » (ZAN) nous enjoignent collectivement de mettre en œuvre de nouvelles stratégies de développement qui soient sans impacts, du moins nets, sur les milieux naturels. Cette évolution récente du cadre institutionnel, à l'image de l'adoption de la loi de 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, a fait émerger de nouveaux besoins de recherche et d'expertise, tant de la part des maîtres d'ouvrage que des collectivités, en appui de cette quête de projets d'infrastructures présentant le moins de conséquences sur le plan écologique.

Le programme Ittecop s'est rapidement saisi de ces nouvelles questions, en soutenant dès son appel à projets de recherche de 2014 des travaux de recherche en lien avec l'application de la séquence ERC aux infrastructures linéaires de transport (ILT), qui conjuguent à la fois une forte empreinte sur les milieux naturels et une forte importance sociale. Par son appui, aussi bien en finançant des actions de recherche qu'en labellisant des thèses, le programme Ittecop a permis de produire aujourd'hui un ensemble cohérent et consistant de projets, dont les résultats sont précieux et pour certains sans équivalents, à la fois pour les besoins des opérateurs et pour les besoins de l'analyse et de la conduite de l'action publique en matière de protection de l'environnement. En plus de ce corpus significatif, le soutien continu du programme Ittecop a contribué à la constitution, sur la base de collaborations et d'échanges, d'une communauté d'expertise, faite à la fois de scientifiques de disciplines variées, de bureaux d'études et d'aménageurs, en mesure de se fédérer pour contribuer collectivement à la réflexion et aux conditions de la mise en œuvre d'actions efficaces face aux enjeux écologiques, actuels et à venir.

L'objectif ambitieux d'absence de pertes nettes de biodiversité nécessite, sur le plan technique, de disposer d'instruments (méthodes, indicateurs) permettant de quantifier tant les impacts résiduels des projets d'aménagement que les bénéfices écologiques tirés des mesures compensatoires, afin de s'assurer de leur équivalence. Ce besoin relève à bien des égards de la gageure tant il apparaît en pratique difficile de conjuguer au sein d'une même approche deux attentes légitimes : celle de la robustesse écologique d'une part et celle de la capacité des praticiens de la séquence ERC (aménageurs, bureaux d'études, services de l'État...) à se l'approprier et à l'implémenter d'autre part. Plusieurs projets soutenus par Ittecop (comme le projet RENATU dont est tiré le chapitre 14) se sont confrontés à ce défi, de façon collaborative entre chercheurs et acteurs de terrain. Ils ont développé des outils de mesure qui doivent à la fois intégrer les connaissances scientifiques disponibles et pertinentes, et à la fois être ergonomiques, c'est-à-dire faciles d'utilisation par leurs destinataires finaux qui ne disposent le plus souvent d'aucune formation en écologie ni d'un temps et d'un budget illimités pour pratiquer ces outils.

Plus généralement, les recherches menées sur les pratiques en matière d'évaluation environnementale témoignent de la variété des approches et des contenus retenus par les maîtres d'ouvrage pour définir la neutralité écologique des projets. Il en découle une complication de la tâche des services instructeurs dans le traitement des dossiers d'étude d'impact, ce qui alimente un doute certain quant à la capacité de la séquence ERC à atteindre en pratique l'objectif de non-pertes nettes (thèse de Lucie Bezombes⁷⁴, labellisée par Ittecop, projet COMPILSA⁷⁵, projet MORPHÉE : chapitre 13). Cette forte hétérogénéité tient en partie à l'évolution récente vers une gouvernance davantage décentralisée et un affaiblissement du rôle de l'État en

74. 2017. *Développement d'un cadre méthodologique pour l'évaluation de l'équivalence écologique : Application dans le contexte de la séquence «Éviter, Réduire, Compenser» en France*, thèse de l'université Grenoble Alpes.

75. Ce projet n'a pas été mentionné dans le tableau 2.1, car il date de l'appel à projet 2014, sous la responsabilité de Denis Couvet et Fanny Guillet, COMPILSA : compensation et infrastructures linéaires, stratégies et scénarios pour l'action. Il a été prolongé par le projet InSERCAT : intégrer et rééquilibrer la séquence ERC dans l'aménagement du territoire : outils et mise en œuvre de l'action publique. Tous les rapports sont sur le site internet Ittecop.

matière de gestion de l'environnement. Du fait de l'absence de volonté du régulateur public d'asseoir scientifiquement l'évaluation environnementale en mettant en œuvre un cadre méthodologique standardisé, contrairement à certains pays voisins, les bureaux d'études définissent librement les méthodes à adopter. Si l'on prend en compte le fait que l'évaluation environnementale est l'objet d'un marché concurrentiel au sein duquel une multitude de bureaux d'études proposent leurs services, on peut s'interroger. Le contenu des études d'impacts peut être influencé par d'autres facteurs que ceux qui sont écologiques et qui devraient prévaloir, comme la relation du bureau mandaté avec le maître d'ouvrage mandataire ou le contexte politique environnant un projet d'aménagement.

Les difficultés dans l'évaluation des impacts résiduels des projets d'aménagement, et les doutes fondés quant à la capacité de les compenser invitent à investir l'ensemble de la séquence ERC dans l'analyse pour en apprécier et renforcer l'efficacité écologique de sa mise en œuvre. Cette approche globale doit permettre un rééquilibrage des pratiques vers davantage d'« évitement » — en particulier au sein des dispositifs existants de planification territoriale — en vue de compenser moins et mieux (projet InSERCAT). Elle invite également à envisager l'évitement comme point d'entrée de l'analyse des actions de préservation de la biodiversité, à davantage le renseigner qu'il ne l'est généralement dans les études d'impact, de manière à mieux en mesurer les conséquences sur les phases de « réduction » et de « compensation ». De même, la mise en œuvre de la séquence ERC ne saurait être perçue, comme elle l'est encore parfois, comme une question essentiellement technique et complexe, liée à une obligation réglementaire dans le cadre d'un projet d'infrastructure isolé. Il convient autant que possible de concevoir chaque projet d'aménagement en prenant en compte les différents enjeux du territoire dans lequel il vise à s'inscrire. Cet effort passe en particulier par la mobilisation, très en amont de l'élaboration du projet, des acteurs locaux, de manière à inscrire le projet dans celui, plus global et à plus long terme, du territoire qui l'accueille (projet E = RC+ : chapitre 12). Ce changement de perspective, voire de paradigme, dans la conception des projets d'aménagement, permettrait de mieux asseoir leur acceptabilité, comme celle de la mise en œuvre de la séquence ERC qui en découle.

E = RC+ : ne pas mettre tous ces *E* dans le même panier

Cécile Albert, Mathilde Hervé, Nicolas Kaldonski,
Carine Ritan-Olivry, Thierry Tatoni, Sylvie Vanpeene

►► La pénurie de *E*

En 1976, la séquence « éviter-réduire-compenser » (ERC) est définie dans la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Cependant, des rapports successifs constatent sa très faible mise en œuvre. Ainsi, le Grenelle de l'Environnement conduit le ministère chargé de l'Environnement à rédiger, en 2012, la doctrine relative à la séquence « éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel »⁷⁶.

Cette doctrine prévoit trois étapes à mettre en œuvre pour avoir les impacts les plus réduits possibles sur le milieu naturel :

- l'évitement qui garantit l'absence d'impacts directs ou indirects ;
- la réduction qui limite les impacts ne pouvant être évités ;
- la compensation pour compenser les impacts résiduels, c'est-à-dire ceux n'ayant pu être évités ou réduits.

Dans la doctrine, l'accent est mis sur les étapes d'évitement et de réduction des impacts pour limiter les besoins de compensation. « *Le respect de l'ordre de cette séquence constitue une condition indispensable et nécessaire pour en permettre l'effectivité et ainsi favoriser l'intégration de l'environnement dans le projet ou le plan-programme.* »

L'évitement est souvent classé en trois types : d'opportunité (faire ou ne pas faire le projet), géographique (modification de la localisation du projet ou de certains de ses éléments) et technique (choix de la solution technique la moins impactante).

76. Doctrine relative à la séquence « éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel » (2012). <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Doctrine%20ERC.pdf>

Néanmoins, malgré des améliorations dans la prise en compte des impacts sur l'environnement, en 2015 un « groupe de travail amélioration de la séquence ERC » du chantier de modernisation du droit de l'environnement « s'accorde sur la priorité à accorder aux phases amont E et R (réduction des impacts) et sur l'importance de leur traçabilité »⁷⁷. Il a proposé notamment de « rendre plus lisibles la chronologie de la démarche ERC et l'articulation entre toutes les phases d'un projet » (proposition 4).

En parallèle, le projet Ittecop COMPILSA⁷⁸ (2014-2017) interroge l'efficacité de la compensation selon l'hypothèse que « la difficulté de mettre en œuvre la compensation devrait avoir pour effet d'inciter à revenir aux étapes antérieures » et conclut que « si elle n'est appliquée qu'après avoir décidé le projet, comme c'est le cas actuellement, la doctrine aura pour seule mission de limiter les dégâts (CGDD, 2018) ».

L'évitement devrait donc être une phase majeure de la séquence ERC, et il est nécessaire d'analyser la manière dont elle est mise en œuvre pour comprendre les leviers d'amélioration possibles. Comme COMPILSA le mentionne, réfléchir à cette étape très en amont du projet, quand rien n'est encore figé (foncier, technique...), est sans doute la clé pour améliorer la prise en compte d'enjeux de préservation de la biodiversité dans des projets d'aménagement.

Afin de permettre l'amélioration du volet évitement des projets, E = RC+ s'était donné comme objectif de proposer un processus reproductible pour favoriser une prise en compte de l'évitement et de sa diversité très en amont des projets.

►► Comment aborder ces E en amont ?

Nos travaux ont mobilisé le groupe d'échanges entre aménageurs et scientifiques autour de la biodiversité et des infrastructures, le GASBI (voir encadré ci-dessous), réunissant des scientifiques et des aménageurs dans une démarche de coproduction et de réflexion dans un cadre prospectif (sur des projets fictifs). Le processus coconstruit a pour vocation de pouvoir être systématisé dans la préparation (en amont) et l'évaluation (analyse de l'empreinte socio-écologique, en aval) des projets d'infrastructures linéaires de tous types (nouvelle infrastructure ou requalification).

L'exploitation par l'équipe de recherche des productions issues des séances de coconstruction du GASBI a permis tout d'abord de confronter les connaissances des scientifiques avec celles des aménageurs, et aussi des aménageurs entre eux, pour identifier comment actuellement ces derniers abordaient la séquence ERC dans leurs projets. Cette phase a notamment conduit à redéfinir les différentes modalités de l'évitement (d'où l'utilisation du pluriel dans le titre pour parler de ces différentes modalités et temporalités) et à la production d'une frise (figure 12.1) qui positionne les différents types d'évitements sur la chronologie d'un projet. L'autre résultat important du projet a été la formalisation sous la forme d'une notice du

77. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Modernisation%20du%20droit%20de%20l%27environnement%20-%20Rapport%20du%20groupe%20de%20travail%20sur%20am%20C3%A9liorer%20la%20s%C3%A9quence%20C3%A9viter%20r%C3%A9duire%20compenser.pdf>

78. <https://www.ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2014/projets-de-recherche-2014/item/131-compilsa>

processus mis en œuvre pendant le projet pour le rendre mobilisable dans d'autres contextes. Nous avons ensuite mis en perspective nos travaux, notamment au regard des besoins et des enjeux des territoires.

Le GASBI, c'est quoi ?

Le GASBI (groupe d'échanges entre aménageurs et scientifiques autour de la biodiversité et des infrastructures) a pour ambition de créer un lieu de dialogue et d'échange, dans des conditions d'indépendance et de responsabilité éthique, pour répondre collectivement à l'enjeu d'intégrer, dans les projets d'aménagements, une approche scientifique de la biodiversité. L'urgence est extrême à prendre plus complètement en compte cette biodiversité dans la conception et dans la réalisation d'infrastructures linéaires, comme dans tous les travaux publics. Ce n'est possible que si ceux qui les mettent en œuvre rencontrent aussi les scientifiques dont les recherches concernent l'écologie et la société et si chacun ne reste pas cloisonné dans son univers. C'est ce que propose le GASBI, né de la rencontre entre la fondation SOMECA (Société méridionale de carrières) et l'IMBE (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale, unité mixte de recherche entre Aix-Marseille Université, le CNRS, l'IRD et l'université d'Avignon), appuyés avec succès par AppeldaiR Consultants.

Dans un mode de travail collaboratif, une cinquantaine de personnes se réunissent régulièrement depuis 2013. La moitié d'entre elles appartiennent à des organismes scientifiques (établissements universitaires, CNRS, INRAE, Muséum national d'histoire naturelle, etc.) et représentent des disciplines variées (écologie, géographie, droit, etc.), et l'autre moitié appartient à des entreprises du secteur des travaux publics, d'exploitation de granulats, ou encore des gestionnaires d'infrastructures linéaires.

Le GASBI est donc un groupe d'expérimentation en mesure de questionner, de tester des approches intégratives de la biodiversité notamment en amont des projets d'aménagements, dans une logique collaborative et en intelligence collective, apprenante et produisant des bénéfices mutuels (contraintes des aménagements/biodiversité). Pour certaines étapes, le GASBI a été notamment enrichi au fur et à mesure des besoins par des acteurs locaux des sites d'étude, des représentants des services de l'État, des associations naturalistes. L'intégration du GASBI dans E = RC+ répond au besoin essentiel d'interactions entre sciences et société pour l'évolution potentielle des politiques publiques en matière d'intégration des enjeux de la biodiversité (Mathevet et Godet, 2015). Au-delà d'une simple concertation (Mermet *et al.*, 2013), il est désormais nécessaire de procéder en amont des projets d'aménagement à une véritable coconstruction entre acteurs pour que les projets intègrent dès leur conception les enjeux environnementaux (Vanpeene *et al.*, 2011). L'ouverture du GASBI à d'autres partenaires et porteurs de projets Ittecop, lors des séances de coconstruction, a été une source d'enrichissement du projet.

► **E réinvestis, R et C reconsidérés**

La conception, l'évolution d'un projet d'aménagement et son impact sur le territoire présentent toutes les caractéristiques d'un système éminemment complexe. En cela, ils ne peuvent être appréhendés que par des méthodologies adaptées reposant sur le partage des enjeux et l'élaboration de propositions coconstruites et itératives et, une fois ceci posé, sur l'analyse du lien entre le besoin satisfait par l'ouvrage lui-même et les impératifs de préservation des fonctionnalités écologiques et de la biodiversité. C'est cette analyse des besoins et des impacts qui peut permettre de remettre en cause un projet et sa pertinence.

Assez tôt dans le déroulement de E = RC+, les échanges au sein du groupe de travail ont concerné la logique chronologique suivant laquelle un projet d'aménagement est envisagé, pensé et instruit, avant d'être réalisé. C'est sur cette base que les scientifiques membres de GASBI ont questionné les aménageurs sur le déroulé type d'un aménagement. La réponse est apparue plus complexe qu'elle ne paraissait. Par la nature des infrastructures qu'ils conçoivent (infrastructures linéaires de transports routier ou ferroviaire, d'électricité, de gaz, d'eau, installations d'énergie renouvelable ou encore carrières), les aménageurs ont des contraintes réglementaires, administratives et temporelles qui leur sont propres. L'enjeu a donc été de réussir à produire une chronologie générique dans laquelle chaque aménageur puisse se retrouver et dont les scientifiques puissent s'approprier les différents éléments.

Dans une deuxième phase, le groupe GASBI a réfléchi aux leviers favorisant la prise en compte de la biodiversité dans les aménagements et a élaboré une nouvelle chronologie idéale détaillant toutes les phases qu'il faudrait idéalement suivre, depuis l'amont jusqu'à l'aval d'un projet d'aménagement, pour satisfaire autant que possible l'objectif de transparence écologique, donnant ainsi toute sa place à la diversité des types d'évitements (figure 12.1). Il est ainsi apparu une pluralité d'évitements là où tous les schémas habituels n'en considéraient qu'un seul. Ces *E* nouvellement révélés constituent un des apports importants de E = RC+. Ils s'inscrivent dans le processus d'aménagement dès le début de la conception avec (i) un évitement questionnant la pertinence du projet à une large échelle et s'autorisant à abandonner ou à délocaliser franchement le projet si l'intérêt est insuffisant à une échelle territoriale. Si le projet est maintenu malgré ces études, alors (ii) un évitement plus précis géographiquement est considéré et va analyser le besoin local, afin d'assurer l'utilité du projet ou au contraire de le remettre en question au point de pouvoir l'annuler. (iii) Un évitement intégré peut ensuite permettre de trancher entre différents scénarios d'aménagement, en ne retenant que les moins impactants, les plus impactants ayant été rejetés et donc évités. Enfin, un évitement technique (iv) peut être conduit par différents choix de matériels, de matériaux et de procédés et travaux. Tous ces *E* mériteraient d'être davantage documentés dans les dossiers de projets d'aménagement afin de faire ressortir parmi toutes les possibilités envisagées, celles qui ont été abandonnées et celles qui ont été conservées, permettant ainsi de cultiver une tradition de *E* variés et étayés par des retours d'expérience. Cette documentation renseignera aussi plus objectivement sur les efforts fournis par l'aménageur (ou pas) pour présenter un projet de moindre impact.

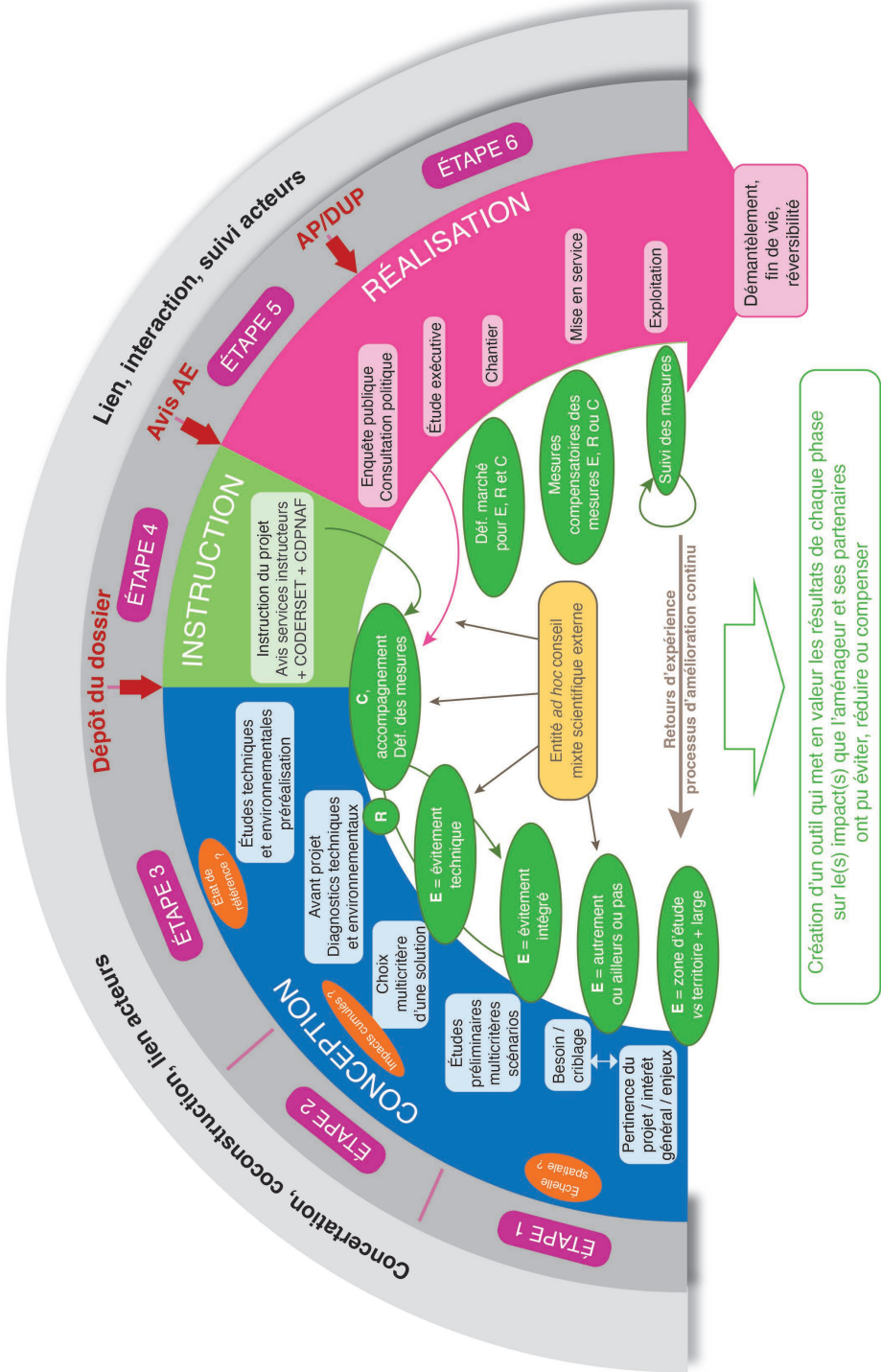


Figure 12.1. Frise chronologique type d'un processus d'aménagement

Le cœur de la frise est constitué des trois phases clés d'un projet d'aménagement type, qui sont sa conception (phase en bleu), son instruction (phase en vert) et sa réalisation (phase en rose). Ces trois phases ont été précisées par un découpage global plus fin du projet en six étapes clés (indiquées en périphérie de la frise) :

- étape 1 : étude préliminaire de faisabilité du projet ;
- étape 2 : préétudes techniques et choix de l'emplacement ;
- étape 3 : études techniques, économiques et environnementales ;
- étape 4 : instruction et préparation de dossiers ;
- étape 5 : enquête publique et arrêté préfectoral d'autorisation ;
- étape 6 : travaux, mise en service, exploitation et démantèlement.

Les ellipses vertes indiquent les différentes interventions de la séquence ERC dans le cadre d'un processus d'aménagement général. AE : Autorité environnementale ; AP/DUP : Autorisation préfectorale/déclaration d'utilité publique ; CODERSET : Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques ; CDPNAF : Commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers.

Source : Tatoni T., Ritan-Olivry C., Albert C., Hervé M., Kaldonski N., Vanpeene S., 2020. *E = RC+, ne pas mettre tous ces E dans le même panier !*, rapport final Ittecop, p. 42

Dans ce contexte, la chronologie « idéale » d'un projet a résulté des leviers identifiés dont, notamment :

- placer le premier *E* très en amont et réinterroger, grâce à lui, la pertinence du projet d'aménagement ;
- prendre en compte les différents *E* (le plus possible) dans la planification territoriale et intégrer la démarche d'évitement comme un projet de territoire en tant que tel ;
- aborder les *E* avec plusieurs temporalités et spatialités en lien avec les dynamiques écologiques ;
- documenter et archiver les *E* ;
- analyser et suivre l'efficacité des mesures d'évitement (cartographie) ;
- étudier les problématiques liées à la sensibilisation du grand public aux enjeux de la biodiversité pour en faire une clé de sa participation au processus (montée en compétence).

►► Mise en perspectives

L'ensemble de la réflexion et des travaux conduits dans E = RC+ a très largement été consacré à l'optimisation du *E*, c'est-à-dire à l'amélioration des démarches, des protocoles et des mesures à mettre en place pour que la phase d'évitement soit mieux mise en œuvre et davantage documentée et argumentée dans les dossiers d'étude d'impact des projets.

La méthode proposée par E = RC+ a été décrite dans une notice illustrée (Tatoni *et al.*, 2020) qui a été conçue dans le contexte de projets d'aménagement par le groupe GASBI spécialiste de ces enjeux. Ces travaux ont notamment mis en avant la nécessité d'anticiper la séquence ERC très en amont des projets (à l'étape de la planification) pour une efficacité accrue de l'évitement (et donc d'une diminution des besoins en compensation). Ce résultat rejoint les recommandations de COMPILSA et celles du *Guide d'aide à la définition des mesures ERC* mentionnées plus haut, les réflexions portées par des territoires comme Nîmes Métropole (Boileau, 2022), la région Occitanie avec la communauté CRERCO (communauté régionale ERC Occitanie) (voir ci-dessous).

Complémentarité avec d'autres approches d'amélioration de la séquence ERC

La démarche proposée peut tout à fait être adaptée à la mise en œuvre d'un processus similaire d'intelligence collective au sein d'un collectif d'acteurs territoriaux pour aborder des enjeux de planification d'un projet de territoire (en non plus d'un projet d'aménagement). Il suffit pour cela d'annoncer l'objectif d'améliorer un projet de territoire et de constituer un collectif d'acteurs pertinents en leur laissant le temps de se connaître et de pouvoir travailler en confiance (voir le point iii ci-dessous). La notion de projet de territoire est majeure, car il ne semble pas pertinent de planifier les zones à éviter et les zones candidates à la compensation au cas par cas, mais plutôt de manière coordonnée avec les besoins et les opportunités du territoire.

L'approche E = RC+ potentiellement appliquée à un projet de territoire se rapproche fortement de l'approche développée par la communauté CRERCO qui s'appuie, elle aussi, sur une communauté construite sur le temps long⁷⁹ et sur un projet de territoire en mutation urbaine rapide. La différence semble uniquement être une question de posture du chercheur qui, dans l'exemple de l'Occitanie, apporte un outil d'aide à la décision aux acteurs locaux, alors que E = RC+ propose une méthode pour coconstruire les outils qui semblent utiles au collectif travaillant en intelligence collective.

Pertinence : le projet le moins impactant est celui que l'on ne réalise pas

Dans un souci d'optimiser l'efficacité de la séquence ERC, surtout en ce qui concerne les impacts socio-environnementaux, il est apparu important d'échanger autour de la notion de pertinence du projet d'aménagement envisagé selon trois grands axes : i) les enjeux territoriaux, ii) les modes d'évaluation et iii) la médiation.

i) Au travers des enjeux territoriaux, il s'agit de prendre du recul spatial en recontextualisant le projet d'aménagement au niveau de l'ensemble du territoire dans lequel il s'inscrit. La pertinence doit en effet être remise en question en amont du projet sur le besoin du territoire et le service rendu. Par exemple, dans le cas d'un projet de mise en place d'une nouvelle voie rapide (par exemple une rocade) pour désengorger la voirie actuelle, on peut se poser la question de la mobilité de manière globale et plutôt renforcer les offres alternatives (par exemple les transports en commun de type tramway) pour éviter l'engorgement. La production des « schémas » de planification (SCOT, PLU, PLUi, schémas des carrières, des déchets, etc.) est un moment particulièrement indiqué pour l'analyse de la pertinence et le partage de la vision d'un territoire.

79. On peut rappeler ici que la CRERCO a été initiée par la DREAL Languedoc Roussillon *via* le projet INTERMOPES, l'arrivée de chercheurs constituant un événement extérieur permettant la mise en place d'une médiation entre acteurs locaux (au départ, services de l'État, associations naturalistes et bureaux d'études).

ii) Logiquement, la réflexion s'est ensuite focalisée sur les modalités d'analyse de la pertinence. Comment analyser la pertinence d'un projet quand il peut être pertinent du point de vue de l'urbanisme, mais qu'il ne l'est pas du point de vue de l'environnement par exemple ou, pertinent du point de vue de l'environnement, mais pas du point de vue social ? Suite aux échanges menés dans E = RC+, il semble qu'il faudrait mener une forme d'investigation globale, c'est-à-dire intégrant un maximum de points de vue et d'éléments d'analyse. Elle nécessite de reposer sur une instance mixte affectée au service des élus et décideurs chargés de porter une vision pour un territoire, permettant la préparation et la mise en œuvre des échanges et apportant les compétences multiples nécessaires aux réflexions sur la pertinence des projets. En effet, si un élu doit être en mesure d'intégrer globalement les enjeux de son territoire afin de pouvoir choisir les meilleures options en matière d'aménagement, il ne peut être compétent dans tous les domaines et a besoin d'être accompagné avec d'autres formes de gouvernance que celles qui prédominent actuellement (*cf.* ci-dessous la notion « d'acteur charnière R&D »).

L'analyse de la pertinence nécessite également un gros effort d'acculturation et de médiation, notamment pour les enjeux écologiques. Cet effort passe par une réflexion poussée sur les données à mobiliser pour décrire et quantifier les enjeux (thème, degré de précision, degré de pertinence scientifique) et la manière dont celles-ci sont utilisées (facilité d'accès et d'usage, hiérarchisation) comme nous l'avons menée dans E = RC+ pour permettre une analyse globale de leur pertinence (voir le rapport final E = RC+).

iii) La médiation est un enjeu important pour que les acteurs s'approprient le besoin à l'origine du projet le plus tôt possible. En effet, quand tout est quasiment terminé et qu'on ne peut plus véritablement faire de modifications, il est trop tard pour remettre en question la pertinence du projet par rapport au besoin et les évitements possibles (comme détaillés dans le point i). Il est donc indispensable que la pertinence soit partagée en amont de la conception du projet avec un maximum d'acteurs territoriaux ; dans ce cas, on peut raisonnablement penser que le projet sera mieux accueilli et mieux construit, même si cela implique de revoir le projet dans son ensemble et, peut-être, de l'abandonner ou de le changer pour une autre solution.

Au-delà de la formule E = RC+...

Afin de préciser les points qui seraient à approfondir et qui pourraient faire l'objet de nouveaux développements de recherche, les idées phares ressorties au fil du projet E = RC+ ont été rediscutées lors d'une séance de restitution.

i) E = RC+ ?

Les réflexions qui ont été conduites à propos de l'intitulé même du projet et de son questionnement initial ont amené le groupe GASBI à proposer une formulation de la séquence ERC idéale : « Maximiser le *E* en prenant soin de le matérialiser, minimiser le *R* et encore plus le *C*. »

Ce principe de maximisation du *E* inviterait même à revoir la réglementation pour préciser ce qui est derrière le *E*, afin d'assumer que, lorsqu'un projet donné se fait, on ne peut pas être dans le *E* « absolu ». Il faut alors se mettre dans une logique

de réduction plus importante des impacts ou encore focaliser son attention sur la qualité de la compensation. Mais, il faut aussi documenter et considérer les différentes modalités d'évitements existantes. En effet, les aménageurs du groupe GASBI ont déjà intégré un certain nombre d'enjeux de préservation d'habitats et d'espèces patrimoniales, évitant les secteurs à enjeux, mais ne mentionnent pas cette étape de réflexion dans leurs dossiers, car elle leur est devenue évidente et incontournable. Dans certaines situations, par exemple dans le cas d'un besoin de granulats, vaut-il mieux impacter une population d'espèce protégée en marge d'un site déjà exploité ou ouvrir un nouveau site avec tous les impacts associés ? Dans nombre de situations de ce type, il s'agit souvent de trancher entre deux alternatives impactantes pour la biodiversité, du moins si l'on considère qu'il faut continuer à produire des granulats ou à extraire des pierres.

ii) Si un projet est remplacé par un autre, se situe-t-on dans du *E* ou du *R* ?

Dans le cadre de l'application de la proposition de $E = RC+$ de réfléchir sur le besoin réel (mobilité domicile-travail), le projet initial (une nouvelle rocade urbaine) peut être remis en question en identifiant un autre moyen de répondre au besoin (un tramway). Nous sommes donc ici dans l'évitement maximal des impacts de la rocade urbaine. Cependant, le projet alternatif (le tramway) aura aussi des impacts et sera lui aussi à analyser au regard de la séquence ERC. Sera-t-il d'emblée considéré comme ayant évité des impacts plus importants (ceux qu'aurait eus la rocade) ? Ou les ayant juste réduits, car le projet alternatif (le tramway) est socio-écologiquement meilleur ?

Dans tous les cas, l'aménageur devra mentionner dans le dossier d'étude d'impact du nouveau projet que celui-ci provient d'une réflexion sur un projet plus impactant. Ceci montrera que des solutions alternatives ont été étudiées et que le projet actuel est le plus satisfaisant. Pourtant, les dossiers actuels d'étude d'impact mentionnent peu ces réflexions réalisées en amont. En effet, l'étude des décisions de justice portant sur les dérogations espèces protégées (Massol, 2020) mentionne que les juges estiment qu'il manque la mention des « autres solutions satisfaisantes » dans les dossiers. Pourtant, depuis 2016, l'étude d'impact doit désormais comporter une esquisse des solutions alternatives.

Pour autant, en prenant en compte que, pour répondre au besoin du territoire, un projet alternatif se fera, il est difficile de le positionner dans le *E*, puisque ce projet aura aussi des impacts. Cependant, du fait de ses caractéristiques socio-écologiques meilleures, il s'inscrit dans une logique de réduction des impacts. Ce cas de figure met en évidence l'importance d'une réflexion très en amont, et l'importance d'avoir une acception la plus large possible de la séquence ERC, puisque dans ce cas le projet alternatif (tramway) est déjà en lui-même une mesure de réduction d'impacts.

iii) Besoin d'acteur charnière en recherche et développement

La nécessité d'impliquer dans le processus de mise en œuvre de la séquence ERC dans un projet d'aménagement un acteur charnière R&D jouant un rôle de type ensemblier a fait l'unanimité des participants lors de la restitution des travaux $E = RC+$ devant le groupe GASBI élargi (voir encadré ci-dessus). Cet acteur charnière (ici, « acteur » comme un rôle et non comme une personne, cela peut donc être un groupe de personnes) aurait pour rôle d'accompagner la totalité de la séquence ERC d'un projet afin de garantir notamment que la compensation prévue soit mise

en œuvre et permette d'atteindre le zéro perte nette, voire des gains de biodiversité. L'acteur charnière devrait relever d'une neutralité et d'une indépendance que l'on associe en général au secteur public ou assimilé, afin de se dégager au maximum des conflits d'intérêts ou des groupes de pression. Il devrait à la fois s'appuyer sur la recherche publique et intégrer d'une manière ou d'une autre les acteurs privés et le milieu associatif. Il a été ainsi pointé le caractère potentiellement inspirant du GASBI qui illustre ce que pourrait être un acteur charnière R&D, notamment par ses compétences, son degré d'ouverture, son mode opératoire, son niveau d'implication dans ces thématiques et de désintéressement matériel ou commercial.

► Conclusion

Bien qu'en tête de la séquence ERC et mis en avant par la doctrine ERC, l'évitement demeure encore aujourd'hui bien trop dans l'ombre de la compensation qui occupe la place majeure dans les débats et les communications autour de l'autorisation de projets d'aménagement.

Alors que les évolutions récentes de la législation tendent malgré tout à conforter la position dominante du C, l'analyse menée dans E = RC+ conduit à penser qu'investir le E constitue un gage de préservation pour la nature et de sécurité juridique et financière pour l'aménageur. Or, les dispositions législatives et réglementaires comportent des limites, en ce qu'elles n'invitent pas à étudier l'évitement au stade le plus propice, c'est-à-dire très en amont du projet, lorsque rien n'est encore arrêté. Pourtant, le contenu de l'étude d'impact, qui n'a fait que s'étoffer durant les dix dernières années, fournit les outils propres à favoriser un évitement d'opportunité (basé sur le besoin du territoire) plutôt qu'un évitement géographique (modification à la marge de l'emplacement du projet). La prise en compte, en principe obligatoire, des fonctions écosystémiques et des services qu'elles rendent, encourage cette démarche, en facilitant l'appréciation de l'utilité publique d'un projet d'aménagement. La possibilité ainsi offerte de tendre vers la normalisation d'un évitement d'opportunité ouvre à son tour l'opportunité de dépasser l'échelle du projet d'aménagement pour encourager la construction d'un projet de territoire, dans lequel le E serait pensé au moment où l'occupation du sol se dessine, de façon collective et partenariale. Des cadres et des outils juridiques existent déjà pour soutenir cette démarche. D'autres sont à créer. Mais à ce stade, seuls la mobilisation du collectif et le porter à connaissance permettront d'en poser les premiers jalons.

Au-delà d'une meilleure prise en compte de l'évitement et d'un renforcement de la réduction des impacts, l'analyse menée dans E = RC+ fait ressortir l'importance d'assumer la destruction inhérente à tout projet d'aménagement (celle liée au tramway plutôt qu'à la rocade pour répondre au besoin de mobilité). Il conviendrait donc de penser systématiquement la compensation comme un levier pour réduire la destruction cumulée des ressources naturelles et pour restaurer l'intégrité fonctionnelle des systèmes écologiques, afin de viser la neutralité de l'empreinte écologique globale. L'analyse de 24 projets d'infrastructures (Weissberger *et al.*, 2019) montre en effet : que, (i) dans 80 % des cas, les mesures de compensation ne permettent pas d'éviter les impacts sur la biodiversité ; (ii) que seuls 20 % des sites choisis pour la

compensation sont réellement des sites dégradés ; (iii) que les sites de compensation ne représentent que 577 ha alors que les projets impactent 2 451 ha.

En d'autres termes, afin d'atteindre le zéro perte nette, tout projet devrait idéalement, et au-delà de la seule compensation pour destruction d'espèces protégées, s'accompagner d'une compensation consistant à renaturer un espace artificialisé, au moins de taille équivalente à celle impactée par le projet. En effet, seule la renaturation d'espaces dégradés permet un vrai gain pour la biodiversité par rapport aux modalités actuelles de la compensation. Le constat mis en évidence par Weissberger *et al.* montre notamment que l'objectif de zéro perte nette ne peut pas être atteint avec les instances et les jeux d'acteurs actuels qui ont montré leurs limites. Il est devenu indispensable d'avoir une approche la plus intégrative possible, conduite par des équipes affectées à cette mission, adoptant des modes opératoires pensés dans ce sens, ne relevant pas des services instructeurs, s'inscrivant dans un esprit d'accompagnement, du type « assistance à maîtrise d'ouvrage » (AMO), mais en totale indépendance. Ainsi, il serait alors nécessaire de transcender la séquence ERC, en étant innovants, ambitieux et en pleine conscience pour concevoir une compensation digne de ce nom tout en s'interrogeant très en amont sur la réelle nécessité de faire un aménagement...

►► Bibliographie

Boileau J., 2022. *Planification de l'aménagement du territoire et intégration des enjeux écologiques : améliorer l'application de la séquence Éviter-Réduire-Compenser par la modélisation écologique participative*, thèse de doctorat, soutenue le 30-6-2022, Montpellier.

CGDD, 2018. *Évaluation environnementale. Guide d'aide à la définition des mesures ERC*, coll. THEMA Balises, 134 p.

Massol M., 2020. *Les raisons impératives d'intérêt public majeur, dérogations aux interdictions relatives aux espèces protégées pour les projets d'aménagements et d'infrastructures – Analyse des jurisprudences françaises*, note de synthèse, DREAL Occitanie, 18 p.

Mathevet R., Godet L. (eds.), 2015. *Pour une géographie de la conservation. Biodiversités, Natures & Sociétés*, Paris, L'Harmattan, 400 p.

Mermet L., 2013. La concertation sur l'environnement, les nouveaux enjeux, synthèse du programme de recherche « Concertation, décision, environnement », *Environnement Magazine*, 8 p.

Tatoni T., Ritan-Olivry C., Albert C., Hervé M., Kaldonski N., Vanpeene S., 2020. *E = RC+, ne pas mettre tous ces E dans le même panier !*, rapport final du projet E = RC+, <http://www.ittecop.fr>.

Vanpeene S., Bassi C., Pissard P.-A., 2011. Journées techniques nationales. Mesures compensatoires dans les projets d'infrastructures de transport terrestre : aspects réglementaires et retours d'expériences, Aix-en-Provence, 29-30 mars 2011, actes de colloque, <http://www.ittecop.fr>.

Weissberger M., Roturier S., Julliard R., Guillet F., 2019. Biodiversity offsets: certainty of the net loss but uncertainty of the net gain, *Biological Conservation*, 237, 200-208.

Au cœur de la séquence ERC – Tentatives de caractérisation de l’hétérogénéité des méthodes d’évaluation des impacts

Stéphanie Barral, Rémy Petitimberty, Yves Bas,
Séverine Bord, Géraldine Enderli, Fanny Guillet,
Zoé Pelta

» Introduction

L'évaluation environnementale est une procédure réglementaire inscrite dans le Code de l'environnement, et qui consiste à évaluer les impacts environnementaux de plans, de programmes et de projets d'aménagement comme condition préalable à leur autorisation administrative. En pratique, ce sont principalement les impacts sur les espèces protégées et les zones humides qui sont évalués et gérés. Les entreprises chargées des projets d'aménagement, bien qu'elles soient légalement responsables de l'évaluation environnementale, ne sont généralement pas structurées en interne pour la réaliser, et font appel à des bureaux d'études ; ces derniers sont chargés d'évaluer les impacts sur la nature — et particulièrement sur les espèces protégées — et de proposer des solutions pour les neutraliser, selon les principes de la séquence « éviter-réduire-compenser » (ERC). Dès lors se structure un marché de l'évaluation environnementale, où des organisations professionnelles sont en concurrence et vendent des services fondés sur la maîtrise d'outils et de méthodes scientifiques, en réponse à la demande des aménageurs. Par construction, l'évaluation environnementale consiste donc en une expertise privée valorisée par un service marchand.

Alors que l'évaluation environnementale est cadrée normativement par le droit de l'environnement, son assise scientifique est, en France, très peu régulée par le décideur

public. Contrairement à ce qu'il peut être observé dans d'autres pays comme les États-Unis ou l'Allemagne (Rundcrantz et Skärbäck, 2003 ; Barral, 2022), la réglementation française n'impose pas de méthodes spécifiques pour conduire l'évaluation. Bien que certains services de l'État en région chargés de l'instruction fixent un cadre général formalisant les attentes, et bien que les services centraux aient construit un guide intitulé *Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique* (CGDD, 2018), en pratique, chaque chargé d'études peut définir, pour chaque projet, la méthodologie qu'il juge opportune. La conséquence directe de cela est la forte hétérogénéité des méthodes mobilisées dans les études d'impact et valorisées sur le marché de l'évaluation environnementale (Barral et Guillet, 2022 ; Petitimbert, 2018).

Cette hétérogénéité des méthodes et des évaluations développées dans les études d'impact ne va pas sans poser de problèmes. En premier lieu, elle remet en question directement l'efficacité de la séquence ERC. Concernant ce point, les débats vont bon train. Pour certains, la flexibilité dans le choix des méthodes est nécessaire en ce qu'elle permet d'adapter les cadres évaluatifs aux conditions territoriales locales (Quetier *et al.*, 2012 ; Mechin et Pioch, 2019). Pour d'autres, elle est la porte ouverte à la manipulation des données, à l'euphémisation des impacts et à la réduction des coûts économiques afférents (Levrel *et al.*, 2018). Face à cela, des études antérieures attestant de la fragilité du dispositif et de ses faibles résultats (Weissgerber *et al.*, 2019) invitent à explorer davantage les effets de cette hétérogénéité sur la mise en œuvre de la séquence ERC. Deuxièmement, l'hétérogénéité des moyens pousse à s'interroger non seulement sur les effets sur la protection de la nature, mais aussi sur l'équité de traitement accordée aux pétitionnaires de la politique, c'est-à-dire aux aménageurs. En effet, l'absence de cadre normé d'évaluation des impacts et des gains peut avoir pour conséquence directe une grande variabilité dans l'application de la réglementation : tandis que lorsqu'elles sont formalisées par les services de l'État, les métriques et ratios de mise en équivalence permettent de cadrer les relations entre parties prenantes de la politique (Barral, 2022), l'absence de règles formelles tend à faire reposer la mise en œuvre de la séquence ERC sur des rapports de force locaux et des jeux d'influence politique (Levrel *et al.*, 2018).

Afin d'éclairer d'un jour nouveau le débat actuel sur l'intérêt d'un cadre d'évaluation standardisé, ce chapitre est un essai de caractérisation de l'hétérogénéité des méthodes de l'évaluation environnementale et de ses ressorts. Nous désignons à dessein notre démarche « d'essai » pour signifier directement qu'il s'agit d'une tentative, celle d'objectiver des corrélations entre les méthodes spécifiées dans les études d'impacts, et des facteurs écologiques et organisationnels. À travers des analyses quantitatives, les travaux menés ont pour objectif de répondre aux questions suivantes : comment décrire l'hétérogénéité des études et des méthodes ? Peut-on observer des tendances qui distingueraient différentes approches de l'évaluation ? En quoi l'hétérogénéité est-elle régie par des facteurs sous-jacents, relatifs aux projets et aux territoires d'une part, ou au fonctionnement du marché de l'évaluation d'autre part ? En d'autres termes, nous cherchons ici à évaluer l'influence de la demande et de l'offre sur la production des études. Les deux parties qui constituent ce chapitre présentent la méthode de production de données et les principaux traitements statistiques conduits pour explorer les ressorts écologiques et organisationnels de l'hétérogénéité. Au terme de cette

démarche exploratoire, nous n'identifions pas de principes organisateurs sous-jacents, mais discutons les implications d'un tel résultat sur la conduite de l'action publique.

►► Quelle influence des projets et des écosystèmes ?

Objectifs scientifiques et cadre d'analyse

Le premier temps de l'analyse consiste à caractériser l'hétérogénéité des méthodes d'évaluation des impacts environnementaux dans les études d'impact, et à en appréhender les facteurs explicatifs à travers l'analyse quantitative de 48 études d'impact de projets d'infrastructures linéaires et de zones d'aménagement concerté (ZAC) situés en Occitanie, en Midi-Pyrénées et dans les Hauts-de-France⁸⁰. L'hypothèse de travail est la suivante : la qualité des études d'impact peut varier en fonction de facteurs externes et, en particulier, en fonction du type de projet et de sa surface d'emprise (certains projets donnant lieu à des attentions administrative et politique plus fortes) ou encore du type de milieu dans lequel le projet est prévu (milieux plus ou moins rares, protégés et/ou suivis et bien connus des écologues et naturalistes associatifs). Pour mettre cette hypothèse à l'épreuve, les 48 études d'impact ont été dépouillées afin de construire une base de données rassemblant les critères retenus pour l'analyse.

En premier lieu, nous avons cherché à quantifier le niveau d'impact global du projet sur la biodiversité (tel qu'il est déclaré dans l'étude d'impact) et surtout la baisse de ces impacts avant et après les mesures d'évitement et de réduction. Ceci a été réalisé à travers la construction d'un indice d'impact sur la biodiversité, pour déterminer des corrélations entre les éléments des dossiers et la baisse des impacts, selon les hypothèses suivantes : 1) la baisse des impacts est proportionnelle à l'ambition des mesures d'évitement et de réduction prévues ; 2) la baisse des impacts est proportionnelle au nombre d'espèces sur lesquelles les impacts sont évalués ; 3) la baisse des impacts peut être en partie liée à des facteurs extérieurs (surface d'emprise, type de projet, etc.) (Pelta *et al.*, en évaluation).

En second lieu, l'analyse de la base de données a été davantage orientée sur l'examen de la qualité des études d'impact. À cette fin, une grille d'analyse de la qualité des études d'impact a été construite permettant une étude cumulative des 48 dossiers. Un indice de qualité des dossiers a été construit sur la base de cette grille. L'objectif est de comprendre quels facteurs peuvent avoir un impact sur la qualité du dossier, en considérant particulièrement les questions suivantes : 1) Comment définir ce que serait une « bonne » étude d'impact ? Quels sont les critères les plus discriminants pour la qualité des études d'impact ? ; 2) Quels facteurs extérieurs affectent-ils le plus la qualité des études d'impact ? ; 3) Quels sont les éléments les plus hétérogènes d'une étude d'impact à une autre ? Au contraire, lesquels sont les plus homogènes ?

Ainsi construite, l'étude se concentre sur l'évaluation des impacts sur les espèces, des aspects moins étudiés dans les travaux sur la séquence ERC (à l'inverse des opérations de mise en équivalence) alors qu'il s'agit d'un point clé souvent problématique dans les études (Treweek, 1996).

80. Pour une présentation plus exhaustive de ce travail, voir Pelta, 2022.

Analyse de la baisse des impacts

L'indice d'impact représente la proportion d'espèces impactées par le projet. Il varie de 0 à 1 (1 : toutes les espèces évaluées sont fortement impactées ; 0 : aucune espèce n'est impactée). Des traitements statistiques ont ensuite été conduits pour tester la corrélation entre l'indice d'impact et plusieurs caractéristiques des études d'impacts : le type de projet, le coût des mesures ERC, le coût de la séquence par hectare, le nombre d'espèces sur lesquelles les impacts sont évalués, en faisant l'hypothèse d'une corrélation positive pour ces trois dernières variables. L'étude a été réalisée sur les 29 études d'impact (60 %) au sein desquelles les impacts étaient évalués sur un grand nombre d'espèces afin de garantir une puissance statistique minimale. Dans 18 études, les impacts sont évalués pour chaque espèce individuellement, et dans les 11 autres, les impacts sont évalués pour chaque groupe d'espèces. L'échelle de travail pour l'évaluation des impacts n'est explicitée dans aucune étude. Il n'y a pas non plus d'explication donnée au sujet de la correspondance faite entre la description qualitative de l'impact (prédiction d'impact) et le niveau d'impact (évaluation de l'impact).

Après calcul de l'indice et traitement statistique, on observe une claire diminution de l'indice avant et après l'application de la séquence ERC dans tous les cas, signifiant que l'absence de perte nette n'est pas atteinte. Plus précisément, on observe une variabilité très forte de la diminution de l'indice, avec des pourcentages de diminution allant de 0 % à 98 % ; 0 % signifiant qu'il n'y a pas de changements entre les impacts initiaux et les impacts résiduels et 98 % de diminution de l'indice signifiant que la grande majorité des impacts ont été évités et réduits à un niveau négligeable à l'exception d'une ou deux espèces. Entre ces deux valeurs, on observe un gradient d'une moyenne de 39 % de diminution et une médiane de 34 %.

Par la suite, les tests statistiques de Wilcoxon et de Spearman n'ont pas permis de mettre en évidence une corrélation entre les variables identifiées plus haut et la réduction de l'indice. Si une corrélation existe, elle est faible (résultat ρ des tests faible), et elle n'est pas significative pour l'échantillon étudié. Ces résultats, associés à l'analyse qualitative du lien entre mesures ER et diminution des impacts ainsi qu'à l'absence de définition claire des méthodes employées, semblent témoigner non seulement de la grande hétérogénéité de résultat écologique des études d'impact, mais aussi de leur caractère aléatoire. Pour trianguler ce résultat fort, les mesures de compensation des études d'impact ont été extraites et comparées. Dans la plupart des cas, les mesures sont très classiques et communes aux différentes études (protéger des zones très sensibles, suivre et lutter contre la colonisation d'espèces envahissantes). L'étude montre qu'il n'y a pas de différence notable entre les mesures de compensation des études d'impact avec une réduction d'impact forte ou faible.

Analyse de la qualité des dossiers

En partant des propositions de Bigard *et al.* (2017) et de Atkinson *et al.* (2000), l'étude de la qualité des évaluations a donné lieu à la construction d'un indice rendant compte de la qualité des dossiers de demande de dérogation, à partir de la sélection de 31 critères binaires (tableau 13.1) fondée sur le croisement entre les lignes directrices relatives à la séquence ERC, la grille d'analyse construite par le

Conseil national de protection de la nature (CNP) et la littérature. Pour chaque dossier, la moyenne des différents critères a donc une valeur comprise entre 0 et 1 : 1, si tous les critères (considérés comme gage de qualité) sont à 1, donc pour un dossier théoriquement « parfait » ; 0, si tous les critères valent 0⁸¹. Une base de données a été produite pour les 48 demandes de dérogation à disposition. Ces 48 dossiers représentent des projets très variés, aux surfaces d'emprise allant de l'ordre de l'hectare à plus de quatre cents hectares.

L'indice de qualité des dossiers varie de 0,19 à 0,93 (tableau 13.1). La moyenne et la médiane sont toutes deux de 0,58. En moyenne, 18 critères sur les 31 sélectionnés sont donc remplis. Le tableau suivant présente chacun des critères, le nombre de dossiers correspondants et le pourcentage relatif de ces dossiers par rapport au nombre total de dossiers. On remarque que certains critères concernant les méthodes sont rarement remplis. La zone d'étude élargie est présente dans moins de 50 % des dossiers ; les efforts de prospection ne remplissent les recommandations du CNPN que pour la moitié des études ; on observe une utilisation très limitée de méthodes quantitatives pour la définition des enjeux ; les ratios de compensation sont peu utilisés. Les continuités écologiques sont prises en compte pour l'évaluation des impacts et la définition des mesures dans moins de la moitié des dossiers — bien qu'elles soient quasiment toujours définies et/ou inventoriées. Enfin, au niveau de la compensation, les pertes intermédiaires⁸² ne sont jamais prises en compte dans les mesures de compensation. La biodiversité ordinaire est très rarement mentionnée et considérée, le foncier est maîtrisé dans seulement un tiers des dossiers, et la démonstration de l'équivalence écologique est très rarement réalisée.

Dans un second temps, des tests de Wilcoxon ont été effectués pour comparer les indices des projets en fonction des régions, du type de projet et de la taille du bureau d'étude mandataire. La p-value est inférieure à la valeur 0,05, choisie comme valeur de référence, uniquement dans le cas de la comparaison entre les régions Languedoc-Roussillon et Hauts-de-France, et Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées. Cela signifie que l'indice de qualité des dossiers est significativement plus grand pour les demandes de dérogation provenant de la région Languedoc-Roussillon que pour les demandes de dérogation provenant des deux autres régions.

L'étude qualitative permet ainsi de montrer une homogénéité plus grande dans le contenu des études réalisées en Occitanie où les enjeux comme les impacts sont la plupart du temps évalués directement sur les espèces protégées, alors que dans les Hauts-de-France, l'évaluation des enjeux est assez hétérogène. Nous interprétons cette différence au prisme des résultats d'une enquête qualitative menée par ailleurs sur le rôle des services instructeurs dans la mise en œuvre de la séquence ERC (Barral, Guillet, à paraître) et qui met en évidence le fait que les services instructeurs en Occitanie ont fait un travail de formalisation des attentes sur le contenu technique des études d'impact et ont bénéficié du soutien hiérarchique nécessaire pour l'appliquer.

81. La méthodologie de production et de traitement des données est davantage explicitée dans Pelta (2022).

82. Les pertes intermédiaires correspondent à l'idée selon laquelle la destruction ou la baisse d'une population liée à la perte de son habitat (site d'emprise du projet) s'opèrent le plus souvent avant que le site de compensation ne soit restauré et dans un état écologique qui leur est favorable. Ainsi, plus le décalage temporel est important entre les impacts engendrés par le projet, d'une part, et les actions écologiques effectuées sur le site de compensation, d'autre part, plus les pertes intermédiaires sont élevées.

Tableau 13.1. Nombre de dossiers remplissant chaque critère

Critères	Nombre de dossiers	Pourcentage (%)
Prospections ciblées	21	43,75
Prise en compte d'espèces potentielles	28	58,33
Définition de la zone d'étude	43	89,58
Définition d'une zone d'étude élargie	27	56,25
Inventaires complets	42	87,50
Jours et conditions précisés	43	89,58
Experts nommés	38	79,17
Suit les recommandations du CNPN	23	47,92
Continuités écologiques (définition)	38	79,17
Explication de la méthode	35	72,92
Méthode quantitative	9	18,75
Sur chaque espèce	34	70,83
Description des impacts	45	93,75
Éléments chiffrés	28	58,33
Sur chaque espèce (ou par groupe d'espèces)	26	54,17
Sur les habitats	31	64,58
Bruts et résiduels	39	81,25
Continuités écologiques (impacts)	23	47,92
Bonne classification des mesures	38	79,17
Étude de solutions alternatives	26	54,17
Indication sur les prix	38	79,17
Continuités écologiques (mesures)	21	43,75
Évaluation des impacts cumulés	28	58,33
Pertes intermédiaires	0	0
Mention du ratio	22	45,83
Calcul du ratio	14	29,17
Coût de la compensation précisé	32	66,67
Mention de la biodiversité ordinaire	3	6,25
Équivalence pertes/gains	9	18,75
Maîtrise du foncier	17	35,42
État initial des parcelles	23	47,92

On note aussi que les méthodes d'évaluation des enjeux sont très variées entre les différents dossiers : description qualitative, méthode quantitative (généralement celle proposée dans un document de cadrage de la DREAL du Languedoc-Roussillon, paru en 2013). En revanche, les méthodes d'évaluation des impacts ne sont jamais vraiment décrites. Les impacts supposés sont présentés qualitativement,

des données chiffrées sont parfois proposées (surface impactée, nombre d'individus dérangés ou détruits) — davantage dans le Languedoc-Roussillon que dans les deux autres régions étudiées —, mais le lien entre cette description et la qualification de l'impact (fort, faible, modéré) n'est jamais expliqué.

La corrélation entre l'indice de qualité et la surface des projets a été testée avec un test de Spearman et fait apparaître une corrélation faible, mais qui indiquerait que les études d'impact ont tendance à être de meilleure qualité pour les projets les plus grands en surface d'impact.

Ce premier travail sur le contenu des études d'impact vient donc confirmer en la décrivant plus spécifiquement l'hétérogénéité des évaluations environnementales, et ne permet pas d'identifier des facteurs explicatifs sous-jacents autres que le rôle de l'instruction dans l'amélioration de la qualité des contenus. Il invite alors à se pencher plus particulièrement sur les organisations qui mènent ces études en dialogue avec leurs commanditaires, mais également avec les services instructeurs qui guideront et évalueront leur travail.

►► **Quelle influence du modèle économique et marchand des bureaux d'études ?**

Objectifs scientifiques et méthodologie

La seconde partie de l'étude consiste à analyser la structuration économique du secteur des organisations de conseil⁸³ qui produisent des études d'impact, ainsi que les outils et méthodes qu'elles mobilisent. L'hypothèse de départ est la suivante : le fait que l'évaluation environnementale soit un service marchand proposé par les organisations de conseils aux maîtres d'ouvrage influence le contenu des outils et méthodes déployés au sein des études d'impact. Plus précisément, il s'agit d'étudier les sous-hypothèses suivantes :

1) le caractère privé des organisations de conseil découle d'un ensemble de contraintes organisationnelles et économiques qui influencent la façon dont les études sont produites : la taille, la division du travail en interne, les compétences, le modèle économique de l'organisation sont autant de critères qui contraignent la construction des études ;

2) la mise en concurrence des organisations de conseil sur le marché de l'évaluation environnementale induit des stratégies de différenciation de l'offre : il n'y aurait donc pas une, mais des offres en évaluation environnementale, qui se distingueraient par des modalités distinctes de construction des études.

En d'autres termes, l'étude explore en quoi les organisations de conseil ont des approches différenciées de l'évaluation environnementale, en lien avec des contraintes organisationnelles et économiques distinctes. En effet, les bureaux

83. La production du volet environnemental de l'étude d'impact pouvant être réalisée par des entreprises privées (bureaux d'études pour l'essentiel) ou des associations, nous proposons le terme générique d'« organisation de conseil ».

d'études ne sont pas tous semblables, et il convient de comprendre en quoi ils diffèrent pour comprendre les déterminants économiques et organisationnels de la production d'outils et de méthodes. Pour appréhender cela, un cadre d'analyse inspiré du concept de morphologie économique (François, 2008) est appliqué au marché de l'évaluation environnementale. De tradition durkheimienne, les travaux de sociologie des marchés qui s'intéressent à leur morphologie se penchent sur la structure des marchés à travers la caractérisation des types d'acteurs qui y participent, de leur nombre respectif, de leurs ressources, de leur taille, de leurs compétences et de leurs relations de coopération. Ces éléments sont complétés par des données sur la caractérisation de l'offre (quelles sont les méthodes mobilisées dans les études ? Selon quelles unités d'équivalence ?).

Les hypothèses du projet ont dans un premier temps été travaillées à travers le recensement des organisations de conseil positionnées sur le volet faune-flore de l'étude d'impact (266 organisations recensées) suivi d'une enquête par questionnaire conduite auprès de ces organisations (108 répondants sur 255, soit un taux de réponse de 42,5 %). Le questionnaire comportait sept blocs de questions, dont les trois suivants sont analysés ici⁸⁴.

Bloc 1 : les caractéristiques de l'organisation

Ce premier ensemble de questions aborde le nombre de salariés, la date de création de l'organisation, la part de l'évaluation environnementale et la part de marchés publics dans le chiffre d'affaires, ainsi que l'organisation du travail et la répartition des compétences internes approchées par le nombre de salariés et le type de compétences naturalistes à disposition au sein de l'organisation.

Bloc 2 : les positions de l'organisation sur le marché

Les questions de ce bloc portent sur le nombre d'études d'impact menées en moyenne par an, les tarifs pratiqués (au bureau et sur le terrain), les partenariats montés avec d'autres bureaux d'études pour produire des études (cotraitance, sous-traitance, mandat sans partenaire).

Bloc 3 : les offres de conseil technique

Ce bloc traite les types de prestations menées par les organisations enquêtées et les modalités techniques de leurs mises en œuvre : organisation des missions, de l'inventaire initial au suivi des mesures compensatoires établies, modalités de détermination de l'équivalence écologique, instruments et indicateurs mobilisés, capacités d'innovation des organisations dans leurs offres d'accompagnement.

Résultats

Initialement, le questionnaire a été construit de façon à tester l'existence de liens entre les caractéristiques organisationnelles, les positions sur le marché et le contenu des études, dans l'objectif de construire une typologie de bureaux d'études et d'associations présents sur le marché. Nous verrons par la suite que les analyses en correspondances multiples (ACM) ne permettent pas de discriminer des groupes

84. Pour une analyse plus exhaustive du recensement et du questionnaire, voir Barral, Petitimberty (2022).

d'organisations de façon suffisamment robuste, résultat à partir duquel nous avançons des éléments d'interprétation. Chaque bloc de questions (caractéristiques organisationnelles, positions sur le marché, offre en évaluation environnementale) a été analysé par des analyses statistiques descriptives afin de décrire le marché ; elles ont en outre permis de sélectionner les variables pertinentes à intégrer aux ACM. Les principaux éléments de description du marché sont présentés ici.

L'analyse du recensement général permet la caractérisation de l'ensemble des bureaux d'études proposant des services d'évaluation environnementale (volet faune-flore) à partir des critères de chiffre d'affaires, de nombre de salariés, de date de création, de nombre d'agences, et d'aire géographique des activités (local/régional/national). Elle construit l'image d'une offre composée d'un tissu d'organisations de tailles très variables que nous avons regroupées selon trois tranches de chiffre d'affaires. La première tranche, « chiffre d'affaires inférieur à 100 000 € » (vingt bureaux d'études, soit 7,5 % du marché), comprend des organisations d'un ou deux salariés, pour lesquels on peut faire l'hypothèse qu'ils n'ont pas la possibilité de répondre seuls à un maître d'ouvrage, qu'ils sont spécialisés sur quelques taxons et qu'ils interviennent essentiellement à une échelle locale ou régionale. Ainsi, la suite de la recherche aura pour objectif de vérifier ces hypothèses, de les préciser, d'explorer la façon dont les membres de ces organisations s'associent à d'autres pour développer leurs activités, et les effets de ces différents éléments sur la production des études.

De l'autre côté du spectre, la tranche « chiffre d'affaires supérieur à 2 000 000 € » permet d'identifier de grandes organisations, généralement très diversifiées et au spectre d'action national, voire international. Souvent, ces organisations sont évoquées par les parties prenantes de la séquence ERC comme comptant un large effectif. Cela leur permet de prendre en charge l'intégralité d'un dossier d'étude d'impact ou, à défaut, de pouvoir assurer la coordination des divers partenaires chargés du dossier. Cette capacité est encore renforcée par des agences couvrant le territoire national et des équipes comportant des compétences particulières permettant de répondre à l'ensemble des besoins, allant de l'évaluation environnementale à l'ingénierie écologique. Cependant, ces considérations reposent souvent sur la généralisation de quelques cas de bureaux d'études très visibles dans le paysage de l'évaluation environnementale (Biotope et Écosphère, notamment). Le recensement met en évidence le fait que les « grosses » organisations ne se limitent pas à ces quelques cas particuliers et sont au nombre de 48 (soit 18 % du marché existant). Par la suite, la passation du questionnaire permet de caractériser les formes de participation (seules ou en association avec d'autres).

Enfin, la majorité des bureaux d'études du recensement constitue la tranche intermédiaire des organisations recensées, avec un chiffre d'affaires compris entre 100 000 € et 2 000 000 €. Elle rassemble des organisations caractérisées par une aire géographique régionale, voire nationale, qui sont organisées en agence (rarement plus de cinq).

L'analyse de chaque bloc du questionnaire permet ensuite une interprétation plus fine du fonctionnement du marché. Le principal résultat est la grande flexibilité des bureaux d'études, entendue comme leur capacité à s'adapter aux conditions du marché et à adapter leur prise de responsabilité en fonction des compétences

requis, afin d'obtenir des contrats. La flexibilité s'appréhende selon une composante interne aux organisations et une composante externe.

La composante interne de la flexibilité est identifiée à partir des questions portant sur les milieux d'intervention et les compétences naturalistes des écologues présents dans les bureaux d'études. Environ la moitié des répondants (46,6 %) indiquent être spécialisés sur un milieu (généralement le milieu terrestre) et 53,4 % sont positionnés sur deux, voire trois milieux (terrestre, aquatique, maritime). Concernant les compétences naturalistes, il s'agissait d'une question à choix multiples avec dix propositions de taxons⁸⁵. Le tableau suivant indique le nombre de réponses cochées par les répondants (tableau 13.2). Il illustre le fait que 73 % des bureaux d'études cumulent des compétences relatives à un nombre de taxons compris entre 4 et 8. Ces éléments illustrent une capacité à développer une offre étendue, c'est-à-dire adaptable à une diversité d'écosystèmes et de projets.

Tableau 13.2. Nombre de réponses cochées à la question des compétences naturalistes, par nombre de bureaux d'études

Nombre de compétences naturalistes	Nombre de bureaux d'étude	Pourcentage de bureaux d'étude
0	1	2
1	2	4
2	5	11
3	1	2
4	6	13
5	6	13
6	9	20
7	5	11
8	7	15
9	3	7
10	1	2
Total	46	100

La composante externe de la flexibilité est mise en évidence par l'analyse du bloc « position sur le marché ». Ce bloc permet d'examiner la tendance des organisations à répondre seules aux demandes ou au contraire à s'associer avec d'autres pour le faire. À travers cela, il s'agit de mettre à l'épreuve l'image assez répandue d'un marché constitué de grands bureaux d'études qui captent la demande et soustraient une partie des études à de petits bureaux ou à des associations. Pour cela, la question centrale de ce bloc porte sur les modalités de réponse aux offres, que nous appelons des « positions » sur le marché :

– position n° 1, mandataire unique : l'organisation est la seule impliquée dans l'étude, elle assume toutes les responsabilités juridiques et perçoit l'ensemble de la rémunération ;

85. Botaniste, mammologiste (hors chiroptères), chiroptérologue, herpétologue, entomologiste, ornithologue, arachnologue, malacologue, ichtyologue, mycologue.

- position n° 2, cotraitant mandataire : l'organisation s'engage dans l'étude en partenariat avec au moins une autre organisation, elle partage les risques juridiques avec l'autre cotraitant et se charge de la relation avec le maître d'ouvrage ;
- position n° 3, cotraitant: l'organisation s'engage dans l'étude en partenariat avec au moins une autre organisation, elle partage les risques juridiques avec l'autre cotraitant, mais ne se charge pas de la relation avec le maître d'ouvrage ;
- position n° 4, mandataire : l'organisation s'engage dans l'étude, en porte les risques juridiques, assume la relation avec le maître d'ouvrage et sous-traite une partie du travail ;
- position n° 5, sous-traitant : l'organisation travaille pour le compte d'un mandataire et non d'un maître d'ouvrage).

De façon similaire à la question sur les compétences naturalistes, le traitement de cette question a consisté à compter le nombre de positions que chaque organisation peut occuper en fonction des études et des contrats avec des maîtres d'ouvrage. Le résultat témoigne d'un secteur scindé entre des organisations qui se positionnent toujours selon la même modalité sur le marché (38 % dont 20 % sont uniquement prestataires uniques) et des organisations qui, à l'inverse, multiplient les positions (dont notamment 17 % peuvent occuper tour à tour les cinq positions).

Ces résultats viennent donc complexifier l'image commune du secteur de l'évaluation environnementale, en montrant une majorité d'organisations flexibles, plastiques, adoptant des positions différentes selon les situations. Ils démontrent également que certaines organisations (20 % d'entre elles), de taille moyenne à grande, n'ont jamais recours à des partenariats pour s'engager dans une étude. Ce secteur comprend donc des organisations ayant en interne les compétences naturalistes nécessaires pour répondre à la demande, et disposant d'une grande maîtrise de la production du contenu des études. À partir de ces premiers éléments, nous avons cherché à comprendre si ces différentes stratégies de positionnement sur le marché sont corrélées à différentes approches de l'évaluation environnementale.

Pour approfondir ce point, nous avons en premier lieu analysé le bloc de questions portant sur l'offre en évaluation environnementale, dans l'objectif de distinguer différentes approches des études produites par les organisations : étapes de l'étude d'impact proposées (inventaires, dimensionnement et évaluation, suivi), modalités d'administration de la preuve pour le dimensionnement et l'évaluation, type de méthode, unité d'équivalence généralement mobilisée. Malgré un nombre plus important de questions non renseignées, l'analyse de ce bloc de questions témoigne de la grande variabilité des contenus des études développées par chaque bureau d'études. Par exemple, à la question de l'unité d'équivalence généralement mobilisée (surface, espèces, fonctionnalités écologiques, services écosystémiques), les organisations ont signalé qu'elles en utilisaient plusieurs. De même, la question portant sur les modalités d'administration de la preuve dans l'évaluation des impacts a donné lieu à un grand nombre de réponses pour chaque organisation, sélectionnées parmi un choix de réponses fermées (à savoir : à dire d'experts, autres études menées précédemment, outils de capitalisation interne, bases de données naturalistes publiques, achat de données naturalistes, autre, la modalité « autre » ayant donné lieu à 15 propositions supplémentaires).

Ces résultats viennent confirmer les éléments démontrés en partie 1, à savoir que l'hétérogénéité des outils et des méthodes mobilisées dans les études ne s'explique pas à l'échelle des organisations, mais plutôt des études : chaque organisation a tendance à faire varier les outils, les méthodes, les modalités d'administration de la preuve, les unités d'équivalence, en fonction des études, des conditions locales, des demandes spécifiques pour chaque dossier.

Pour renforcer ces éléments, des analyses de correspondances multiples ont aussi été conduites, dans l'objectif de croiser les résultats des trois blocs et d'identifier des corrélations entre les types de bureaux d'études (approchés par la taille) et les positions sur le marché (distinguant les mandataires uniques des bureaux d'études plus flexibles). Ces traitements n'ont conduit à aucun résultat concluant statistiquement, corroborant par là le fait que l'hétérogénéité des études produites découle des choix méthodologiques réalisés pour chaque étude.

►► Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons avancer trois grands résultats. Premièrement, nous confirmons en la décrivant la grande hétérogénéité du contenu des évaluations environnementales saisie à travers le volet faune-flore. Deuxièmement, cette hétérogénéité ne s'explique pas par les caractéristiques générales des projets d'aménagement auxquels ils ne se rapportent ni par les niveaux d'enjeux écologiques associés. Troisièmement, cette hétérogénéité ne s'exprime pas à l'échelle des bureaux d'études, qui porteraient chacun une approche spécifique de l'évaluation environnementale, mais bien à celle des études, laissant penser que chaque étude est adaptée à des facteurs autres qu'écologiques, se situant dans la relation avec le maître d'ouvrage et dans la configuration politique porteuse du projet d'aménagement. Saisis conjointement, ces résultats mettent en évidence le fait qu'il n'y a pas nécessairement de déterminants forts de cette hétérogénéité, qui paraît ainsi, à plusieurs égards, contingente, rendant ainsi la séquence ERC difficilement gouvernable pour les services instructeurs. En effet, la faible lisibilité des logiques prévalant à l'évaluation environnementale vient renforcer l'asymétrie de temps que les bureaux d'études et les services instructeurs peuvent allouer à la production et à l'instruction des évaluations. Pour cette raison, une plus grande formalisation du cadre scientifique de l'évaluation environnementale par le régulateur nous apparaît comme une condition nécessaire de la protection du travail des bureaux d'étude face à des contextes politico-économiques pouvant être délicats, ainsi que du renforcement de cette politique.

►► Bibliographie

- Atkinson S.F., Bhatia S., Schoolmaster F., Waller W., *et al.*, 2000. Treatment of biodiversity impacts in a sample of US environmental impact statements, in *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18(4), p. 271-282.
- Barral S., 2022. Metrics and public accountability, the case of species credits in the USA, *Journal of Rural Studies*, 92, p. 492-501, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.10.022>.

- Barral S., Guillet F., 2022. Temps de la nature, temps de la procédure. Conflit de temporalités dans le droit de l'environnement, *Droit et société*, 111(2), p. 305-18.
- Barral S., Petitimbert R., 2022. *MORPHÉE*, rapport scientifique intermédiaire, OFB/MTES, Ittecop.
- Bigard C., Regnery B., Blasco F., Thompson J., 2017. La prise en compte de la biodiversité dans les études d'impact : évolutions prometteuses, mais lacunaires, *Sciences Eaux et Territoires*, IRSTEA, HS n° 39, 12 p.
- CGDD, 2018. *Évaluation environnementale. Guide d'aide à la définition des mesures ERC*, MTES, Cerema.
- CGDD, 2021. *Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique. Guide de mise en œuvre*, MTES, OFB, Cerema.
- François P., 2008. *Sociologie des marchés*, Paris, éditions Armand Colin.
- Levrel H., Guillet F., Lombard-Latune J., Delforge P., Frascaria-Lacoste N., 2018. Application de la séquence éviter-réduire-compenser en France : le principe d'additionnalité mis à mal par 5 dérives, *VértigO, la revue électronique en sciences de l'environnement*, 18(2).
- Mechin A., Pioch S., 2019. Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation écologique ?, *VértigO, la revue électronique en sciences de l'environnement*, 19(3).
- Pelta Z., 2022. *Évaluation de la séquence ERC, Approche par la qualité des dossiers et analyse des méthodes d'évaluation des impacts*, mémoire de master 2, AgroParisTech.
- Petitimbert R., 2018. La professionnalisation des consultants de la compensation : traductions instrumentales et enjeux de légitimation, *Natures Sciences Sociétés*, 26(2), p. 203-14, <https://doi.org/10.1051/nss/2018030>.
- Quétier F., Quenouille B., Schwoertzig E., Gaucherand S., Lavorel S., Thiévent P., 2012. Les enjeux de l'équivalence écologique pour la conception et le dimensionnement de mesures compensatoires d'impacts sur la biodiversité et les milieux naturels, *Sciences Eaux & Territoires*, IRSTEA, HS n° 7, 7 p.
- Rundcrantz K., Skärbäck E., 2003. Environmental compensation in planning : a review of five different countries with major emphasis on the German system, *Environmental Policy and Governance*, 13(4), 204-26.
- Treweek J., 1996. Ecology and environmental impact assessment, *Journal of Applied Ecology*, 33, 191-199, <https://doi.org/10.2307/2404742>.
- Weissgerber M., Roturier S., Julliard R., Guillet F., 2019. Biodiversity offsetting : Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain, *Biological Conservation*, 237, p. 200-208.

RENATU : un indicateur de biodiversité potentielle pour les espaces verts industriels et urbains à l'usage d'utilisateurs opérationnels

Pierre Pech

► Introduction : pourquoi un indicateur pour des opérateurs non spécialistes en écologie ?

La stratégie de biodiversité des entreprises fait partie de leur performance, financière et sociale, et il en va de même pour de nombreux organismes publics ou parapublics. Les infrastructures urbaines, industrielles et de transport, IUIT, intègrent des emprises ou des espaces verts. Pour ces milieux, souvent en friches, les gestionnaires sont demandeurs d'outils d'évaluation, voire d'amélioration de leur biodiversité. Ces gestionnaires d'infrastructures ont besoin d'indicateurs qui soient conviviaux, efficaces, scientifiquement fiables et simples à utiliser.

Les indicateurs existants sont complexes, mais, pour de nombreux chercheurs, il est bien connu que l'état d'un habitat ou la présence de certains indicateurs structurels de l'écosystème sont représentatifs d'une plus grande complexité (McKenzie *et al.*, 2018). Cette complexité est révélatrice de la biodiversité taxonomique et fonctionnelle : il existe de nombreuses complémentarités, des services que les espèces se rendent entre elles, et plus le milieu est complexe, plus il est apte à enregistrer, voire à s'adapter à des changements. La biodiversité fournit également des services écosystémiques qui bénéficient aux sociétés et aux entreprises humaines. La complexité des composantes écologiques, mesurée par les indices, est révélatrice du potentiel d'accueil des espèces végétales et animales (insectes, arthropodes,

papillons, oiseaux, mammifères, etc.). La notion « d'espèce parapluie » (Ernoul *et al.*, 2021) est une image de cette forme d'approche, mais elle peut s'appliquer en prenant en compte d'autres critères que des espèces : il peut s'agir d'éléments du milieu étudié, comme la forme ou la complexité d'un sous-bois avec ses strates de végétation. De ce fait, un indicateur regroupe un certain nombre de caractéristiques écologiques relatives à un environnement ou un espace.

Un indicateur permet donc de simplifier la réalité de la biodiversité en sélectionnant des critères qui la rendent compréhensible. Il peut également être composé d'éléments de gestion favorables à la biodiversité, comme la tonte tardive des pelouses pour favoriser la nidification de certains oiseaux. C'est donc un outil de synthèse, d'évaluation, mais aussi de communication, car il permet de transformer les éléments collectés sur le terrain en un ensemble de scores. Un indicateur de biodiversité potentielle permet également de faire le point sur l'état d'un espace et à ce titre peut également servir de repère pour évaluer l'efficacité d'un certain type de gestion au cours du temps. Il facilite également la communication vers le grand public ou les agences d'évaluation.

►► Comment a été construit RENATU ?

RENATU est un indicateur de biodiversité potentielle. Il est composé de plusieurs indices qui concernent les caractéristiques des écosystèmes. L'indicateur RENATU — pour renaturation des infrastructures urbaines, industrielles et de transport ou IUIT — est le résultat de travaux réalisés au sein du programme Ittecop par des laboratoires scientifiques en écologie et en géographie et par les personnels d'exploitation, d'encadrement et de construction d'IUIT, notamment la SNCF, Eiffage, PSA et Lidl (Pech *et al.*, 2022). Cet indicateur n'est pas un indicateur écologique scientifique. Il vise à répondre aux besoins des professionnels qui souhaitent disposer d'un outil facile à utiliser, mais valable sur le plan écologique. Cet indicateur ne remplace pas les indicateurs scientifiques qui peuvent être utilisés en complément.

Cet indicateur a été construit à partir de l'analyse de la littérature scientifique présentant différents indicateurs permettant d'estimer le potentiel écologique et la capacité de charge en biodiversité d'un site. Cet indicateur est composite (Levrel, 2007) : onze indices décrivent la stratification, la richesse en espèces ligneuses, les arbres porteurs de microhabitats, la strate herbacée et sa gestion, les feuilles et fleurs des espèces herbacées, les clôtures, murs et haies (lorsqu'ils sont présents sur le site), la présence d'espèces exotiques envahissantes, la présence d'aménagements de biodiversité et la proximité de réservoirs de biodiversité. Comme d'autres indicateurs, RENATU estime les structures écologiques et la biodiversité potentielle à l'aide d'indices qui sont des descripteurs de l'environnement. Cet état écologique du milieu peut être interprété par des structures écologiques concernant la biodiversité potentielle comme d'autres indicateurs tels que ceux proposés par Gosselin et Larrieu (2020) pour les forêts. Par exemple, la présence de bois mort au sol indique qu'il s'agit d'une ancienne forêt et permet d'envisager la présence d'insectes, de larves et de vers qui se nourrissent, mais servent aussi de proies à d'autres insectes ou oiseaux. L'indicateur est construit de manière qu'il capte cette complexité.

►► Comment mettre en œuvre RENATU ?

Deux conditions sont recherchées pour l'indicateur RENATU : il doit être écologiquement pertinent et il doit être facile d'utilisation pour les utilisateurs (son ergonomie). RENATU fournit des informations sur le potentiel de biodiversité qui se développerait dans le milieu étudié. Les onze indices (tableau 14.1) qui évaluent l'état de la biodiversité estimée par les composantes structurelles écologiques sont constitués de critères d'évaluation concernant les composantes structurelles écologiques du site et la physiologie des plantes, ainsi que l'environnement du site étudié, notamment sa plus ou moins grande proximité vis-à-vis d'espaces verts, comme des parcs. On intègre aussi des caractéristiques des formes de gestion du site pour permettre aux gestionnaires d'évaluer d'éventuelles mesures en faveur de la biodiversité, comme l'usage de tontes tardives pour permettre la nidification ou le développement des papillons. L'opérateur est invité à effectuer une analyse de l'espace vert et à le diviser en autant de sites correspondant à des milieux qu'il juge originaux (pelouse, bosquet, mare, noue, friche, etc.). Chaque indice est évalué à l'aide d'une note allant de 0 à 5. Il y a onze indices dont la moyenne constitue la valeur de l'indicateur RENATU. Le choix de proposer une notation de 0 à 5 correspond à ce qui est pratiqué dans les sondages afin de faciliter les réponses, mais aussi dans de nombreuses évaluations en sociologie, en psychologie, en médecine notamment dans l'évaluation de certaines perceptions comme la douleur (Vindrola-Padros, 2020).

Tableau 14.1. Les onze indices composant l'indicateur RENATU

Indice	Notation																				
Stratification : nombre de strates de végétation	Sol nu artificiel (bitume, béton, etc.) : 0 ; Sol nu sans végétation : 1 ; 1 strate de végétation : 2 ; 2 strates : 3 ; 3 strates : 4 ; > 4 strates : 5																				
Richesse en espèces lignifiées et ligneuses	0 espèce ligneuse : score 0 ; 1 espèce ligneuse : 1 ; 2 espèces ligneuses : 2 ; 3 espèces ligneuses : 3 ; > 4 espèces ligneuses : 5																				
Présence d'arbres supportant des microhabitats : le score dépend de la taille du site étudié	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Surface du site</th> <th>Score = 0</th> <th>Score = 2</th> <th>Score = 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 1 000 m²</td> <td>0 arbre</td> <td>1 arbre</td> <td>> 1 arbre</td> </tr> <tr> <td>1 000 à 1999 m²</td> <td>0 arbre</td> <td>> 1 arbre</td> <td>> 2 arbres</td> </tr> <tr> <td>2 000 à 4 999 m²</td> <td>0 arbre</td> <td>> 2 arbres</td> <td>> 3 arbres</td> </tr> <tr> <td>> 5 000 m²</td> <td>0 arbre</td> <td>2 à 5 arbres</td> <td>> 6 arbres</td> </tr> </tbody> </table>	Surface du site	Score = 0	Score = 2	Score = 5	< 1 000 m ²	0 arbre	1 arbre	> 1 arbre	1 000 à 1999 m ²	0 arbre	> 1 arbre	> 2 arbres	2 000 à 4 999 m ²	0 arbre	> 2 arbres	> 3 arbres	> 5 000 m ²	0 arbre	2 à 5 arbres	> 6 arbres
	Surface du site	Score = 0	Score = 2	Score = 5																	
	< 1 000 m ²	0 arbre	1 arbre	> 1 arbre																	
	1 000 à 1999 m ²	0 arbre	> 1 arbre	> 2 arbres																	
	2 000 à 4 999 m ²	0 arbre	> 2 arbres	> 3 arbres																	
> 5 000 m ²	0 arbre	2 à 5 arbres	> 6 arbres																		
La strate herbacée et sa gestion	0, si utilisation de produits phytosanitaires et fauchage fréquent ; 1, si plus de 3 fauchages par an ; 2, si plus de 2 fauchages par an ; 3, si fauchage tardif entre mi-juin et mi-juillet (pour les régions tempérées) ; 4, si 1 fauchage tardif de septembre à mi-novembre ou pâturage et 5, si fauchage en mosaïque																				
Espèces de la strate herbacée : couleurs des fleurs	0, si pas de fleurs colorées ; 1, si une couleur ; 2, si 2 couleurs ; 3, si 3 couleurs ; 5, si plus de 4 couleurs																				
Espèce de la strate herbacée : forme des feuilles	0, si aucune forme de feuille ; 1, si 1 forme ; 2, si 2 formes ; 3, si 3 formes ; 4, si 4 formes et 5 si plus de 4 formes																				

Espèce de la strate herbacée : forme des fleurs	0, si aucune forme de fleur ; 1, si 1 forme ; 2, si 2 formes ; 3, si 3 formes et 5, si plus de 4 formes
Clôtures, murs et haies	0 : environnement isolé, clôture sans végétation, grillage, mur lisse ; 1 : clôture supportant 1 ou 2 espèces végétales ; 3 : clôture avec plus de 2 espèces végétales ou mur avec des crevasses ; 4 : végétation continue sans clôture ; 5 : haie à végétation complexe
Espèces exotiques envahissantes, EEE	5 : si pas d'EEE ; - 1 : si rares individus (1 à 3) isolés ; - 4 : si petits groupes d'individus (< 5) ; - 5 : si grands groupes d'individus
Installations pour la biodiversité	Si le site ne contient pas d'installations, l'indice est supprimé. S'il y a une installation, la note 4 est attribuée, s'il y a plus de 2 installations, la note 5 est attribuée
Proximité d'un réservoir de biodiversité (parc, etc.)	0 : si la distance à une zone protégée est supérieure à 2 km ; 1 : si la distance est comprise entre 1 et 2 km avec des corridors écologiques ; 3 : si la distance est comprise entre 500 m et 1 km avec des corridors écologiques ; 4 : si la distance est comprise entre 100 et 500 m avec des corridors écologiques ; 5 : si la distance est inférieure à 100 m avec des corridors écologiques

L'indicateur permet de considérer la biodiversité présente sur les sites d'une emprise verte d'une entreprise ou d'une infrastructure de transport. Il permet aussi d'effectuer un suivi de l'évolution des espaces verts à partir d'une reproduction des mesures au cours du temps. Ces mesures constituent un outil afin de suivre les améliorations de la stratégie de biodiversité d'une entreprise soucieuse d'accroître les qualités écologiques de ses emprises vertes, en mettant en évidence les bénéfices des bonnes pratiques de gestion. L'opérateur peut aussi effectuer une représentation cartographique de l'espace concerné et constitué des différents milieux analysés à l'aide de RENATU. La cartographie est un outil d'aide à la gestion afin d'accroître les performances de qualité des milieux.

► La validation de RENATU et les retours d'expérience

Pour tester et valider RENATU, des usagers opérationnels des emprises industrielles accompagnés par un ou plusieurs membres de l'équipe de recherche constituée autour de ce projet en réponse à l'appel d'offres (Pech *et al.*, 2022) ont testé RENATU sur 96 sites appartenant à des emprises vertes d'infrastructures de transport, comme le tramway 2, reliant la porte de Versailles au pont de Bezons, à l'ouest de Paris, ou d'implantations industrielles, comme ceux des usines de PSA, à Poissy ou Sochaux (figure 14.1). Cette dispersion des sites étudiés dans l'espace français a permis de valider l'indicateur tout en conservant une homogénéité des conditions bioclimatologiques : entre 47 et 49 degrés de latitude Nord, dans des habitats correspondant à un climat tempéré océanique dégradé sans isolat continental marqué. Cette homogénéité a permis un traitement statistique pertinent. Pour chaque implantation, au moins une dizaine de sites ont été étudiés.

Pour évaluer la pertinence écologique de l'indicateur, des données écologiques complémentaires ont été collectées sur certains des sites pour calculer l'indice de Shannon, indice traditionnellement utilisé pour analyser la variété spécifique, l'une

des composantes de la biodiversité (Burrascano *et al.*, 2011). Les correspondances statistiques entre l'indicateur RENATU et l'indice de Shannon révèlent la pertinence de l'indicateur : sur la figure 14.2, le nuage de points correspond aux 11 sites sur lesquels ont été établies les analyses conjointes de RENATU et de l'indice de Shannon (*cf.* article détaillé : Pech *et al.*, 2022).

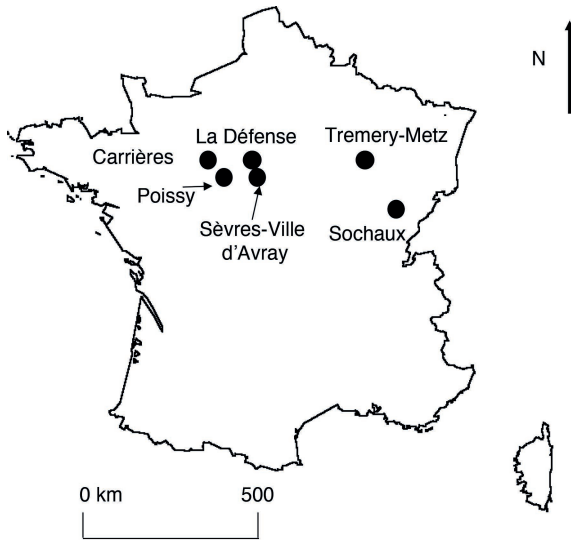


Figure 14.1. Carte de localisation des 96 sites répartis sur 6 implantations étudiées en France sur des emprises industrielles ou sur celles d'infrastructures de transport
Source : auteurs

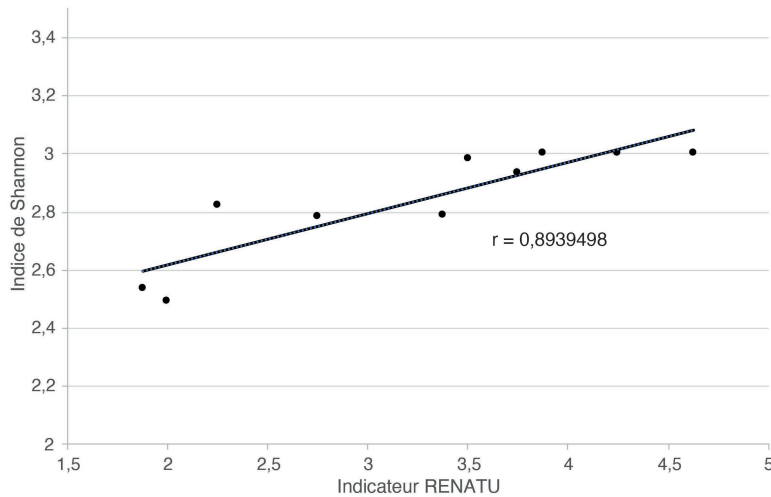


Figure 14.2. Diagramme représentant les valeurs prises par l'indicateur RENATU et l'indice de Shannon sur 11 sites pris parmi les 96 étudiés
Source : auteurs

Le coefficient de corrélation r de 0,89 témoigne d'une forte relation entre les deux types de données. Il valide la pertinence de l'indicateur RENATU, sans en faire un indicateur écologique autre que pour des fins opérationnelles à l'usage d'opérateurs non formés en écologie. La pertinence de RENATU est un atout favorable pour développer la prise en charge de la biodiversité par les opérateurs industriels. Pour évaluer le caractère ergonomique de RENATU, une enquête a été effectuée auprès de 36 utilisateurs. Le questionnaire fermé (0 à 5) concernait l'efficacité, le caractère opérationnel, sa facilité de mise en œuvre, le caractère ludique ou plaisant, la flexibilité permettant d'ajuster l'indicateur aux besoins locaux, le coût. Le traitement des données aboutit à des appréciations qui témoignent de l'utilité opérationnelle de l'indicateur RENATU (tableau 14.2).

Tableau 14.2. Valeurs des moyennes et des écarts-types des scores obtenus dans l'évaluation de l'ergonomie de l'indicateur RENATU auprès de 36 opérateurs interrogés

	Effici- ence	Caractère opérationnel	Facilité d'usage et qualité de l'apprentissage	Satisfaction	Flexibilité	Coût
Moyenne	4,7	4,2	4,2	4,3	3,8	3,8
$\sigma =$ écart-type	0,44	0,55	0,55	0,44	0,55	0,56

Les valeurs optimales étant de 5, les moyennes traduisent la qualité de l'appréciation. Seule la valeur concernant le coût traduit le caractère chronophage de la démarche, mobilisant un salarié pendant un temps important à la manipulation de l'indicateur RENATU. La question des externalités mériterait d'être évaluée (Vazquez et Leon, 2004) : en quoi le coût correspondant à la mobilisation salariale à la production de données à partir de RENATU ne s'avère-t-il pas rentable *in fine* pour rendre des services financiers, ne serait-ce qu'au titre de la stratégie de biodiversité de l'entreprise ou même dans la qualité du bien-être ressenti par les salariés responsables de la prise en charge de la biodiversité ? Cette question est bien développée par l'écologie de la réconciliation (Couvet *et al.*, 2018).

► Conclusion

L'indicateur RENATU permet d'estimer le potentiel d'accueil de la biodiversité dans des emprises vertes industrielles ou d'infrastructures de transport. Il est utilisé pour orienter les pratiques de gestion visant à préserver et à améliorer la biodiversité sur les sites. L'outil RENATU est conçu comme un moyen d'évaluer la biodiversité potentielle (Gosselin et Larrieu, 2020) et permet un suivi dans le temps. L'indicateur est souple et adaptable et peut être modifié en fonction des observations de terrain et des moyens dont dispose l'entreprise. Des éléments peuvent être ajoutés ou supprimés. Son ergonomie permet de sensibiliser les gestionnaires à la biodiversité. Elle permet également d'encourager les mesures de gestion qui favorisent l'amélioration de la biodiversité. Comme de nombreuses démarches liées aux milieux naturels, RENATU développe un intérêt pour le lieu de travail et un attachement à l'environnement entretenu. Il contribue à la sensibilisation à la biodiversité et à la

motivation des salariés pour améliorer la biodiversité de leurs sites (Couvet *et al.*, 2008 ; Cosquer *et al.*, 2012).

► Bibliographie

- Burrascano S., Sabatini F.M., Blasi C., 2011. Testing indicators of sustainable forest management on understorey composition and diversity in southern Italy through variation partitioning, *Plant Ecology*, 212, 829-841, <https://doi.org/10.1007/s11258-010-9866-y>.
- Cosquer A., Raymond R., Prevot-Julliard A.C., 2012. Observations of everyday biodiversity: a new perspective for conservation?, *Ecology and Society*, 17, <https://doi.org/10.5751/ES-04955-170402>.
- Couvet D., Jiguet F., Julliard R., Levrel H., Teyssedre A., 2008. Enhancing citizen contributions to biodiversity science and public policy, *Interdisciplinary Sciences Review*, 33, 95-103, <https://doi.org/10.1179/030801808X260031>.
- Ernoul L., Wardell-Johnson A., Mathevet R., Sandoz A., Boutron O., Willm L., Arnassant S., Béchet A., 2021. Context in landscape planning: improving conservation outcomes by identifying social values for a flagship species, *Sustainability*, 13, 6827, <https://doi.org/10.3390/su13126827>.
- Gosselin F., Larrieu L., 2020. Developing and using statistical tools to estimate observer effect for ordered class data: the case of the IBP (Index of Biodiversity Potential), *Ecological Indicators*, 110, 105884, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105884>.
- Levrel H., 2007. Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité ?, *Les cahiers de l'IFB*, Paris, 99 p.
- McKenzie T., Normand L., Iwancki N., Miller G., Prior P., 2018. Assessing the utility of a novel terrestrial biodiversity quality indicator with 10 years of monitoring data, *Ecological Indicators*, 85, 422-431.
- Pech P., Lefébure A., Thuillier L., About C., Frascaria-Lacoste N., Jacob P., Riboulot-Chetrit M., Simon L., 2022. RENATU: a tool for assessing the ecological potential of an industrial or urban site for non-specialist users, *Revue Française de Gestion Industrielle*, <https://rfgi.fr/rfgi/article/view/1109>.
- Vazquez M.X., Leon C.J., 2004. Altruism and the economic values of environmental and social policies, *Environmental and Resource Economics*, 28, 233-249, <https://doi.org/10.1023/B:EARE.0000029919.95464.0b>.
- Vindrola-Padros C., 2020. Rapid anthropological assessments in the field, *Social Science in Humanitarian Action*, 4, 1-5.

Partie IV

Une recherche qui fait projet

►► Introduction : la gestion des environnements infrastructurels comme méthode de recherche

Denis Delbaere

La recherche portée par le programme Ittecop est incontestablement tournée vers l'action. L'étude et l'analyse des aspects environnementaux et paysagers des systèmes d'infrastructures, si elles sont destinées à accroître la connaissance que nous avons de ces sujets, ne peuvent ignorer que si un programme leur a été dédié c'est parce que les infrastructures linéaires constituent un enjeu opérationnel particulièrement important à l'échelle nationale, européenne et mondiale dans le contexte de la transition écologique et territoriale. Depuis que les effets négatifs de ces infrastructures sur la connectivité de la trame écologique et sur la qualité des paysages ont été

identifiés, notamment à la faveur des premiers travaux en écologie du paysage⁸⁶, la réduction de ces impacts négatifs est devenue un objectif programmatique que les différents services gestionnaires, propriétaires et concessionnaires ont à l'esprit et poursuivent avec intérêt. Plus encore : au-delà d'un simple effet correctif, la recherche sur le sujet vise depuis quelques années à faire des infrastructures, et principalement de leurs accotements, délaissés et dépendances vertes, le support de services écosystémiques et d'une reconstruction du paysage des territoires traversés. Autrement dit, les recherches dont il est question dans cet ouvrage ont une visée applicative au moins implicite et se veulent des contributions à un vaste projet écologique et paysager qui pourrait, en théorie, concerner l'ensemble des réseaux.

Le paradigme de la méthode scientifique entretient cependant une relation problématique avec les enjeux prospectifs qu'elle croise. Pour la plupart des scientifiques, la recherche peut certes avoir une visée de cet ordre, mais celle-ci ne doit nullement interférer avec la méthode qu'elle met en œuvre. Celle-ci, au contraire, doit rester fidèle aux principes élémentaires de l'objectivité scientifique, qui suppose une moindre pression des finalités attendues, une ouverture maximale à l'imprévisibilité des résultats, quitte à ce que ceux-ci diffèrent fortement de ceux espérés par ses commanditaires et superviseurs. N'est-ce pas ainsi que les plus grandes découvertes scientifiques ont été faites ?

Mais une telle orthodoxie tient-elle dans le cas des recherches sur l'écologie et sur le paysage des grandes infrastructures ? On peut en douter dès lors qu'on veut bien considérer que ces objets présentent la particularité d'être des environnements en perpétuelle évolution, soumis à des modes de gestion généralement erratiques et eux-mêmes souvent en crise, du fait de la réduction des budgets consacrés à la gestion des infrastructures. Ici, un boisement linéaire peut disparaître du jour au lendemain sous l'effet d'un défrichage ordonné pour sécuriser une infrastructure, et, à l'inverse, une prairie abandonnée peut en quelques années se transformer en fourré puis en bosquet. De même, un talus investi par certaines plantes peut voir son écologie bouleversée par l'installation d'un campement sauvage que personne n'aurait pu anticiper. Le contexte périurbain dans lequel nombre de ces environnements se déploient ne favorise pas non plus leur pérennité, ou du moins celle de ses caractéristiques morphologiques : les champs en bordure, réserves foncières pour l'urbanisation restées inactives pendant des décennies, peuvent subitement accueillir un programme de zone d'activité logistique. À quel état des lieux la recherche doit-elle, dans ces différents cas de figure, se référer ? Faut-il analyser l'existant au temps T0 de la recherche ou anticiper sur ses transformations, et passer alors d'une stricte posture d'observation à une prospective incertaine ?

Dans ces conditions, qui n'ont rien d'anecdotique ou d'épisodique, mais qui constituent une dimension essentielle de ces espaces, il est impossible de les décrire et de les analyser comme des objets fixes. La recherche doit intégrer leur plasticité et faire donc des cadres de leur dynamisme un objet central de sa démarche. Les pratiques

86. Voir notamment les ouvrages fondateurs de Forman R.T.T. et Godron M., *Landscape ecology*, New York, John Wiley and sons, 1986 et de Burel F. et Baudry J., *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*, TEC & DOC, 1999, mais aussi de façon plus resserrée sur les enjeux de connectivité des « dépendances vertes », voir Gasser M., Varlet J. et Bakalowik M., *Autoroutes et aménagements, interactions avec l'environnement*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2004.

de gestion, d'entretien, d'appropriation sauvage ou plus ou moins institutionnalisée, sont des constituants à part entière de ces environnements, et la recherche doit s'en emparer sans craindre de sortir ainsi de son objectivité, pour investir consciemment le champ d'une recherche-action ou d'une recherche explicitement expérimentale.

La recherche Ittecop se conçoit en ce sens comme tournée vers l'action par l'objectivation, l'expérimentation et/ou la prescription de ces dynamiques de gestion. L'objectivation d'abord : il s'agit de décrire ces dynamiques et processus de gestion avec précision, au moyen d'une documentation efficace et la plus exhaustive possible. L'expérimentation, ensuite, en se faisant gestionnaire à son tour des terrains étudiés par le biais d'actes de gestion expérimentaux dont les protocoles et les visées doivent être explicites et faire l'objet d'une évaluation critique. La prescription, enfin, car les résultats obtenus peuvent inspirer l'action des services gestionnaires au-delà du temps de la recherche. Cette domination des enjeux liés à la gestion ne devrait pas surprendre dans le contexte de la France et de l'Europe de l'Ouest. Le réseau d'infrastructures y est globalement achevé, et les problématiques de construction et d'aménagement y passent donc au second plan, d'autant que les derniers grands chantiers se heurtent souvent à des contestations sociales et politiques qui rendent leur mise en œuvre perpétuellement incertaine. De fait, les objectifs politiques et techniques de réduction des impacts des infrastructures, voire de contribution du réseau à la transition écologique, passent effectivement pour l'essentiel par une gestion évolutive et créative des espaces existants bien plus que par la construction de nouveaux ouvrages⁸⁷.

Les trois textes qui composent cette dernière partie de l'ouvrage envisagent donc ce que peut être une forme de recherche intimement attachée à sa visée prospective, parce que l'enjeu politique est explicite, et parce que les objets qui l'occupent sont, par nature, des espaces dynamiques en projet perpétuel, sur lesquels l'analyse interfère nécessairement avec les dynamiques de gestion en place, et en deviennent ainsi des constituants plus ou moins assumés.

La démarche exposée par la recherche INFRA-SolC (chapitre 15) semble *a priori* répondre à ces questions par un biais très classique, qui ne surprendra pas les ingénieries des exploitants et des gestionnaires d'infrastructures. Il s'agit ici de comprendre quels scénarios d'aménagement des abords des infrastructures seraient les plus vertueux pour faire contribuer ces espaces au stockage de carbone. L'inscription de cette recherche dans les intentions politiques est explicite puisqu'il se réfère à la stratégie nationale bas-carbone, si bien que la finalité opérationnelle de la recherche est évidente. Les outils mis en œuvre relèvent de la modélisation informatique des effets de différents scénarios d'action, sur des bandes de terrain d'épaisseur variable. L'objectif est de parvenir à discerner le scénario le plus performant, et on est ici *a priori* dans un dispositif de recherche apte à apporter une réponse claire à une question claire.

87. La situation est bien différente à l'échelle mondiale où les chantiers d'infrastructures nouvelles devraient se maintenir pendant encore quelques décennies. Cependant, rien ne prouve que dans ces pays également la contestation écologique et sociale de ces grands chantiers ne progressera pas très rapidement, et que les objectifs de décarbonation des économies n'imposeront pas un arrêt assez rapide des grands programmes d'aménagement. Les recherches du programme Ittecop, en explorant de façon pionnière la manière de tirer parti des infrastructures existantes en faveur de la transition écologique et territoriale, n'en demeurent pas moins, pour l'instant, attachées à un certain contexte territorial, celui de l'Europe et des États-Unis, et leur caractère situé ne doit être ni ignoré ni minoré.

Mais il n'en est rien. Non que les outils ne fonctionnent pas, au contraire, mais parce que les résultats sont influencés par des impondérables qui les rendent finalement difficilement interprétables. Il apparaît notamment que le plus fort potentiel de stockage sera obtenu en élargissant l'emprise sur laquelle les mesures d'aménagement (boisement, création de prairies de fauche, de haies...) seront mises en œuvre. Or, cet élargissement implique alors qu'entrent dans le jeu du projet un nombre croissant d'acteurs, propriétaires fonciers, agriculteurs, élus locaux, associations locales, et bien d'autres. Pour que le projet environnemental porté par les infrastructures soit opérant, il faut donc qu'il renonce à des solutions aux résultats à peu près assurés, mais aux effets réduits (tels que ceux qui auraient été obtenus en limitant l'intervention à une bande de 16 m de part et d'autre de l'ouvrage), pour tendre vers de véritables projets de paysage, c'est-à-dire intégrant la complexité des territoires et des jeux d'acteurs qui les font vivre. L'enjeu premier n'est plus ici de savoir ce qu'il faut faire, mais comment on va le faire, avec qui, dans quelle temporalité, selon quelle articulation des actions des uns et des autres. Le projet de paysage passe en effet d'abord par une forme créative de gestion de l'existant. Les outils les plus quantitatifs et les systèmes de modélisation les plus « robustes » ne peuvent en sortir : la recherche portée par le programme Ittecop ne peut être autre chose qu'une recherche qui « fait projet », au cas par cas, en partant de la complexité de chaque situation, que la modélisation ne peut anticiper.

Pour cette raison, l'implication des acteurs devient le cœur même des enjeux de recherche, et c'est à cette question que s'affronte le projet de recherche PADDLe (chapitre 16). Penser la gestion des infrastructures pose en effet toutes sortes de questions de recherche, portant notamment sur les acteurs impliqués dans la prise de décision, dans son suivi et dans son accompagnement sur le temps long de la gestion. On n'est plus en effet ici confronté à des maîtrises d'ouvrage d'opérations, portant des actions précises sur une durée limitée, avec des budgets fixes et des partenaires bien identifiés, mais on entre sur le terrain mouvant d'une forme de projet en perpétuelle renégociation, soumise aux aléas budgétaires et politiques, à la contestation sociale, à l'évolution structurelle des services. Pour cette raison, l'implication des acteurs, propriétaires et gestionnaires de ces infrastructures constitue sans doute la condition *sine qua non* de tout projet efficace sur ces espaces. Mais à quelles conditions ? De quelle nature doit être cette implication, et quelles doivent être ses missions ? Sur quels écueils risque-t-elle de buter ? À partir d'un cas d'étude précis, celui de la gestion écologique des couloirs électriques, cet article dresse un aperçu de ces problèmes, dont chacun pourrait devenir le sujet d'une recherche à venir.

L'équipe du projet SALTUS éclaire enfin cette problématique de la recherche qui fait projet par les enjeux de la gestion sous un angle bien différent, puisque, ici, ce sont les chercheurs eux-mêmes qui se transforment, provisoirement, en gestionnaires (chapitre 17). Ayant négocié un accord avec la Métropole européenne de Lille et le service wallon des Infrastructures pour investir cinq sites pilotes en bord de voies autoroutières et de voies ferrées, cette équipe pluridisciplinaire, soudée par une expérience de recherche commune déjà ancienne et éprouvée, mène sur ces sites des chantiers de gestion expérimentale en observant les effets qu'ils peuvent avoir sur les différents items concernés par la gestion des accotements infrastructurels : évolution de la biodiversité, des pratiques sociales en place, des perceptions et ressentis habitants, des discours que les collectivités tiennent au sujet de ces lieux. Ces actions sont donc des

démonstrateurs de modes de gestion polyfonctionnelle combinant visées environnementales, sociales, sécuritaires, économiques, et en cela la recherche se fait ici explicitement action de projet expérimental. Mais cette action n'est pas une fin en soi, sans quoi elle se serait totalement détachée des enjeux d'une démarche de recherche : elle vise à observer les réactions du milieu biologique et social, pour mieux comprendre, depuis le terrain cette fois, les données du problème de la gestion de ces espaces.

Ce que ces recherches mettent finalement en évidence, c'est l'émergence d'un *écosystème de la gestion des espaces infrastructurels*. Elles montrent à quel point cette gestion entre en interaction avec la complexité des dimensions biologiques, écologiques, sociales et anthropologiques de chaque situation analysée, qui agissent en retour sur les intentions portées par les gestionnaires, le plus souvent en les contrariant, en les corrigeant ou en les reconfigurant. Toute action, qu'elle soit de recherche ou de projet, puisque, ici, les deux se percutent, doit composer avec les denses interrelations qui se nouent à l'intérieur de ce système. Le programme Ittecop, de ce point de vue, n'a pas vocation à prescrire des modèles d'intervention, des solutions techniques à appliquer de façon généralisée à l'ensemble du parc infrastructurel par ses propriétaires. Bien plutôt, il explore une méthode, plus qu'un objet, d'action efficace sur ces environnements très particuliers.

Ce que les questions que soulèvent ces recherches montrent aussi, c'est qu'à la faveur des recherches portées par le programme Ittecop la relation entre recherche et projet est déplacée, voire reconfigurée. Le projet n'est plus ici la finalité, plus ou moins assumée, de la recherche, selon une logique de juxtaposition linéaire qui devrait préserver l'intégrité de la seconde et garantir l'efficacité de la première. La recherche devient par elle-même un projet, en ce qu'elle doit s'impliquer, y compris parfois physiquement, sur ses terrains pour y dégager les éléments de connaissance qu'elle recherche. C'est toute une épistémologie de la recherche pour et par l'action qui s'invente ici, à un moment où en effet l'urgence climatique exige que toutes les forces de nos sociétés tendent vers la transition et l'adaptation nécessaires.

Il y a une quinzaine d'années, l'intégration des équipes scientifiques dans les commissions d'élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) s'était souvent soldée par un échec : le dialogue entre des scientifiques ayant à cœur de faire valoir la complexité du fonctionnement écologique des territoires et des collectivités désireuses de parvenir à un projet de territoire clair et partageable par tous, supposant une hiérarchisation des enjeux forcément simplificatrice, avait souvent abouti à un dialogue de sourds. Cette occasion ratée de marier recherche et action territoriale était d'autant plus surprenante que l'écologie du paysage s'est constituée, dès sa formation à partir des années 1960 aux États-Unis, comme une discipline scientifique pour l'action publique. Le programme Ittecop, dont l'acronyme est l'un des derniers à faire voisiner dimensions écologiques et paysagères, hérite de cette visée : espérons que les recherches dont nous rendons compte ici contribueront à former le cadre d'une nouvelle alliance entre le savoir et l'action, la théorie et la pratique, en faveur d'une écologie de projet.

Scénarios pour une gestion active des dépendances des infrastructures linéaires de transport au service du stockage de carbone

Dorothee Labarraque, Sofyan Martin, Lorenzo Rossi

►► Introduction

Les infrastructures linéaires de transport (ILT) sont responsables d'un volume important d'émissions de gaz à effet de serre (GES) du fait de la construction et de l'exploitation. En France, selon le rapport d'évaluation de l'Association des sociétés françaises d'autoroutes (ASFA), les émissions de GES du secteur autoroutier représentent 31 millions de tonnes en 2022.

Pour autant, les dépendances vertes des ILT, qui couvrent une surface de l'ordre de 70 700 ha, représentent des stocks de carbone et un potentiel de séquestration additionnelle qui, à ce jour, n'ont pas été évalués.

Pour limiter les effets du changement climatique, des politiques ont été adoptées pour non seulement réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi augmenter le développement de projets environnementaux permettant de stocker durablement du carbone dans les sols.

En France, la stratégie nationale bas-carbone (SNBC ; MTES, 2020), introduite par la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle est cohérente avec les engagements

de la France pris auprès de l'Union européenne, ainsi que dans l'accord de Paris et les engagements nationaux dont celui de réduire d'au moins 40 % les émissions de GES en 2030 par rapport aux émissions de 1990. Elle vise une réduction de 28 % des émissions du secteur des transports en 2030 par rapport à celles de 2015.

La SNBC prévoit également une absorption sur le territoire de 40 millions de tonnes éq. CO₂ par an en 2030 et environ 80 millions de tonnes éq. CO₂ en 2050, contre 14 millions de tonnes éq. CO₂ en 2020 en s'appuyant sur la filière forêt-bois et l'utilisation des terres. Cette stratégie repose notamment sur la quantité de carbone captée par les sols agricoles et prairies (- 19 millions de tonnes éq. CO₂/an, soit + 1 %/an).

Dans quelle mesure les dépendances vertes peuvent-elles contribuer à une augmentation de l'absorption du carbone sur le territoire ? Que représente cette capacité d'absorption au regard des objectifs de réduction des émissions de carbone du secteur des transports ? Le projet exploratoire INFRA-SolC vise à répondre à ces questions, à identifier les éventuels besoins de recherche complémentaires et à contribuer à la mise en œuvre de projets opérationnels permettant de tester la faisabilité des solutions de séquestration additionnelles envisagées et leurs impacts en matière de stockage de carbone et de cobénéfices pour le territoire.

L'approche exploratoire s'est appuyée sur :

- la mise au point d'une méthodologie permettant de quantifier les stocks actuels des dépendances vertes des infrastructures et tout particulièrement du réseau autoroutier ;
- l'identification de solutions permettant une séquestration additionnelle de carbone dans les dépendances vertes et l'évaluation des gains attendus, permettant ainsi une estimation du potentiel global à l'échelle du réseau autoroutier.

►► Approche exploratoire de scénarios de gestion des dépendances vertes favorisant le stockage de carbone

Les caractéristiques des dépendances vertes sur le réseau autoroutier (surface, contraintes de sécurité et d'exploitation, etc.) sont relativement constantes même si les caractéristiques locales peuvent influencer sur l'occupation du sol et sur les aménagements.

Le travail a été mené sur une section autoroutière de plus de 300 km dans le nord-ouest de la France, jugée représentative pour une extrapolation à l'échelle du réseau national.

Présentation du cas d'étude

Le cas d'étude concerne l'autoroute A28 d'une longueur de 365 km et traversant 26 EPCI (établissement public de coopération intercommunale) différentes, reliant Rouen à Alençon (figure 15.1).

La zone se trouve dans la région bioclimatique atlantique caractérisée par un climat maritime tempéré (Kerstin Sundseth *et al.*, 2019). Les sols sont classés comme des

sols argileux à forte activité, caractérisés par une fertilité élevée et une teneur en carbone organique du sol variant entre 0,5 % et 4 % (Meersmans *et al.*, 2012).

L'occupation du sol est fortement anthropisée, avec une grande partie à vocation agricole. Les forêts de feuillus représentent le paysage naturel original bien qu'elles aient été fortement utilisées et transformées en forêts de conifères ou en paysages agricoles. Les prairies gérées provenant de terres agricoles historiquement peu gérées représentent un important réservoir de biodiversité, même si, avec le temps, l'agriculture intensive accrue dans la région a transformé l'habitat semi-naturel en monocultures intensives et en systèmes de production animale.

Le recours à des produits phytosanitaires et l'utilisation intensive de fumier ont provoqué des problèmes d'eutrophisation et d'enrichissement en nutriments. L'urbanisation et l'industrialisation accrues de la zone ont contribué à la fragmentation des écosystèmes et à l'imperméabilisation des sols, faisant de la préservation et des pratiques de gestion durable des éléments clés pour la région (Kerstin *et al.*, 2019).

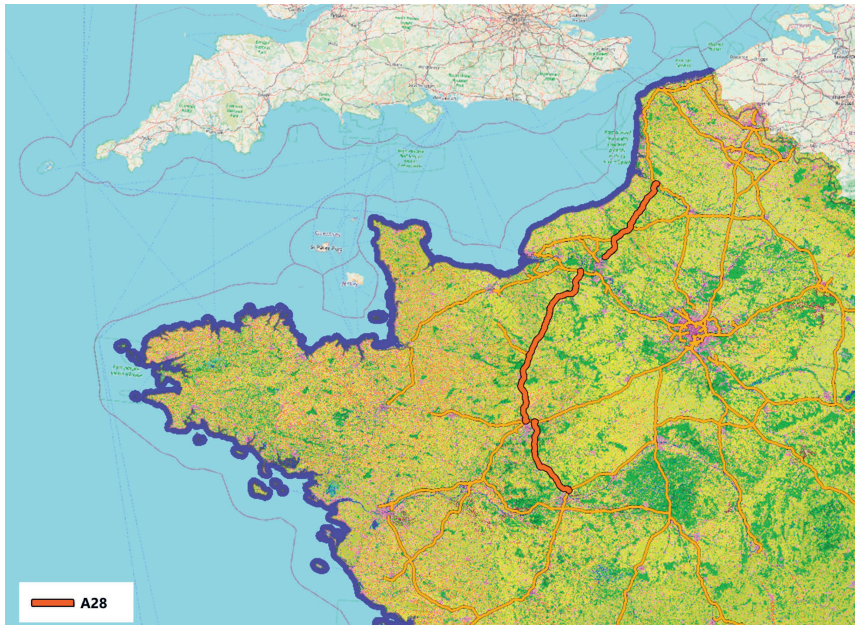


Figure 15.1. Localisation de l'A28 à l'échelle du quart nord-ouest de la France métropolitaine
Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop, l'occupation du sol est celle produite par le Cnes au sein de « Theia » pour l'année 2020

Démarche méthodologique

Compte tenu de la nature exploratoire de l'étude et de la vaste zone d'intérêt, la carte de l'occupation du sol réalisée par le Centre national d'études spatiales (Cnes) au sein de « Theia » pour l'année 2020 a été exploitée. Nous avons retenu cette source de données, car il s'agit de la carte d'occupation des sols à l'échelle nationale la plus précise (10 mètres de résolution) et la plus actualisée.

Cette carte d'occupation du sol comporte 23 classes groupées pour les besoins de l'étude en 8 classes (tableau 15.1).

Les étapes méthodologiques suivies sont les suivantes.

1. Caractérisation de l'occupation du sol dans :

- une bande de 16 mètres de part et d'autre de l'autoroute, dénommée « zone de proximité » (figure 15.2). C'est dans cette zone que l'exploitant intervient directement lors des opérations d'entretien. Il s'agit d'une valeur jugée représentative de la largeur des dépendances vertes sur un tronçon autoroutier ;
- une bande de 500 mètres de part et d'autre de l'autoroute, dénommée « zone éloignée » (figure 15.2) (en dehors du domaine concédé), où les gestionnaires peuvent intervenir si des projets à grande échelle avec des parties prenantes sont mis en œuvre. La largeur de la bande a été définie arbitrairement, en considérant que les parties prenantes concernées sont celles déjà en interaction avec le concessionnaire et l'exploitant dans le cadre de l'exploitation autoroutière.



Figure 15.2. Représentation des zones dites « de proximité » (à gauche) et « éloignées » (à droite)

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

2. Modélisation grâce à l'outil EX-ACT (développé par l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], <https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/overview/ex-act-and-csa/en/>) et ALDO 1.0 (outil développé par l'Ademe, <https://aldo-carbone.ademe.fr/>) pour quantifier les stocks de carbone *in situ* des principaux types d'utilisations des sols. Cette approche est particulièrement adaptée à une étude à large échelle comme celle-ci, où des données d'entrée doivent être disponibles pour l'ensemble de la zone d'étude :

- ALDO utilise les données de l'Ademe concernant le stock de carbone actuel des sols et de la biomasse et modélise le puits de carbone potentiel en lien avec les différents changements d'utilisation des sols ou avec les pratiques de gestion. ALDO dispose d'une base de données personnalisée pour les stocks de carbone et le puits de carbone pour chaque EPCI. Étant donné que l'A28 couvre 26 EPCI différents, des valeurs moyennes ont été utilisées pour les scénarios de modélisation, car les changements d'affectation des sols ne sont pas spatialement explicites. Cet outil est particulièrement adapté pour un cas d'étude en France ;
- l'outil EX-ACT utilise des données qui sont de plus large échelle ; cependant, cet outil permet de modéliser davantage de scénarios. Il est utilisé dans

cette expérimentation uniquement pour les scénarios dont la modélisation précise n'est pas permise par ALDO.

3. Modélisation de l'évolution des stocks de carbone sur vingt ans pour les différents scénarios étudiés, vingt ans étant une période considérée comme un point de saturation potentiel prudent des écosystèmes (Bockel *et al.*, 2017). L'augmentation du carbone dans les différents réservoirs (biomasse, litière, sol) a été modélisée de façon linéaire. Cette augmentation ne représente pas la réalité du stockage du carbone, mais est souvent utilisée comme une simplification lorsque les durées de modélisation sont suffisamment longues (supérieures à 5 ans).

Les scénarios modélisés ont été sélectionnés pour permettre une implication progressive et croissante des différentes parties prenantes dans le projet. À noter que les scénarios ont été proposés sans consultation des parties prenantes dans une approche purement théorique. L'objectif est de présenter un aperçu des augmentations potentielles des puits de carbone lors de la mise à l'échelle d'un projet de gestion des sols. Les résultats reposent sur une extrapolation des usages des terres : la catégorie « surface agricole », par exemple, est utilisée bien qu'il n'y ait pas spécifiquement d'activité agricole sur ces sols.

Cette étude s'est concentrée sur des scénarios et des pratiques en lien avec la gestion des sols et de la biomasse. Sont donc exclus des scénarios reposant sur la mise en œuvre d'énergies renouvelables (panneaux photovoltaïques...) qui pourraient venir compléter les scénarios étudiés.

Scénario 1 : reboisement complet au sein de la zone de proximité

Ce scénario propose de sélectionner des zones adaptées au reboisement, à partir d'un travail effectué par la Société forestière pour le compte de Rotalis. Ce scénario présente le potentiel le plus élevé pour ce qui est du stock de carbone par hectare, mais n'est concentré que sur une petite partie des terres disponibles de l'A28. Ce scénario présente l'investissement le plus faible en matière de conception, d'analyse et de participation des parties prenantes et de surface concernée, et c'est donc le scénario le plus facile à mettre en œuvre parmi ceux qui sont proposés. Dans ce scénario, nous modélisons un reboisement de toutes les zones appropriées avec des espèces adaptées à la zone.

Scénario 2 : modalités de gestion au sein de la zone de proximité

Dans ce scénario sont modélisées plusieurs modalités de gestion qui peuvent être mises en œuvre indépendamment ou en synergie. Le scénario retenu est le suivant :

- reboisement de 10 % des prairies ;
- reboisement de 10 % des sols agricoles ;
- plantation de haies sur 10 % des prairies ;
- plantation de haies sur 10 % des sols agricoles ;
- utilisation de biochar sur 5 % des sols ;
- inoculation sur 5 % des sols.

Les deux derniers sous-scénarios de modélisation sont pensés pour la récupération des sols dégradés dans la zone de l'autoroute.

Scénario 3 : contrats avec les gestionnaires de la zone (Autogrill) et gestion des déchets verts pour réutiliser la biomasse à valoriser comme compost

Ce scénario permet de créer une chaîne vertueuse pour réutiliser de manière durable les déchets biologiques, en cohérence avec le scénario 2. Ce scénario vise à mettre en place une valorisation des biodéchets des restaurants sur les aires d'autoroute afin de produire du compost qui sera utilisé sur les zones agricoles à proximité.

Il s'agit concrètement de mettre en place une collecte séparative des biodéchets et d'installer un composteur modulaire électromécanique ou à rotation manuelle sur chacune des aires.

Scénario 4 : contrat de paiement pour services environnementaux (PSE) avec toute l'agriculture sur le parcours de la route au sein de la zone éloignée

Ce scénario représente un fort potentiel d'intervention : il est mis en œuvre dans la zone éloignée et repose donc sur une implication des parties prenantes qui gèrent les terres. Il vise à accompagner les agriculteurs implantés à côté de l'infrastructure vers une agriculture durable, voire régénérative. Par agriculture durable est considérée l'implantation de pratiques de gestion du sol recensées par l'étude « 4 pour 1 000 » de l'INRAE, comme le semis direct, la rotation des cultures, le non-travail du sol, les cultures de couverture, la rotation prolongée (Pellerin *et al.*, 2020).

Cette augmentation peut être directe (par exemple application de fumier sur le sol, diminution du travail du sol, paillage) ou indirecte (par exemple diminution du nombre d'heures d'utilisation des machines, réutilisation des biodéchets pour la fertilisation, diminution des engrais minéraux). Toutes ces pratiques peuvent être modélisées à l'aide de modèles stochastiques et empiriques. La mise en place de contrats avec les agriculteurs peut aider à créer des cycles vertueux entre les gestionnaires d'infrastructures et les gestionnaires agricoles, créant par exemple des crédits carbone pour les différentes parties prenantes et des externalités positives pour les personnes vivant dans les zones rurales.

Les pratiques agricoles durables mises en œuvre dans les zones à proximité de l'infrastructure peuvent augmenter considérablement le stockage du carbone.

L'agriculture durable est différenciée de l'agroforesterie, considérée ici comme la culture intercalaire d'arbres.

Ce scénario reconnecte l'infrastructure à son territoire et va au-delà des zones de proximité ou des zones d'entretien, en essayant d'impliquer la plupart des gestionnaires agricoles dans les zones d'influence de l'infrastructure grâce à la mise en place de PSE.

Résultats

L'occupation du sol au sein des zones de proximité et éloignées a été caractérisée (tableau 15.1).

Tableau 15.1. Caractérisation de l'occupation du sol

Classes d'occupation des sols	Zone éloignée 500 m		Zone de proximité 16 m	
	ha	En %	ha	En %
Bâti	2 572	6,9	468	24,6
Routes	1 058	2,8	864	45,4
Cultures	17 684	47,5	179	9,4
Prairies	9 127	24,5	184	9,7
Forêts	6 570	17,7	192	10,1
Landes ligneuses	71	0,2	11	0,6
Sable, surfaces minérales	23	0,1	0,33	0,0
Eau	105	0,3	3	0,2
Total	37 209	100	1 901	100

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Scénario 1 : reboisement complet au sein de la zone de proximité

La répartition des zones concernées par les changements d'affectation des sols sur la base des travaux de l'étude de la Société forestière sur les zones de reboisement possibles est présentée ci-après (tableau 15.2).

Les interventions prévues sont de deux types :

- reboisement des prairies et des terres agricoles : pour les prairies, le changement d'affectation des sols pourrait avoir des répercussions sur la biodiversité et sur le carbone du sol (il pourrait y avoir des pertes de carbone dues aux changements d'affectation des sols, car les prairies présentent généralement les stocks de carbone du sol les plus élevés), mais le bilan net reste positif, car la biomasse forestière a un fort potentiel de stockage du carbone. Dans les sols agricoles, le reboisement améliore la santé du sol et les services écosystémiques tels que le stockage du carbone dans le sol, la biomasse et la biodiversité ;

- restauration et entretien des forêts : les forêts dégradées diminuent le potentiel de stockage du carbone en raison d'une mortalité élevée et d'un faible taux de croissance. Des interventions telles que l'élimination de tout ou partie des plantes sénescents et malades, la coupe de la végétation qui sous-stocke le carbone et l'ouverture d'espaces pour promouvoir la restauration des plantes sont modélisées. La restauration des forêts a prouvé qu'elle augmentait le stockage du carbone au fil du temps (Bernal *et al.*, 2018).

Selon les données de l'Ademe, le reboisement de terres agricoles présente le puits de carbone potentiel le plus élevé (6,1 t éq. CO₂/ha/an), suivi du reboisement de prairies

(4,6 t éq. CO₂/ha/an). Pour la restauration des forêts dégradées, l'outil EX-ACT a été utilisé pour la modélisation, car l'outil ALDO ne permet pas de modéliser la restauration des forêts. L'état de dégradation a été modélisé pour passer de « faible dégradation » à « très faible dégradation », stockant 2,7 t éq. CO₂/ha/an supplémentaires par rapport à un scénario sans mesures de restauration.

Tableau 15.2. Résultats de modélisation du scénario 1

Utilisation initiale du sol	Action	Surface (ha)	Tonnes éq. CO ₂ par hectare et par an	Source
Forêt	Restauration	4,6	2,7	EX-ACT
Prairie	Reboisement	24,4	4,6	Ademe – outil ALDO
Agriculture	Reboisement	2,9	6,1	Ademe – outil ALDO
Moyenne		31,8	5,3	

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Pour l'ensemble du scénario de reforestation, le potentiel de stockage du carbone est égal à 2 580 t éq. CO₂ sur une période de vingt ans. Le changement d'affectation des terres de la prairie à la forêt a le potentiel de stockage de carbone le plus élevé, car c'est celui qui présente la plus grande surface dans la zone d'étude (figure 15.3).

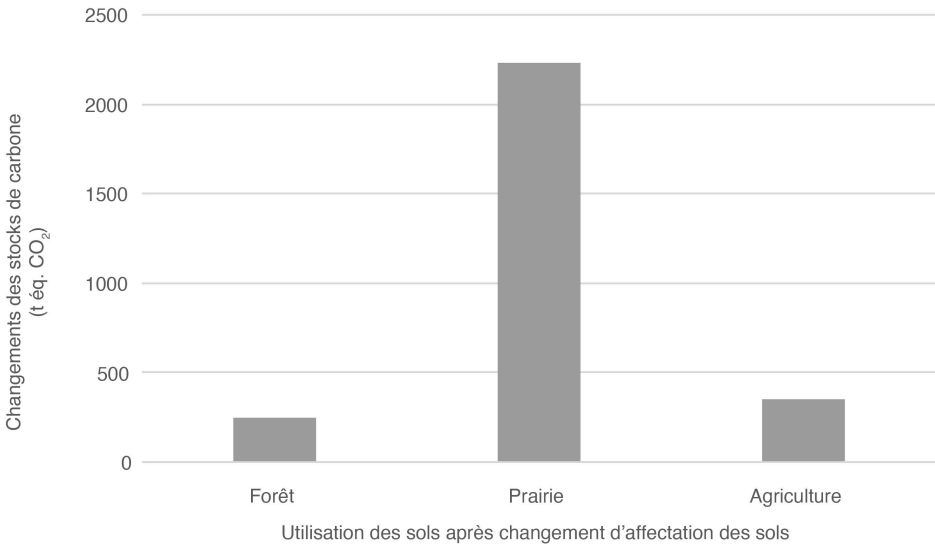


Figure 15.3. Modélisation de l'évolution des stocks de carbone après la mise en œuvre du scénario 1

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Scénario 2 : modalités de gestion au sein de la zone de proximité

Les surfaces concernées par les différentes modalités d'intervention représentent 111 ha au total (tableau 15.3).

Tableau 15.3. Résultats de modélisation du scénario 2

Intervention	Surface (ha)	Tonnes éq. CO ₂ par hectare et par an	Source
10 % de la surface de prairie reboisée	18,4	4,6	Ademe
10 % de la surface de sols agricoles reboisés	17,9	6,1	Ademe
10 % de la surface des prairies avec plantation de haies	18,4	2,2	Ademe
10 % de la surface de sols agricoles avec plantation de haies	17,9	1,2	Ademe
5 % de la surface amendée de biochar	19,1	0,5	Gross <i>et al.</i> , 2021
5 % de la surface avec inoculation	19,1	0,2	Kahlon <i>et al.</i> , 2012
Surface totale	110,8		
Moyenne par puits		2,5	

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Le potentiel par type d’occupation du sol et modalité d’intervention varie significativement (figure 15.4).

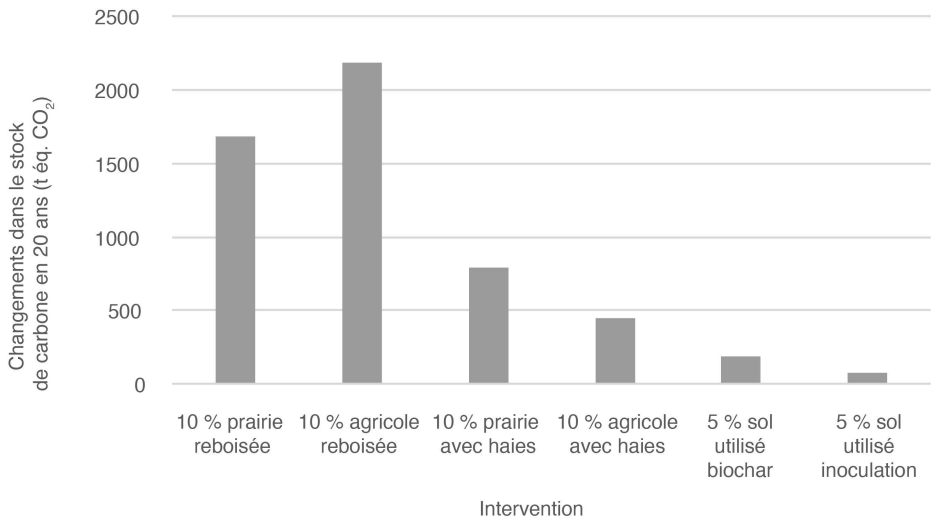


Figure 15.4. Représentation de l’évolution des stocks de carbone après la mise en œuvre du scénario 2 par type d’occupation du sol et modalité d’intervention

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Scénario 3 : contrats avec les gestionnaires de la zone (Autogrill) et gestion des déchets verts pour réutiliser la biomasse à valoriser comme compost

Le gisement potentiellement captable est calculé en prenant comme hypothèse un ratio de 140 g⁸⁸ de biodéchets générés par repas et un nombre de repas journaliers moyen sur une aire de 200 repas (incluant déjeuner et dîner).

Basée sur ces hypothèses, la quantité de biodéchets mobilisable est de 10 tonnes par an permettant une production de compost de 2,6 tonnes par an. Si l'on considère cinq aires de services, cela représente 13 tonnes de compost produites par an.

En prenant pour hypothèse que les biodéchets sont initialement envoyés en incinération, l'impact carbone du passage au compostage est basé sur les facteurs d'émission suivants (tableau 15.4 ; source Ademe).

Tableau 15.4. Paramètres et hypothèses de modélisation du scénario 3

Type de traitement	Facteur d'émission Ademe (kg éq. CO ₂ /tonne déchets)
Incinération de biodéchets	45
Compostage de biodéchets	9
Facteur net	36

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Ainsi, sur une aire générant 10,2 tonnes de biodéchets par an, le bilan carbone est de 367 kg éq. CO₂ évités par an. Sur cinq aires de services, la valorisation des biodéchets en compost représente 1,8 tonne éq. CO₂ évitée par an.

Scénario 4 : contrat de paiement pour services environnementaux (PSE) avec toute l'agriculture sur le parcours de la route au sein de la zone éloignée

Le scénario 4 propose de modéliser la séquestration potentielle de carbone liée à l'application de différentes pratiques recommandées dans les scénarios 1, 2 et 3 (agriculture durable, utilisation de haies et agroforesterie) sur différentes zones à côté de la route, correspondant à 30 %, 60 % et 90 % des terres agricoles dans la zone éloignée (respectivement 5 300 ha, 10 600 ha, 15 900 ha). Ce scénario vise à montrer le fort potentiel d'un projet communautaire à grande échelle impliquant les acteurs agricoles de la région⁸⁹.

Le puits de carbone potentiel des pratiques agricoles durables (consistant en l'utilisation de cultures de couverture et en l'ensemencement direct par le travail du sol tous les quatre ans) comprend également les réductions d'émissions en éq. CO₂.

88. Ademe, 2011. Étude estimative de la production de biodéchets au sein des établissements de restauration.

89. Bernal B., Murray L.T., Pearson T.R. (2018). Global carbon dioxide removal rates from forest landscape restoration activities, *Carbon Balance and Management*, 13(1), 1-13.

La réduction du travail mécanisé intensif, fortement émetteur, est estimée à 1,3 t éq. CO₂/ha/an.

Le puits de carbone potentiel de l'agroforesterie est estimé à 3,8 t éq. CO₂/ha/an.

Le puits de carbone potentiel des haies est estimé à 1,24 t éq. CO₂/ha/an.

La figure 15.5 présente la modélisation de l'augmentation totale du stockage de carbone dans le sol avec les différentes pratiques appliquées sur différents pourcentages de surfaces des zones agricoles (30 %, 60 %, 90 %).

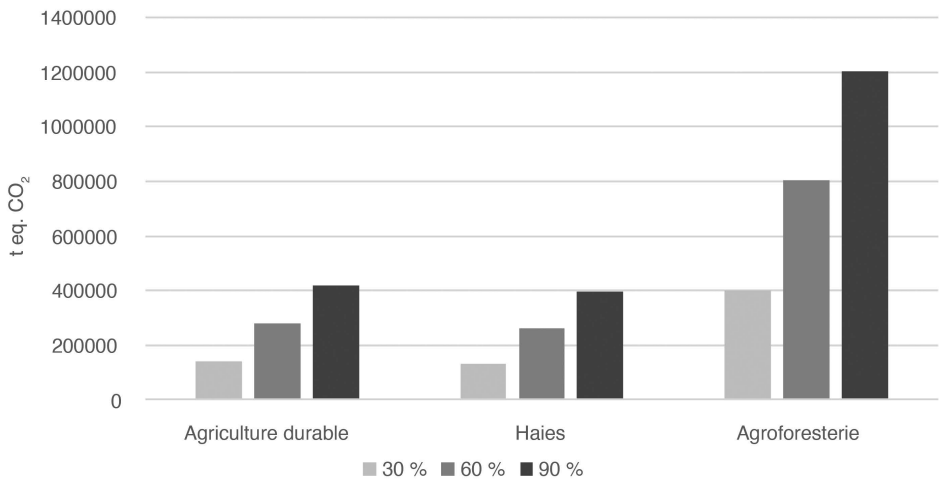


Figure 15.5. Modélisation de l'évolution des stocks de carbone après réplcation des pratiques préconisées dans la zone éloignée

Source : rapport INFRA-SolC – Projet exploratoire Ittecop

Si l'on considère une période de vingt ans, les résultats montrent que la mise en œuvre de l'agroforesterie sur cette zone aurait l'impact le plus élevé sur le bilan carbone, jusqu'à 1,2 million de tonnes d'équivalent CO₂ si les 90 % de cette zone étaient concernés par le changement d'utilisation des terres, suivi par l'utilisation de pratiques agricoles durables et l'utilisation de haies (de 400 000 à 180 000 tonnes d'équivalent CO₂ selon la zone concernée par l'intervention).

Limites

Les résultats obtenus fournissent des ordres de grandeur de la séquestration additionnelle qui peut être attendue à travers différents types d'interventions sur l'occupation du sol dans les zones de proximité et éloignées.

Il existe peu d'informations sur les sols des dépendances vertes des ILT. La méthodologie repose sur la caractérisation de la végétation en présence qui conditionne les facteurs de séquestration additionnelle utilisés. Les incertitudes en matière de caractérisation de l'occupation des sols doivent être intégrées dans les modalités de calcul et le choix de scénarios retenus.

► Perspectives

Le potentiel de séquestration carbone des dépendances vertes à l'échelle nationale

Le potentiel de puits de carbone du réseau des ILT autoroutières a été estimé :

- à partir des différentes classes d'occupation des sols des dépendances vertes sur le réseau autoroutier uniquement ;
- en partant des hypothèses utilisées pour les scénarios présentés ci-dessus dans le cas de l'A28 (hors scénario 1, en raison de la faisabilité faible d'un reboisement total des surfaces).

En considérant le scénario 2 qui se base sur un mélange de solutions variées (reboisement, agriculture améliorée, prairies améliorées, plantations de haies, etc.) mises en œuvre dans la bande dite de « proximité » des ILT autoroutières, le potentiel de séquestration carbone des dépendances vertes des ILT autoroutières représente 126 585,5 t éq. CO₂ sur 20 ans.

En considérant le scénario 3, qui se base sur un modèle impliquant les aires de services sur l'ensemble des autoroutes du réseau français, le potentiel d'émissions évitées, si l'ensemble des stations-service s'engagent dans un plan de gestion des biodéchets, représente 13 068 t éq. CO₂ sur 20 ans.

N'est pas intégrée dans ce calcul, l'utilisation du compost généré directement dans les dépendances vertes des ILT. Seules les aires de services ont été considérées dans le calcul. Nous utilisons comme sources de données le nombre d'aires de services présentées dans le rapport de l'ASFA de 2020, soit 363 aires, et le facteur d'émissions négatives présenté en synthèse du scénario 3.

En considérant le scénario 4, qui est le plus ambitieux, car il considère une implication des acteurs locaux à proximité de l'ensemble des autoroutes du réseau, le potentiel de séquestration carbone des dépendances vertes dans la bande dite « élargie » représente 12 008 918,6 t éq. CO₂ sur 20 ans.

En cumulant les trois scénarios modélisés à l'échelle du territoire métropolitain (scénarios 2, 3 et 4), on obtient les potentiels suivants :

- séquestration carbone : 12 135 504,1 t éq. CO₂ séquestrées sur 20 ans, soit 606 775,21 t éq. CO₂/an ;
- émissions évitées : 13 068 t éq. CO₂ évitées sur 20 ans, soit 653,4 t éq. CO₂ évitées/an.

Par rapport aux 11 000 km du réseau autoroutier, cela représente :

- séquestration carbone : 1 103,23 t éq. CO₂ séquestrée/km sur 20 ans, soit 55,16 t éq. CO₂ séquestrées/km/an ;
- émissions évitées : 1,188 t éq. CO₂ évitées/km sur 20 ans, soit 0,06 t éq. CO₂ évitées/km/an.

Le potentiel de séquestration carbone offert par les dépendances vertes des ILT autoroutières (environ 12 Mt éq. CO₂, telles qu'estimées dans la présente étude) pourrait représenter environ 15 % des besoins estimés en puits de carbone (80 Mt éq. CO₂) à l'échelle nationale pour être aligné avec la SNBC et environ 8 % du volume d'émissions dues au secteur des transports (139 Mt éq. CO₂).

Les besoins de recherche

Inscrire la séquestration carbone comme objectif de gestion des dépendances vertes nécessite de mieux connaître les caractéristiques des sols et leurs évolutions depuis la construction d'une ILT.

La standardisation des méthodes d'estimation des stocks, des puits de carbone et des modalités de suivi est également nécessaire pour permettre la répliquabilité des projets de puits de carbone aux abords des ILT.

Passer de l'exploration à l'action

Si des questions de recherche sont à développer, il existe d'ores et déjà des méthodologies validées sur la séquestration additionnelle attendue par la mise en œuvre de mesures sur les terres agricoles exploitées (méthodologies labellisées bas-carbone). De fait, les concessionnaires et les exploitants d'ILT peuvent expérimenter des actions dans la zone dite éloignée (en dehors des emprises de l'ILT). La mise en place de telles mesures viendrait modifier les relations entre l'ILT et le territoire traversé. La création de valeur pour le territoire pourrait être évaluée pour une mise en échelle plus systématique pour les ILT existantes et en projet.

►► Conclusion

Pour comprendre le potentiel des ILT françaises à stocker du carbone avec différentes pratiques, une étude appliquée sur le cas pratique de l'A28 a été réalisée à l'aide de modèles statistiques, afin de simuler un changement dans les pratiques et une implication accrue des différents acteurs dans le projet.

Le cas pratique montre comment une gestion de proximité et en cohésion avec les zones éloignées des autoroutes pourrait augmenter avec succès le stockage du carbone dans la biomasse et le sol. L'étendue de l'intervention et le nombre d'acteurs impliqués influencent grandement le potentiel de stockage du carbone dans le contexte des infrastructures. Néanmoins, l'acceptabilité par les parties prenantes n'a pas été étudiée dans le cadre du projet exploratoire.

En extrapolant ce cas pratique à l'échelle de la France, on obtient un potentiel de séquestration carbone par les dépendances vertes des ILT autoroutières de l'ordre de 12 Mt éq. CO₂ séquestrées/20 ans, soit plus de 600 000 t équivalent CO₂ par an. Ces résultats doivent être confirmés par une analyse plus précise et robuste prenant en compte l'ensemble des paramètres techniques et opérationnels des dépendances vertes. Néanmoins, ils montrent que la séquestration carbone dans les dépendances vertes des ILT constitue un levier d'actions intéressant à développer pour participer à la SNBC et à ses objectifs de réduction en matière de transport.

» Bibliographie

- Ademe, 2011. *Étude estimative de la production de biodéchets au sein des établissements de restauration*.
- Bernal B., Murray L.T., Pearson T.R., 2018. Global carbon dioxide removal rates from forest landscape restoration activities, *Carbon balance and management*, 13(1), 1-13.
- Bockel L., Grewer U., Fernandez C., 2017. *EX-ACT – User manual: Estimating and targeting greenhouse gas mitigation in agriculture*, FAO.
- Gross A., Bromm T., Glaser B., 2021. Soil organic carbon sequestration after biochar application: A global meta-analysis, *Agronomy*, 11(12), 2474.
- Kahlon M.S., Lal R., Ann-Varughese M., 2013. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio, *Soil and Tillage Research*, 126, 151-158.
- Kerstin Sundseth K., Houston J., Eriksson M., 2019. *Natura 2000 in the Atlantic Region*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- Meersmans J., Martin M.P., Lacarce E., De Baets S., Jolivet C., Boulonne L., Saby N., Lehmann S., Bispo A., Arrouays D., 2012. A high resolution map of French soil organic carbon, *Agronomy for Sustainable Development*, 32(4), 841-851
- MTES, 2020. *Stratégie nationale bas-carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone*, synthèse, ministère de la Transition écologique et solidaire.
- Pellerin S., Bamière L. (dir.), 2020. *Stocker du carbone dans les sols français, quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1 000 et à quel coût ?*, rapport scientifique de l'étude, Inra (France), 540 p.

**Réflexion prospective
sur l'engagement des propriétaires
pour une gestion écologique ambitieuse
dans les emprises des lignes
de transport d'électricité en forêt**

Claire Étrillard et Denis François

La mise en œuvre des concepts de « trame verte et bleue » (MTES, 2014) et de « *Green Infrastructure Strategy* » (CE, 2013) conduit à s'interroger sur l'utilité des dépendances vertes des infrastructures linéaires de transport (ILT) pour endiguer le déclin général de la biodiversité (Villemey *et al.*, 2018 ; Ouédraogo *et al.*, 2020). Ces emprises, constituées par nature en réseau, peuvent devenir des habitats ou des corridors pour les espèces dont la présence est compatible avec les contraintes d'exploitation des infrastructures, en particulier si l'on y développe des pratiques d'entretien adéquates (Michel *et al.*, 2015). En la matière, diverses possibilités s'offrent aux opérateurs, en fonction de leurs propres compétences, des types d'ILT, des objectifs écologiques, mais aussi des collaborations possibles avec d'autres acteurs pouvant être impliqués dans l'entretien et la mise à profit des dépendances vertes dans un but écologique (Étrillard *et al.*, 2019).

Des objectifs écologiques étant envisageables dans les emprises et les moyens techniques pour les atteindre étant disponibles, il convient maintenant de réfléchir aux possibilités de développement, voire de généralisation, de ces modes d'entretien. La motivation des propriétaires des emprises, privés comme publics, est déterminante : selon leur sensibilité à la question écologique, à l'intérêt qu'ils peuvent trouver à la valorisation du potentiel de leur patrimoine foncier en ce sens, ils peuvent devenir demandeurs, voire acteurs de projets de gestion écologique. Avec la prise de conscience des enjeux écologiques dans la sphère privée comme dans la sphère

publique, ce changement de paradigme par rapport à la situation actuelle peut devenir réalité dans un futur proche (EIU, 2021). Dès lors se pose la question des conditions qui permettraient aux propriétaires de devenir les moteurs du développement d'actions écologiques dans leurs emprises. Parmi celles-ci, le cas des tranchées forestières pour les lignes de transport d'électricité est particulièrement riche et adapté à la réflexion. Outre qu'elles présentent le plus grand potentiel des ILT en France⁹⁰, elles ouvrent une diversité de perspectives écologiques et les propriétaires y sont diversifiés. Mesurer le champ des possibles qui en découle en l'état actuel du droit est un préalable à la recherche des difficultés et à l'élaboration de solutions avec les parties prenantes, dans un contexte où les enjeux sociaux, économiques et environnementaux sur la forêt vont s'accroître avec le changement climatique.

» Mise à profit écologique des tranchées forestières

Des communautés floristiques et faunistiques diversifiées peuvent être observées dans des emprises forestières de lignes électriques à la faveur de conditions particulières liées à la nature du substrat ou à l'exposition des sites (François *et al.*, 2018). Mais force est de constater que, d'une manière générale, la technique d'entretien la plus courante de la végétation des tranchées forestières conduit à une simplification de la couverture végétale. Le gyrobroyage produit en effet un enrichissement régulier du sol par la décomposition du tapis de copeaux laissés en place, et la surface ainsi dégagée est laissée libre à la (re)colonisation par quelques espèces végétales pionnières. Ce cercle vicieux favorise le développement d'espèces arborées à croissance rapide dont le développement nécessitera la prochaine intervention afin de maintenir les lignes en sécurité (LIFE Elia-RTE, 2017).

Respectant tout autant les exigences techniques d'entretien des lignes électriques, des modes d'entretien plus respectueux de la biodiversité et du potentiel écologique des tranchées forestières permettent la préservation des sols et l'installation durable d'une flore et d'une faune diversifiées (LIFE Elia-RTE, 2017 ; RTE-Enedis 2017). Mettre à profit le potentiel écologique de leur terrain peut motiver des propriétaires d'emprises forestières à contribuer à la lutte contre le déclin de la biodiversité.

Ils peuvent souhaiter y (r)établir un habitat qui ne soit plus soumis à l'uniformisation et à la simplification dues au gyrobroyage. Cela consistera non seulement à abolir cette pratique, mais aussi à effacer ses conséquences sur la végétation sur l'enrichissement du sol. Le nouvel habitat se développant en équilibre avec les facteurs abiotiques locaux pourra être recolonisé spontanément par les espèces floristiques et faunistiques locales (projet de type « H » : restauration de surface d'habitat naturel).

Les propriétaires peuvent également souhaiter agir plus directement en faveur de la sauvegarde d'espèces végétales ou animales particulières, rares, vulnérables ou menacées. Ceci se fera grâce à des pratiques d'entretien spécifiquement adaptées à leur cycle biologique et à la fourniture des ressources alimentaires et/ou de reproduction nécessaires (projet de type « E » : action de sauvegarde d'espèces).

90. Total de 34 000 km, pour une surface estimée à 135 300 ha (François *et al.*, 2022).

Les propriétaires peuvent aussi souhaiter développer la connectivité paysagère au profit des espèces de milieux ouverts situés aux extrémités des tranchées forestières. Le maintien de ce milieu ouvert permanent pourra contribuer à diversifier la mosaïque paysagère dans les grands massifs forestiers (projet de type « C » : maintien d'une connectivité par milieu ouvert permanent)⁹¹. Le moyen d'y parvenir sera typiquement la prairie de fauche ou le pâturage.

Les différents types de projets (tableau 16.1) peuvent être combinés. Les projets de type C peuvent relier des sites de projets de type H ou E, compatibles avec des linéaires plus modestes.

Tableau 16.1. Typologie des projets par objectif de gestion écologique

Type de projet	Objectif écologique
H	Restauration de surface d'habitat naturel
E	Action de sauvegarde d'espèce(s)
C	Maintien de connectivité par milieu ouvert permanent

► Objectifs écologiques dans le droit forestier

Les propriétaires d'emprises forestières sont divers : les forêts françaises appartiennent à l'État (environ 2 Mha), à des collectivités territoriales et des établissements publics (environ 4 Mha), et à des personnes physiques ou morales de droit privé (environ 10 Mha), c'est-à-dire de très nombreux particuliers et des entreprises.

Le Code forestier impose que « tout propriétaire exerce sur ses bois et forêts tous les droits résultant de la propriété [...] afin de contribuer, par une gestion durable, à l'équilibre biologique et à la satisfaction des besoins en bois et autres produits forestiers » (art. L. 112-2 du Code forestier). Il doit en réaliser le boisement, l'aménagement et l'entretien conformément à « une gestion durable et multifonctionnelle » depuis la loi portant lutte contre le dérèglement climatique de 2021⁹². La politique forestière française, qui relève de la compétence de l'État, a pour objet « d'assurer la gestion durable et la vocation multifonctionnelle, à la fois écologique, sociale et économique, des bois et forêts » (art. L. 121-1). Elle privilégie « les mesures incitatives et contractuelles, notamment à l'égard des propriétaires organisés en groupement » et elle « favorise la recherche de contreparties pour les services rendus en matière environnementale et sociale par les bois et forêts qui présentent une garantie de gestion durable » (art. L. 121-2).

Cette gestion peut différer selon qu'il s'agit des forêts des particuliers ou de personnes publiques. La gestion des forêts privées est restée longtemps exclusive de toute intervention de l'État. En 1963, la loi Pisani a imposé aux propriétaires

91. Le propos n'est pas d'appeler à fragmenter les massifs forestiers, mais par ce type de projets (C, E, H) de conférer aux tranchées forestières préexistantes le rôle écologique le plus pertinent possible. Celui-ci sera défini au cas par cas en fonction des possibilités et des enjeux locaux.

92. Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.

de forêts privées d'au moins 25 ha d'élaborer des plans simples de gestion à faire agréer par des centres régionaux de la Propriété forestière, mais la prise en compte des enjeux environnementaux y apparaît encore modeste. La gestion des forêts des personnes publiques est encadrée depuis le XIX^e siècle par le « régime forestier » mis en œuvre par l'ONF. Ces forêts « satisfont de manière spécifique à des besoins d'intérêt général », notamment au travers de la promotion d'activités telles que « la conservation des milieux, la prise en compte de la biodiversité » (art. L. 121-3).

Pour la construction et l'entretien de lignes de transport d'électricité en contexte forestier, le Code de l'Énergie a prévu des servitudes légales et conventionnelles, notamment pour l'ébranchage ou l'abattage afin d'assurer le passage et le bon fonctionnement du réseau (Étrillard, 2020). En dépit de leur déboisement, les tranchées forestières demeurent partie intégrante de la forêt.

► Possibilités ouvertes aux propriétaires de tranchées forestières

Sous régime privé

Le propriétaire a la possibilité, moyennant une déclaration et l'obtention d'un accord de l'opérateur, de (faire) réaliser des travaux de restauration d'habitat (projet de type H ; figure 16.1). L'accord de l'opérateur dépendra de la compatibilité du projet et des engins utilisés pour les travaux (par exemple la remise en état du sol) avec la proximité des ouvrages électriques. Cet accord sera accompagné de consignes de sécurité que le propriétaire devra respecter s'il ne veut pas voir sa responsabilité engagée en cas d'incident. Les entreprises de travaux devront être agréées par l'opérateur pour la prévention du risque électrique. Pour l'entretien de la végétation recolonisant le site restauré, le propriétaire pourra demander à l'opérateur d'adopter des techniques autres que le gyrobroyage, ou faire réaliser l'entretien par un tiers dans le cadre d'une convention tripartite. Dans un projet de sauvegarde d'espèces (type E), le propriétaire est en droit d'implanter les végétaux concernés ou servant de ressources alimentaires et de reproduction pour les animaux concernés, dès lors qu'ils sont compatibles avec la présence de la ligne électrique. Le propriétaire pourra demander à l'opérateur d'adapter les pratiques d'entretien au cycle biologique des espèces concernées, et éventuellement recourir à un tiers pour le réaliser. Une convention précisant les engagements de chacun sera établie. Dans le projet de maintenir un milieu ouvert permanent (type C), le propriétaire est en droit d'y implanter une prairie de fauche ou pâturée. Cette dernière devra être clôturée de façon à empêcher la divagation des animaux dans les sous-bois environnants (RTE-Enedis, 2017). Ce mode d'entretien fera l'objet d'un conventionnement entre l'opérateur, le propriétaire et l'éventuel tiers (éleveur, agriculteur) agissant dans la prairie.



Figure 16.1. Pelouse sur sable, pointe de Courpain, réserve naturelle de Saint-Mesmin (Loiret), 2022
Crédit : photo D. François

Sous régime forestier

L'ONF est chargé de la mise en œuvre du régime forestier et exerce cette mission dans le cadre d'arrêtés d'aménagement (art. L. 221-2 du Code forestier). Dans le cadre de ces arrêtés, l'ONF « assure la gestion et l'équipement des bois et forêts qui lui sont confiés [...]. Il peut, [...] avec ou sans l'aide de l'État et des collectivités publiques, exécuter ou faire exécuter tous les travaux d'entretien, d'équipement, et de restauration. Il a, sur ces bois et forêts, tous pouvoirs techniques et financiers d'administration » (art. L. 221-2). Ainsi, rien ne s'oppose à ce que le propriétaire public, ou bien l'ONF, puissent réaliser un projet de restauration d'habitat (type H) ou un projet de sauvegarde d'espèces (type E), en suivant les techniques et les règles de sécurité requises (chapitre 4.1). Dans le cas du projet de maintien de milieu ouvert permanent (type C), le Code forestier prévoit la possibilité de concession de pâturage de bovins, ovins et équidés, notamment de gré à gré avec des agriculteurs locaux (art. L. 213-24 s'agissant de l'État et art. L. 214-12 s'agissant des collectivités territoriales). L'implantation d'une prairie de fauche confiée à un agriculteur est également possible.

» Difficultés, opportunités et évolutions pour une gestion renouvelée des tranchées forestières

Une démarche de recherche qui fait projet à différents niveaux

Une gestion écologique des emprises forestières des lignes électriques présente *a priori* un bilan au minimum neutre, voire positif pour les parties prenantes (propriétaires, opérateur, tiers, société). La première contribution du chercheur consiste dès lors à identifier, à comprendre et à expliquer les freins qui s'opposent à la généralisation de cette idée.

Une recherche qui fait projet est vouée à poursuivre l'investissement du chercheur dans l'identification des leviers permettant d'élaborer des solutions opérationnelles viables, généralisables pour et avec les parties prenantes (projet PADDLe). Dans un contexte en forte évolution, l'investissement du chercheur peut être prolongé dans l'accompagnement des parties prenantes dans l'accomplissement du changement (*Living Lab*) et dans l'évaluation de ses effets dans le temps (retour d'expérience)⁹³. Cette réflexion prospective élargit le champ des questions du local au national, et du court au long terme.

Engagement des acteurs jusqu'à présent

Le cadre juridique ne présente pas d'entrave particulière à la mise à profit écologique des tranchées forestières par leurs propriétaires, publics comme privés. L'opérateur est quant à lui plutôt disposé aux initiatives en ce sens et y contribue⁹⁴. Cependant, le potentiel écologique des tranchées forestières à l'échelle nationale demeure encore largement inexploité. Il est constitué en quasi-totalité dans des forêts privées ou communales⁹⁵. Jusqu'à présent, l'implication de ces propriétaires est donc restée très modeste. On peut s'interroger sur leur sensibilisation à la question de l'intérêt écologique des tranchées forestières. On conçoit aussi aisément que la possibilité de déléguer entièrement à l'opérateur l'entretien des tranchées forestières les en ait détournés.

Émergence d'un nouveau type de propriétaire privé

Des propriétaires d'un nouveau type apparaissent aujourd'hui parmi les sylviculteurs, soucieux de préserver ou de rétablir les fonctions écologiques des forêts⁹⁶.

93. Selon le projet LIFE Elia-RTE, le seuil de rentabilité de l'entretien par pâturage par rapport au grobroyage était estimé à six ans (LIFE Elia-RTE, 2017), donc au-delà de la durée des financements de projets de recherche actuels.

94. En 2017, 1 200 ha faisaient l'objet d'un mode d'entretien alternatif à la gestion courante (création de lisières étagées, pâturages, prairies de fauche, restauration de milieux ouverts...), avec un objectif de progression de 150 ha/an (www.rte-france.com/riverains/modalites-de-gestion-de-la-vegetation-sous-et-aux-abords-des-lignes-electriques).

95. Total de 33 288 km de tranchées forestières en forêts privées ou communales (François *et al.*, 2022).

96. Voir par exemple www.alternativesforestieres.org/ ; www.sauvegarde-forets-morvan.com/

On peut concevoir que ces nouveaux interlocuteurs soient aussi plus réceptifs et motivés par le rôle écologique des tranchées forestières et deviennent demandeurs, voire acteurs de changements de pratiques. Des propriétaires plus impliqués pourraient générer des demandes et des initiatives plus nombreuses, et essaimer auprès de propriétaires moins avertis à travers leurs exemples de réalisations.

Capacité de réaliser les actions locales

On ne peut exclure que ces nouveaux propriétaires forestiers et *a fortiori* leurs groupements disposent des compétences de diagnostic des potentialités écologiques de leurs tranchées forestières, voire de conception, de réalisation et de gestion des projets, ce qui constituerait une nouvelle donne. Quoi qu'il en soit, tout porteur de projet (y compris l'ONF⁹⁷) a la possibilité de faire appel aux compétences nécessaires auprès de divers acteurs locaux, partenaires ou prestataires (exploitants agricoles, associations, institutions scientifiques, établissements publics spécialisés...). Cela peut être particulièrement nécessaire dans le cas de sites et de projets à enjeu écologique exceptionnel, ou simplement pour mettre en place des protocoles de suivis, ou encore pour réaliser les aménagements et l'entretien conformément aux objectifs fixés. Dans cet esprit, des assemblages de compétences existent dans le cadre de partenariats établis par l'opérateur national de transport d'électricité, de façon ponctuelle ou au sein de périmètres tels que celui des parcs naturels régionaux (figure 16.2).



Figure 16.2. Verger forestier dans la forêt communale de Deville (Ardennes), 2018
Crédit : photo D. François

Nécessité de développer une stratégie nationale

Concernant les forêts sous régime forestier, compte tenu des politiques publiques en faveur de la biodiversité, il semblerait logique d'intégrer le potentiel écologique des

97. De façon analogue à la gestion des réserves biologiques dirigées.

tranchées forestières dans la reconstitution des trames vertes, de même que dans certains plans nationaux d'actions pour des espèces vulnérables⁹⁸. Cela aurait aussi valeur d'exemple pour les autres acteurs. La situation actuelle pousse à s'interroger sur le manque de connexion entre les diverses politiques publiques (environnement, énergie, forêt, agriculture...). Pour les organes chargés de mettre en œuvre ces politiques, elle incite à s'interroger sur leur mandat ou sur leur capacité à développer une action intersectorielle, faculté indispensable au niveau institutionnel pour la conception des projets, comme au niveau opérationnel pour leur réalisation avec des acteurs locaux.

Incidence du changement climatique

Le changement climatique fait peser sur la forêt une vulnérabilité accrue aux incendies. On peut anticiper que la Sécurité civile (relevant du ministère de l'Intérieur) devienne un interlocuteur usuel dans la gestion des tranchées forestières, concernant la prévention des feux et le besoin d'accès aux emprises pour la surveillance des forêts et pour les interventions. Du point de vue de la prévention, des milieux naturels ouverts régulièrement suivis (projets de type H et E) et des espaces agropastoraux continuellement entretenus (projets de type C) semblent plus favorables que le reboisement cyclique et le gyrobroyage de la gestion courante. Ce mode d'entretien qui devra être plus drastique (fréquence accrue, surveillance), donc coûteux, sera-t-il remis en question par la nouvelle donne climatique ? Face à l'expression du besoin de nature dans la société, les tranchées forestières sont-elles appelées à devenir des lieux de fréquentation privilégiés, car relativement sécurisées par rapport au risque d'incendie ? Rendre compatible ce nouvel usage avec les enjeux écologiques sera une nouvelle dimension à envisager. Les pressions sociales, économiques et environnementales sur la forêt française auront des répercussions sur la gestion et sur l'usage des emprises des lignes de transport d'électricité en forêt. Les missions et les moyens actuels de l'opérateur national de transport d'électricité et du gestionnaire national des forêts leur permettent-ils de suivre et de soutenir cette évolution ? De nouvelles prérogatives ou obligations devraient-elles leur incomber en la matière ? La mission devrait-elle être confiée à un (ou des) acteur(s) spécifiquement chargé(s) de la sauvegarde de la biodiversité ? La rapidité du changement climatique dictera l'urgence des réponses à apporter.

» Conclusion

Instituer une gestion écologique généralisée des emprises forestières des lignes de transport d'électricité présente de nombreux attributs et potentialités en tant qu'action stratégique pour la biodiversité (Brédif et Simon, 2021). La démarche de recherche engagée à travers les projets GEDEV puis PADDLe visait à identifier les freins et les leviers pour accompagner les acteurs dans un changement voulu à l'échelle locale en faveur de la biodiversité. La réflexion prospective conduit à

98. Par exemple, les plans nationaux d'actions pour la préservation des insectes pollinisateurs.

envisager la nécessité d'accompagner les acteurs dans la mise en œuvre du changement (réalisation de projets), non seulement pour en assurer le nécessaire retour d'expérience, mais aussi afin de répondre à l'impératif d'adaptation continue des solutions (préexistantes et nouvelles) à l'évolution du contexte général (changement subi). Ces perspectives appellent des temporalités et des rôles nouveaux pour le chercheur par rapport au format des projets de recherche actuels.

► Bibliographie

- Brédif H., Simon L., 2021. *Biodiversité et stratégies – Des équilibres dynamiques*, Paris, Quae éditions, 230 p.
- CE, 2013. *Infrastructure verte – Renforcer le capital naturel de l'Europe*, communication de la Commission au Parlement, au Conseil économique et social européen et au Comité des régions, Bruxelles, 13 p.
- EIU, 2021. *An Eco-Wakening: Measuring global engagement, awareness and action for nature*, report commissioned by the World Wide Fund for Nature (WWF), London, The Economist Intelligence Unit (EIU), 49 p.
- Étrillard C., 2020. Favoriser la biodiversité sous les lignes électriques, *Énergie-Environnement-Infrastructures*, LexisNexis, Étude 4.
- Étrillard C., François D., Gastineau P., Pech M., 2019. *Gestion partenariale des dépendances vertes : étude de faisabilité*, rapport final du projet GEDEV, programme Ittecop, Paris, 47 p.
- François D., Le Féon V., Henry M., Vaissière B., Bretaud J.-F., Pineau C., Guinard E., 2018. *Potentiel des dépendances vertes d'infrastructures linéaires de transport pour la préservation et la dispersion des insectes pollinisateurs sauvages – Étude des communautés d'abeilles et de papillons dans des emprises routières et de réseau électrique et dans leur environnement proche*, rapport du projet PoLinéaire, programme Ittecop 2014, Paris, 103 p. + annexes.
- François D., Medous L., Étrillard C., 2022. Refuge écologique dans les emprises d'infrastructures linéaires de transport : estimation du potentiel de France métropolitaine, *Recherche Transports Sécurité*, 16 p., https://doi.org/10.25578/RTS_ISSN1951-6614_2022-03.
- LIFE Elia-RTE, 2017. *Vade-Mecum – Best Practices for Management of Vegetation – Owners and Managers*, rapport du projet LIFE Elia-RTE, LIFE Programme, Bruxelles, 51 p.
- Michel C., Russier-Decoster E., Clap F., Moncorps S., 2015. *Corridors d'infrastructures, corridors écologiques ? – État des lieux et recommandations*, UICN France & CILB, Paris, 37 p.
- MTES, 2014. *Document-Cadre – Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques*, annexe du décret portant adoption des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, ministère de la Transition écologique et solidaire, Paris, 71 p.
- Ouédraogo D.-Y., Villemey A., Vanpeene S., Coulon A., Azambourg V., Hulard M., Guinard E., Bertheau Y., Flamerie De Lachapelle F., Ruel V., Le Mitouard E., Jeusset A., Vargac M., Witté I., Jactel H., Touroult J., Reyjol Y., Sordello R., 2020. Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for vertebrates in temperate ecosystems? A systematic review, *Environmental Evidence*, 9(13), 34 p., <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00196-7>.
- RTE-Enedis, 2017. *Modalités de gestion de la végétation sous et aux abords des lignes électriques, guide*, Paris, RTE Enedis, 63 p.
- Villemey A., Jeusset A., Vargac M., Bertheau Y., Coulon A., Touroult J., Vanpeene S., Castagneyrol B., Jactel H., Witté I., Deniaud N., Flamerie De Lachapelle F., Jaslier E., Roy V., Guinard E., Le Mitouard E., Ruel V., Sordello R., 2018. Can linear transportation infrastructure verges constitute a habitat and/or a corridor for insects in temperate landscapes? A systematic review. *Environmental Evidence*, 7(1), 33 p., <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0117-3>.

Analyse scientifique et conduite de travaux

Denis Delbaere, François Lacoste, Guillaume Lemoine,
Brice Louvel et Xavier Marchant

La recherche SALTUS, menée depuis 2021 par le collectif scientifique LIKOTO⁹⁹, porte sur la manière dont la gestion des dépendances vertes des grandes infrastructures de transport de l’Eurométropole franco-belge Lille-Kortrijk-Tournai peut préserver, voire accroître, les potentialités environnementales (réservoir de biodiversité, connectivité biologique), sociales (espaces publics informels, qualité du cadre de vie, mobilités douces), économiques (production de biomasse et de bois d’œuvre) et infrastructurelles (sécurisation des ouvrages) diagnostiquées sur ces espaces¹⁰⁰.

Pour ce faire, cette recherche expérimentale utilise comme cadre opératoire central des chantiers de gestion dont le collectif assure la programmation, la mise en œuvre et l’évaluation. Il s’agit, à partir d’un état des lieux pluridisciplinaire initial réalisé au printemps 2021, d’engager sur cinq sites pilotes choisis en fonction de leur diversité morphologique, des chantiers de gestion (fauche, débroussaillage, abattages) et de création de microaménagements (pistes d’accès, d’ouvrages de confort, escaliers, de clôtures, etc.) susceptibles de valoriser ces potentialités écologique et récréative sans que l’une s’oppose aux autres, comme cela peut être le cas, bien que de nombreux gestionnaires publics d’espaces protégés (département au titre des espaces naturels sensibles, EPCI et Conservatoire du littoral, notamment) intègrent la découverte par le public des espaces qu’ils gèrent au risque parfois de les dénaturer (excès de cheminements, d’équipements et de panneaux d’interprétation). Par exemple, on avait tendance à opposer classiquement une gestion environnementale requérant

99. Le collectif LIKOTO, animé par Denis Delbaere, a été créé en 2018 pour porter un ensemble de recherches et d’actions en faveur de l’identification, de l’analyse, de l’exploration et de l’aménagement de la « trame verte spontanée » de l’Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai. Il se compose d’une quinzaine de chercheurs appartenant à des disciplines différentes (paysage, géographie, écologie, botanique, foresterie, pédologie, anthropologie, etc.). Pour plus de détails : <https://likoto.hypotheses.org/>

100. Ce diagnostic a été mené par deux recherches successives : « En marge » (PIRVE, 2011-2015) et « En Piste » (Ittecop, 2017-2018)

par endroits et de façon limitée une sanctuarisation de ces espaces à leur fonction sociale, postulant au contraire leur ouverture au public¹⁰¹. Une fois le chantier réalisé pendant la période hivernale, les chercheurs reviennent sur place à la belle saison pour mesurer les impacts sur la composition floristique, l'avifaune, les pratiques sociales en place, la production de bois, les mesures de gestion prônées par les services concernés (services infrastructures et voiries de la Métropole européenne de Lille [MEL] et du service wallon des Infrastructures). Sur la base de ces mesures d'impact, les actions sont prolongées, modifiées ou abandonnées, et ce dispositif itératif, entre constats et actions, est renouvelé à trois reprises jusqu'au printemps 2024.

Cette recherche, comme d'autres menées dans le cadre du programme Ittecop, repose donc sur une articulation très soutenue entre démarche de recherche et d'analyse scientifique d'une part, et démarche de projet et de conduite de travaux, d'autre part. Elle rompt de ce point de vue avec une certaine tradition scientifique pour laquelle la recherche ne doit pas transformer son objet de recherche¹⁰².

Le présent article voudrait montrer ce que cette articulation entre recherche et projet de paysage apporte à l'une et à l'autre, mais doit tout d'abord expliquer pourquoi elle s'impose lorsque la recherche investit ces environnements très singuliers que sont les espaces de bords d'infrastructure.

► L'impossible état des (non-)lieux ?

Si la recherche en écologie et en paysage infrastructuraux conduit à la recherche par l'action, c'est d'abord parce que ces environnements se caractérisent par une telle complexité que leur analyse scientifique disciplinaire y est rapidement mise en échec. C'est ce qu'a montré la recherche En Piste¹⁰³, qui portait sur de tels espaces et les soumettait à l'analyse d'un géographe, d'une biologiste, d'un écologue, d'un paysagiste, qui tous ont été contraints d'abandonner leurs modes d'analyse habituels pour les adapter à ces terrains. Ici, l'enquête sociale se heurte à l'impossibilité d'interroger des usagers dont les raisons de se trouver là sont généralement inavouables. L'analyse pédologique se confronte à des sols d'une telle hétérogénéité, produite notamment par les aléas des chantiers de terrassement, qu'il est impossible d'en dresser un état des lieux significatif¹⁰⁴. La composition floristique est si lourdement impactée par les modes de gestion qu'elle varie substantiellement d'une station à l'autre sans que les informations puissent être objectivées. Poser des pièges à insectes, c'est les voir disparaître en quelques jours. Suivre un transect à travers ces bandes de terrain étroites et sans cesse fragmentées par les clôtures et les voiries relève bien souvent de la gageure. On a affaire ici à un complexe sociobiologique

101. Cette tendance est bien analysée par Capano *et al.*, 2019. On trouvera quelques critiques de cette gestion, notamment du point de vue social dans Gooden, Sas-Rolfes, 2020.

102. La transformation de son propre objet par la recherche, nous renvoyons à « l'apprentissage en double boucle » de Argyris and Schön, cité et décrit par Sandberg et Alvesson, 2013.

103. <https://www.ittecop.fr/fr/recherches-2017-cat/exploratoires-incubatoires/en-piste>

104. Les analyses pédologiques menées sur vingt-cinq sites pilotes dans le cadre de la recherche En Marge ont montré une variation surprenante des compositions et structures des sols.

dont l'analyse ne relève en propre d'aucune discipline, où il est difficile par exemple d'attribuer telle sente ou « coulée » au passage des humains, des chevreuils ou des chiens, où les ouvrages et substrats les plus artificiels peuvent être les supports de la plus forte dynamique biologique. Toute donnée naturaliste est à rapporter à un fait social, et toute pratique sociale est conditionnée par ce que lui impose une dynamique végétale particulièrement vigoureuse et débridée, ou au contraire freinée par la mauvaise qualité des anthroposols en place. On a donc affaire à un milieu particulièrement instable et fluctuant, dont il est peu utile de dresser un état des lieux stable et exploitable durablement, sauf à intégrer les activités humaines dans le régime de perturbations comme cela a été présenté et vulgarisé par plusieurs auteurs, dont Jacques Blondel (2003).

Cela, d'autant plus que la réalisation d'actions de gestion de ces environnements est particulièrement erratique et aléatoire. Abandonnés à eux-mêmes pendant des mois, et parfois pendant des années, les échangeurs autoroutiers, les talus ferroviaires et les délaissés de bords de voies communautaires voient se développer une végétation très libre et s'épanouir des pratiques spontanées de promenade, d'habitat temporaire et de sport. Ce n'est que lorsque les boisements menacent la stabilité ou la sécurité des infrastructures que les actions de gestion sont engagées au-delà de l'entretien habituel et régulier des premiers mètres en bord de plateformes, le plus souvent par broyage annuel. On assiste alors à d'imposants chantiers de défrichage, souvent brutaux, car l'organisation de ces chantiers est si coûteuse et complexe (ils nécessitent généralement la neutralisation de voies entières) que les gestionnaires font en sorte de ne pas avoir à y revenir trop souvent. C'est ainsi qu'un bois dense peut être transformé en quelques jours en une coupe à blanc-étoc, puis au printemps suivant en une friche herbacée, voire une mégaphorbiaie quand le terrain est frais, puis en gaulis où la banque de graines contenues dans le sol s'exprime brutalement et modifie totalement la composition floristique du lieu. Subitement, lorsque des pistes d'accès sont ouvertes par les engins de chantier, de nouvelles catégories d'usagers s'en emparent pour ouvrir de nouveaux accès au site et freiner par le piétinement les dynamiques végétales, comme pouvaient le faire les herbivores dans une clairière forestière après un chablis.

Dans ces conditions, il vaut mieux cesser de considérer l'action humaine comme l'agent de dégradation « perturbateur » d'un milieu initialement stable, comme il reste d'usage de le faire dans le discours ordinaire de la gestion environnementale, et bien que la notion de perturbation soit centrale en écologie dynamique (écologie des populations, des communautés, des paysages). Comprendre les environnements infrastructurels comme des espaces en constante mutation entraîne que la description doit viser moins les composantes statiques et constantes que les modalités d'action et d'intervention qui créent les conditions, toujours provisoires, d'existence de ces composantes. L'humain devient ainsi le « perturbateur » nécessaire au rajeunissement (partiel) de l'écosystème (figure 17.1).



Figure 17.1. Broyage mécanique brutal des abords de la voie ferrée Lille-Tournai à Ascq, février 2020

Crédit : photo G. Lemoine pour le collectif LIKOTO, février 2020

► La recherche comme agent de transformation des environnements infrastructurels

Ce caractère dynamique des environnements infrastructurels est tellement prégnant qu'il est en fait impossible de s'y engager sans devenir soi-même un facteur de transformation des espaces. Le collectif LIKOTO a ainsi plusieurs fois fait l'expérience « quantique » de l'effet transformateur, d'abord inassumé, des actions de recherche qu'il menait.

La traversée du triangle ferroviaire des Rouges-Barres en mai 2018 a été un moment déclencheur de cette prise de conscience. Cet immense triangle en friche, mis pendant un temps sous gestion environnementale par la Ville de Lille, se trouvait sur un itinéraire que le collectif suivait lors de ses campagnes de reconnaissance de terrain. Mais une fois les voies franchies pour y accéder, il se révéla occupé par une étendue de renouées du Japon (*Reynoutria japonicum*) dont les cannes de l'année précédente, encore sèches, formaient une nappe épaisse et homogène de deux mètres de haut qui semblait ne pas avoir de fin. Que faire ? Renoncer à nous enfoncer plus avant et à faire notre travail de relevé, ou bien passer malgré tout en écartant et piétinant les chaumes de renouées jusqu'à atteindre, peut-être, un espace plus dégagé ? C'est cette seconde option que nous choisîmes, et notre cortège composé d'une dizaine de chercheurs avançant à la file indienne se fraya un chemin qui, d'abord ténu, s'élargissait ensuite au fur et à mesure que les renouées couchées formaient une sorte de tapis confortable, quoiqu'un peu glissant. Lorsque cette longue traversée nous eut menés à une clairière plus dégagée, nous nous retournâmes sur l'étendue que nous venions de traverser, et nous constatâmes alors que nous venions d'en modifier la structure en créant de toutes pièces une piste large de trois mètres, dont l'écologie du collectif imagina immédiatement qu'elle pourrait devenir le support

de déplacements pour certains petits mammifères¹⁰⁵ terrestres ou volants (chiroptères) et pourrait également être un couloir de chasse et de déplacement pour divers insectes et oiseaux. Nous venions de créer une « coulée » et de nombreux écotones, et de transformer ainsi le milieu que nous observions, comme nous le faisons, à une échelle moindre, chaque fois que nous écrasions les ronciers, cassions des branches et couchions les hautes herbes que nous foulions pour traverser prairies et friches. Le changement de l'état (des lieux) de l'objet de nos recherches stimula d'ailleurs au sein du groupe une controverse¹⁰⁶.

D'autres fois, notre présence sur le terrain a eu sans doute l'effet inverse. Depuis les premières investigations en 2011, il nous est arrivé plusieurs fois de revenir sur des lieux que nous avons investigués quelques mois ou quelques années auparavant et de découvrir, là où se trouvaient de grandes étendues accessibles, des espaces désormais fermés par de longs linéaires de clôtures grillagées. Les entretiens que nous avons eus occasionnellement avec des riverains de ces sites nous apprennent que ces clôtures avaient été posées à leur demande parce qu'ils avaient observé que des inconnus passaient parfois sur ces terrains si proches de leurs jardins et dont ils redoutaient qu'ils servent de voie d'accès pour d'hypothétiques cambrioleurs. Il se pourrait qu'en investissant des lieux où peu de gens se rendent, nos recherches scientifiques intensifient des inquiétudes ponctuelles et induisent par contrecoup des prises de décision que nous n'avions ni anticipées ni désirées.

Dans d'autres cas encore, nous nous sommes rendu compte que ce sont les gestionnaires de ces espaces qui, après que nous leur en eûmes montré la valeur environnementale, ont décidé d'engager des actions allant dans ce sens. Un chargé de mission de la DIR Nord (direction interdépartementale des Routes Nord), par exemple, a installé des ruchers au cœur d'un échangeur dont nos recherches avaient montré le potentiel mellifère, mais sans que cette mesure n'ait été prescrite par nos études¹⁰⁷. Chaque acteur s'approprie ainsi les résultats de la recherche et en fait l'argument d'actions dont le rapport n'est pas forcément établi.

►► Ce que la conduite de travaux fait à la recherche

Ces quelques exemples montrent donc que les environnements infrastructurels sont, pourrait-on dire, ontologiquement instables et en devenir, et que la notion d'état des lieux n'y a pas de prise véritable. L'analyse scientifique, ici, suppose un engagement physique et l'entrée dans un jeu d'acteurs difficile à anticiper, aux effets parfois importants. On verra que, finalement, c'est en agissant sur ces environnements très anthropisés qu'il est le plus commode de les comprendre et de faire avancer la recherche sur cette matière.

105. Un récit détaillé et réflexif de cette aventure a été publié dans Delbaere, 2019.

106. Voir notamment l'article publié par l'un des géographes de l'équipe de recherche qui a participé à cet événement : cf. Canova, 2020.

107. Nous précisons ici que l'installation d'un rucher n'a aucun intérêt pour la biodiversité et aurait été fortement critiquée par le collectif si l'information lui avait été communiquée.

Tout d'abord, il apparaît que l'engagement d'une action de transformation du terrain favorise l'échange interdisciplinaire au sein de l'équipe de recherche. L'analyse des environnements complexes qu'on vient d'évoquer mobilise en effet nécessairement des équipes pluridisciplinaires au sein desquelles l'intercompréhension n'est pas toujours aisée. Se pénétrer des concepts, des outils et des méthodes de l'autre ne va jamais de soi dans un environnement scientifique, hélas, dominé par l'urgence que crée la dégradation continue des conditions de travail. Or, lorsqu'ils sont sur le chantier, les experts doivent faire un effort de synthèse et d'explication qui, même s'ils vulgarisent leur propos parfois jusqu'à l'outrance, offre à tous une porte d'entrée précieuse dans leur univers. Une campagne d'abattage d'arbres est l'occasion de comprendre les critères de choix des forestiers, mais aussi les préoccupations du botaniste ou de l'écologue, et de prendre conscience des interactions sociales qu'étudie l'anthropologue. De même, les interlocuteurs au sein des services de gestion mobilisés par le chantier comprennent bien mieux les hypothèses qui motivent telle ou telle action dès lors qu'ils la voient devenir concrète et en apprécient les conséquences environnementales et sociétales. Ils peuvent s'appropriier les hypothèses et les valider ou non, là où un exposé plus magistral et théorique épuise très vite leur attention, ou les exclut par l'emploi d'un vocabulaire spécialisé.

À l'échelle de chacune des disciplines mobilisées par la recherche, la conduite de travaux fournit également un cadre d'accès à la connaissance très efficace. C'est par exemple le cas, en anthropologie, où cette ouverture méthodologique en direction de l'action est inscrite dans la méthodologie même de la discipline à travers les pratiques d'observation participante.

Le chantier est, sur les terrains que nous étudions, un puissant révélateur des conflits et des tensions sociales qui structurent le lieu de façon invisible.

À Roubaix, par exemple, le délaissé ferroviaire sur lequel nous travaillions ressemblait à une friche végétale faiblement appropriée (on y observait de nombreux dépôts de détritiques) et les temps de rencontre avec les riverains du site que nous avons organisés n'ont attiré personne, ce qui semblait indiquer une certaine indifférence quant au statut et au devenir de cet espace. Mais dès que le chantier de débroussaillage a commencé (figure 17.2, en haut), qu'un escalier et un portail d'accès ont été installés pour permettre à nos équipes d'intervenir, un premier riverain nous a écrit pour faire part de ses inquiétudes quant au risque que ce chantier représentait d'amplifier des pratiques d'alcoolisation sur le site, et surtout de traversée pour accéder aux arrières de jardins et aux batteries de garages mitoyens. À partir de ce premier contact, d'autres ont eu lieu lorsque nous avons organisé une visite du chantier en juin 2022, et cette fois-ci la totalité des riverains s'est manifestée et a exprimé des points de vue, d'ailleurs très contrastés, sur le lieu et les usages invisibles dont il fait l'objet (figure 17.2, en bas).

Le même type de scénario s'est produit à Lambersart, lorsque nous avons installé un escalier d'accès et ouvert un passage dans le grillage qui refermait le talus boisé qui sépare le lotissement des Conquérants de la rocade nord-ouest. Très vite, les riverains se sont succédé pour nous faire part de leurs questions concernant le chantier, et la discussion a mis en évidence des écarts de perception et un historique du lieu qui a révélé, derrière un « non-lieu » apparent, un ancien terrain de jeu jadis

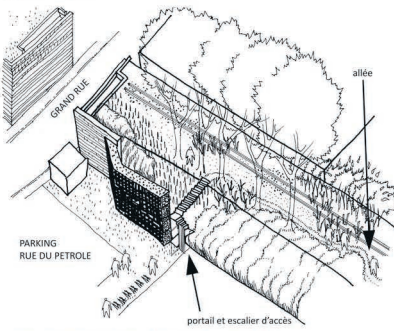
pratiqué par les enfants de certains riverains, mais laissé pour compte depuis que le vieillissement de la population a fait disparaître ce besoin.



INFORMATIONS RIVERAINS

Depuis Janvier 2022, un chantier de gestion écologique et paysagère du délaissé ferroviaire de l'ancienne Lainière est mené par des étudiants de l'École Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage de Lille et du Centre Agro-Forestier de Baway. Les travaux consistent à arracher les plantes invasives, à couper les arbustes les plus encombrants, à ouvrir une allée et à améliorer l'accès.

Le mercredi 14 Juin 2023, à partir de 14h30, une présentation de l'avancement de cette démarche sera l'occasion d'écouter vos avis sur l'avenir du site.



Pour toute information : d-delbaere@lille.archi.fr



Figures 17.2. À Roubaix, la construction d'un escalier d'accès au talus stimule les réactions des riverains et met en lumière les tensions et les attentes autour du site

Crédits : photos F. Lacoste et D. Delbaere pour SALTUS ; dessin de D. Delbaere pour SALTUS

Révéléateur de la dimension anthropologique du lieu, le chantier agit de même sur l'analyse de sa composition biologique, et notamment floristique. Le long du quartier de la Cessoie, le site sur lequel nous intervenons constitue une grande plateforme de six hectares inutilisée, clôturée depuis plusieurs années, et sur laquelle l'enfrichement a favorisé une forte biodiversité immédiatement relevée par les botanistes de l'équipe. Mais les cornouillers sanguins et les ronciers envahissant de plus en plus les friches herbacées par absence de gestion rendaient l'inventaire des richesses floristiques très compliqué, et le chantier de débroussaillage, de fauche et d'évacuation

de la litière accumulée, en élargissant les surfaces accessibles et en rouvrant certains boisements, a permis l'expression d'une flore présente, mais masquée, et le déploiement, d'une année sur l'autre, du décompte des richesses insoupçonnées de ce lieu. De façon totalement imprévisible, l'endroit s'est d'ailleurs révélé être l'un des plus riches réservoirs de biodiversité de la métropole lilloise et devrait bénéficier désormais de mesures de gestion adaptées.

De fait, c'est aussi sur le volet infrastructurel de la recherche que la conduite de travaux apporte des avancées décisives. Depuis des années, dans les différents programmes de recherche qu'il a conduits, le collectif LIKOTO prescrivait aux gestionnaires des infrastructures concernées des modes de gestion susceptibles de valoriser les dépendances vertes, en vain. L'absence de décision politique inhibait les meilleures volontés parmi les services. Mais dès lors que les chantiers expérimentaux testent *in situ* ces autres modes d'action, ceux-ci semblent devenir plus facilement appropriables. À la Cessoie justement, les actions de fauche, de débroussaillage et de mise en garenne des déchets d'élagage et de fauche par des moyens mécaniques simples, sans usage d'engins lourds, ont montré qu'il serait possible de conjuguer gestion environnementale et préservation du caractère « insulaire » du lieu, si bien que les services de la MEL programment désormais un calendrier d'intervention qui prend le relais de nos propres actions (figure 17.3). Aux Conquérants, ce sont des chantiers de coupe à blanc conçus comme des modes de production de « forêts jardinées » qui sont testés et pourraient permettre à la collectivité de reprendre pied sur des espaces dont elle a dû abandonner la gestion depuis plusieurs années, parce que les riverains s'inquiétaient de toute campagne d'abattage de ce qu'ils considéraient comme « leurs » arbres. Parce que les chantiers conduits dans le cadre de la recherche favorisent au contraire le dialogue avec les riverains et les usagers du lieu, les actions de gestion, même musclées, peuvent être comprises comme positives et bénéfiques pour la préservation du paysage boisé à long terme et de sa diversité biologique afférente.



Figure 17.3. Chantier de débroussaillage et de mise en garenne au râteau des déchets d'élagage sur le site de la Cessoie : un mode d'intervention doux dont les gestionnaires du site veulent désormais s'inspirer

Crédit : photo D. Delbaere pour SALTUS

► Ce que la recherche fait à la conduite de travaux

On voit ici comment le type de recherche expérimentale que nous menons influe sur les modes de gestion eux-mêmes, ce qui est d'ailleurs l'un des objectifs donnés à cette recherche dès son engagement. Mais au-delà de ce type d'interactions, il est possible de considérer par hypothèse que ces recherches inventent à leur tour une autre manière de concevoir l'action transformatrice sur ces espaces singuliers. Car il n'existe pas une, mais plusieurs façons de conduire un chantier, et aucune n'est idéalement adaptée aux contraintes et aux enjeux propres à ce type de recherche et de lieu souvent difficilement accessibles, notamment pour des actions mécaniques. De fait, les terrains sur lesquels nous travaillons mettent en présence au moins trois cultures du chantier très différentes.

La première est celle des services gestionnaires de la MEL et du SPW (service public de Wallonie). L'organisation d'un chantier est ici conditionnée par un cadre administratif très contraignant, qui s'impose à toute collectivité publique. Les normes à respecter, les autorisations préalables à obtenir, les validations politiques conditionnant le déblocage des moyens financiers, le Code des marchés publics, sont autant de cadres qui rendent l'instruction des dossiers de travaux à la fois très longue, très précaire et très rigide. La définition des prestations à exécuter est particulièrement rigide et exprimée dans des descriptifs inamovibles, inspirant des bordereaux de prix auxquels il est difficile de déroger. Injecter dans ces bordereaux de nouveaux types de prestations, qui plus est « expérimentales », est un chantier en soi dans lequel peu de chargés de mission désirent s'engager, alors même qu'ils sont les seuls à connaître suffisamment les règles qui régissent les marchés pour pouvoir agir sur elles¹⁰⁸.

La deuxième culture du chantier est celle des entreprises chargées d'exécuter les travaux, qu'il s'agisse de celles qui bénéficient d'un accord-cadre avec les gestionnaires, ou des équipes d'apprentis dirigées au sein de notre collectif par le centre agroforestier de Bavay. La conduite de chantiers se trouve au cœur des savoir-faire de ces entreprises et requiert une rationalisation maximale de chaque intervention, de l'amenée des matériaux et de l'outillage ainsi que de la main-d'œuvre, de la quantification des heures réalisées, de la surveillance des conditions de sécurité et d'hygiène dans lesquelles les travaux sont réalisés. L'information doit être transmise dans des termes dénués de toute ambiguïté, même si le dialogue et l'ajustement restent possibles sur le chantier. L'objectif est de maximiser la première et de réduire la seconde au minimum.

La troisième culture du chantier en présence ici est celle des paysagistes et des architectes impliqués dans l'équipe, pour qui le chantier n'est qu'un temps parmi d'autres du processus de conception d'un projet. Pour eux, les travaux à réaliser sont perpétuellement susceptibles d'être remis en question, reconfigurés jusqu'au dernier moment afin de tenir compte de chaque contrainte inaperçue. Les concepteurs paysagistes et les architectes distinguent ainsi nettement ce qui relève de l'essentiel, les grands objectifs qu'il faut toujours avoir à l'esprit, et de l'accessoire, c'est-à-dire les formes concrètes qui vont permettre d'atteindre les objectifs, mais qu'il ne faut jamais hésiter à reconfigurer totalement si une contrainte les rend inopérants¹⁰⁹.

108. Pour illustrer cette difficulté heuristique, on pourra se reporter à l'article du paysagiste Cyrille Marlin (2017).

109. Pour une illustration de ce propos, voir Delbaere, 2017.

Caricaturalement, on pourrait dire que face aux imprévus innombrables qui se font jour au cours d'un chantier, le concepteur propose de tout redessiner, là où l'entreprise propose de modifier les volumes des prestations prédéfinies, le gestionnaire prépare un avenant au marché de travaux et l'écologue fait des préconisations précises qui ne rentrent pas dans les postes des divers marchés passés !

Il serait prématuré d'affirmer que les recherches expérimentales portées par le programme Ittecop permettent d'ores et déjà d'entrevoir les contours d'un mode de conduite des travaux qui, hybridant ces cultures, en inventerait une nouvelle. Mais nous pouvons tout de même à ce stade rendre compte de quelques tâtonnements qui indiquent peut-être certaines directions.

Le premier concerne la pratique du métré. Les chantiers d'abattage imposent pour les gestionnaires une quantification préalable des quantités et des volumes de bois qui seront extraits. Mais le métré ne peut ici atteindre l'exhaustivité d'un relevé forestier classique, car les boisements sur lesquels nous intervenons sont d'une telle densité qu'un levé de géomètre préalable coûterait des sommes sans rapport avec les montants mobilisés par ces travaux. Il faut donc se contenter d'extrapoler des données qu'en revanche nous essayons de relever avec le plus de précision possible (figures 17.4a et b). À trois, nous identifions dans le boisement des carrés de dix mètres de côté, que nous balisons sommairement et à l'intérieur desquels nous opérons un relevé précis des quantités d'arbres, de leur densité, de leur essence, de leur taille et de leur force. Ces modules sont ensuite extrapolés à la surface réelle du boisement, donnant un chiffre que tout le monde sait être faux, mais que chacun doit accepter comme étant la moins mauvaise mesure disponible. Pour nos interlocuteurs gestionnaires, cela suppose une souplesse qu'ils nous accordent pour l'instant, mais qui les place sans conteste en situation délicate par rapport à leur culture du chantier. Il va de soi, par ailleurs, que ces relevés, bien que motivés par l'action, deviennent aussitôt des données qui enrichissent la connaissance des lieux en fournissant un aperçu précis de l'état des boisements, à l'image des effets sur la recherche que nous avons déjà mentionnés.

Un deuxième exemple concerne l'organisation des travaux eux-mêmes. À la Cessoie, le chantier de débroussaillage mobilisait deux équipes d'étudiants, paysagistes d'un côté et forestiers de l'autre, avec donc des cultures du chantier différentes, des savoir-faire, notamment dans le maniement des outils, également très différents, et un rapport au conducteur d'opération lui aussi très différent. Comment produire des documents susceptibles de rendre le projet explicite, mais aussi intelligible dans les deux cultures en présence ? Pour les paysagistes, cela impliquait un dessin indiquant clairement l'objectif majeur à tenir et laissant une part d'interprétation possible pour le reste, mais les forestiers avaient besoin d'indications géométrales précises, avec un piquetage des zones d'intervention précises sur le terrain. Il a fallu donc inventer un type de dessin dont la finalité est clairement de fixer les règles d'un piquetage (donc selon des générateurs géométriques simples) tout en mettant en évidence un cap général, ce qui a pris la forme d'un schéma tracé à même une photographie satellitaire et proposant un découpage en layons le long d'un axe central clairement désigné comme le fil conducteur de l'action. Le dispositif d'intervention décrit par ce schéma pouvait se développer sur l'ensemble du site, mais devenait efficace et pouvait produire des effets lisibles dans l'espace même s'il n'était réalisé que partiellement, conjuguant ainsi efficacité environnementale et paysagère. Les layons furent

dimensionnés à partir des distances de sécurité à respecter entre chaque jardinier pour éviter tout accident avec les débroussailleuses. L'étroitesse des layons permettait une progression rapide des débroussailleurs et permettait ainsi aux ratisseurs d'intervenir à leur tour sans risque de superposition avec les premiers. Le dessin spatial résulte donc tout autant du processus de chantier lui-même...

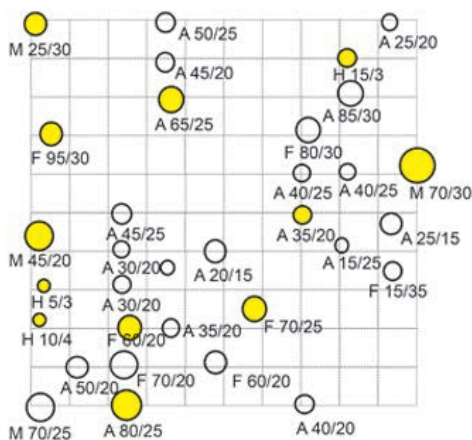
La présentation en salle des propositions pour les premiers chantiers sur les cinq sites concernés a aussi nécessité l'invention de modes de représentation hybrides. Le plan et la coupe restent sans doute les meilleurs moyens de décrire les espaces à transformer, mais la question de l'encodage du dessin s'y pose de façon renouvelée. En paysage, la représentation s'efforce de rester figurative afin de permettre une visualisation la plus exacte possible des volumes, des ambiances et des textures qui seront produites. Ce travail est compliqué cependant par le fait que le végétal, principal matériau du projet de paysage, se plie difficilement à une description précise et la tentation est forte de symboliser les troncs, de simplifier les houppiers, et donc de faire évoluer la représentation vers des formes plus abstraites. Cette difficulté est encore accrue dans le cas des environnements infrastructuraux, où la strate arbustive, la plus emmêlée de toutes, domine souvent et où les boisements sont particulièrement peu architecturés. Outre les difficultés graphiques qu'elle pose, une représentation strictement figurative risque par ailleurs de rendre imperceptible l'action qu'il s'agit pourtant de montrer, et qui passe par des modes d'intervention souvent assez discrets : remonter la couronne d'un arbre, rabattre un roncier, dédensifier un boisement, ne se traduisent pas en coupe et en plan de façon puissante et la comparaison entre les coupes d'avant et d'après le projet relève vite du jeu des sept erreurs ! Il a donc fallu employer un mode de représentation intermédiaire, à la fois figuratif par sa volonté de décrire des masses végétales et non pas des sommes d'individus bien discernables, et abstrait par l'emploi d'aplats colorés discernant strates arborées, arbustives et herbacées de façon plus soutenue (figure 17.5).

Mais c'est surtout au niveau de la conduite du projet lui-même que la recherche en chantier semble induire des pratiques renouvelées.

D'abord, il faut souligner que même si au terme des campagnes d'état des lieux et de mesure des impacts tous les membres de l'équipe s'efforcent de faire converger leurs avis sur des propositions unifiées, un certain dissensus demeure sur certains sujets très pointus, et la rigueur scientifique exige qu'il soit exposé au même titre que les éléments de consensus. Face à cette situation, les gestionnaires, habitués à ce qu'on leur présente un projet univoque et relativement figé, sont invités à prendre position personnellement et, de ce fait, à devenir coconcepteurs des propositions d'action. La frontière entre donneur d'ordre et prestataire de travaux s'efface un peu et place les représentants de la maîtrise d'ouvrage dans une position intermédiaire, qui leur convient finalement tout à fait puisque, de fait, ce sont les véritables ambassadeurs du projet au sein des instances qu'ils représentent. À l'intérieur d'organismes aussi vastes et ramifiés que la Métropole européenne de Lille ou le service wallon des Infrastructures, le relais assuré par ces chargés de mission est en fait le seul moyen d'obtenir une forme, d'ailleurs assez floue et précaire, de validation politique. Les chercheurs aussi bien que leurs interlocuteurs au sein des organes de gestion acceptent bon gré mal gré une forme d'incertitude quant à ce qui sera effectivement validé et enclenché, qui n'est sans doute acceptable que parce qu'ils entretiennent des relations de confiance. Celles-ci se sont construites en effet au fil des années, car

SALTUS

Estimation du nombre et du volume des arbres à abattre sur le site 2, partie « parc urbain » (Lys-lez-Lannoy)



Module sur 100 m² :

- arbres à conserver (marquage sur site)
- arbres à abattre de circonférence supérieure ou égale à 75 cm = 2 U
- arbres de circonférence supérieure ou égale à 50 cm = 6 U
- arbres de circonférence supérieure ou égale à 25 cm = 8 U
- arbres de circonférence inférieure à 25 cm = 3 U



Extrapolation sur surface du site à traiter (9 890 m²) :

- arbres de circonférence supérieure ou égale à 75 cm = 197 U
- arbres de circonférence supérieure ou égale à 50 cm = 593 U
- arbres de circonférence supérieure ou égale à 25 cm = 791 U
- arbres de circonférence inférieure à 25 cm = 296 U

				Vol tot (m3 pour 100m ²)
				1,08
circon (cm)	hauteur (m)	rayon (cm)	rayon (m)	Volume cône (m3)
45	20	7,16	0,07	0,11
50	20	7,96	0,08	0,13
30	20	4,77	0,05	0,05
30	20	4,77	0,05	0,05
45	25	7,16	0,07	0,13
20	15	3,18	0,03	0,02
65	25	10,35	0,10	0,28
50	25	7,96	0,08	0,17
40	20	6,37	0,06	0,08
35	20	5,57	0,06	0,06
40	25	6,37	0,06	0,11
80	30	12,73	0,13	0,51
35	15	5,57	0,06	0,05
25	15	3,98	0,04	0,02
80	30	12,73	0,13	0,51
40	25	6,37	0,06	0,11
110	30	17,51	0,18	0,96
85	30	13,53	0,14	0,57

Volume de bois récolté :

- sur 100 M² : 1,08 M³
- sur 9 890 M² : 106,81 M³



Figures 17.4a et 17.4b. Exemple de métré des volumes de bois à extraire et vue d'un chantier de dépressage
Crédit : photo F. Lacoste pour SALTUS

la recherche SALTUS n'est que le dernier avatar d'une série de projets de recherche dans lesquels plusieurs de nos interlocuteurs actuels ont été déjà impliqués quelques années plus tôt¹¹⁰. Le fait que ce type de recherche soit poursuivi avec obstination conforte les interlocuteurs dans l'idée qu'ils ont affaire avec une démarche au long cours, sur les porteurs de laquelle ils peuvent compter durablement.

» Conclusion

Ce dernier point montre pour conclure que le type de démarche dont il a été question ici repose avant toute chose sur la manière dont les échanges interpersonnels trouvent à s'y exprimer. Parce qu'elle remet en question les limites entre disciplines d'une part, entre catégories d'action d'autre part (le diagnostic préalable et le projet, la théorie et l'action), ce type de recherche suppose une écoute de l'autre dont il est possible de souligner deux conditions.

110. En Belgique, l'un d'entre eux, qui dirige le service des plantations du service des Infrastructures est même devenu membre du collectif LIKOTO, qui compte également parmi ses membres un chargé de mission de la MEL, aujourd'hui à la retraite.

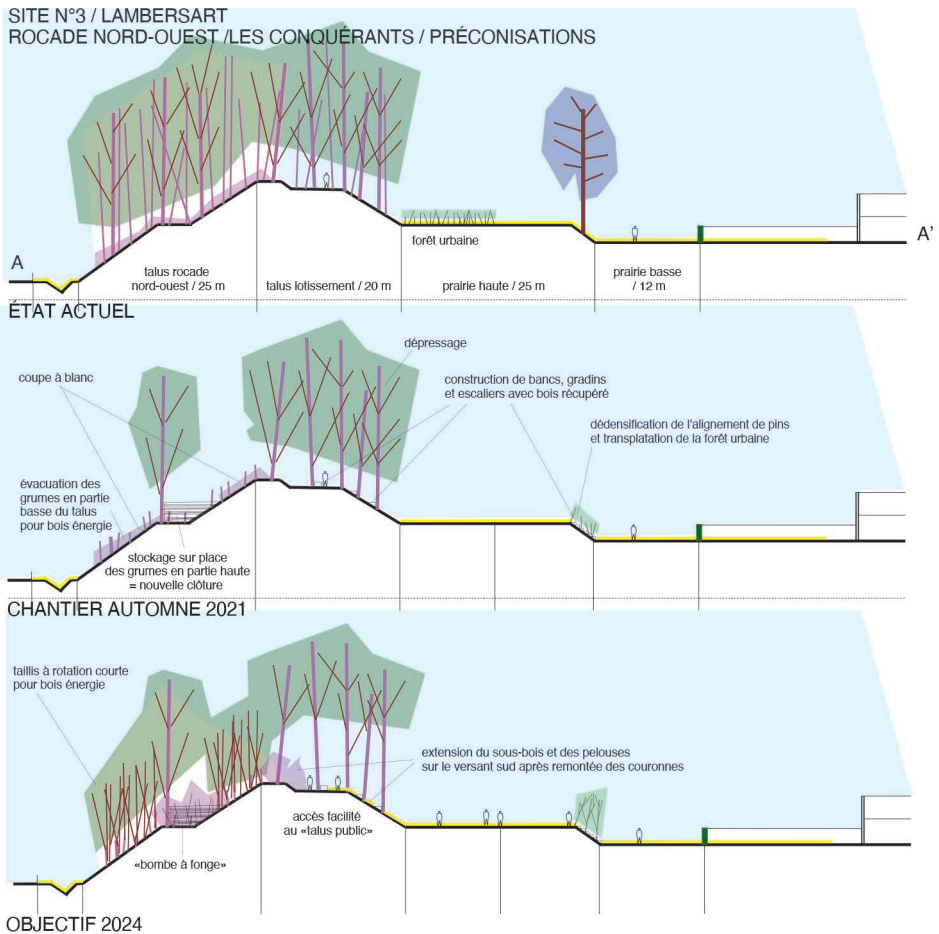


Figure 17.5. Exemple de coupes dessinées pour rendre intelligibles les actions proposées sur le site des Conquérants, à Lambersart. Les trois coupes montrent le talus dans son état initial, après le chantier et à terme, trois années plus tard

Source : auteurs

La première est le partage du temps au moyen de ce que nous appelons la « randonnée scientifique ». Alors que les recherches « en silo » procèdent par addition d'expertises séparées, il s'agit ici pour les différents experts de produire la recherche en même temps et en coprésence. Même si tous ne peuvent pas participer à ces sessions de trois jours sur le terrain, pouvant induire un hébergement en commun pour favoriser les moments de convivialité, le compte rendu de ces randonnées permet de décrire les actions menées par chacun et les discussions qu'elles ont induites, avant d'arriver à des conclusions communes. C'est ainsi tout le processus réflexif qui est objectivé, et qui fournit une matière très utile à la composante anthropologique de l'équipe.

Car, et c'est la seconde condition que nous pouvons discerner pour le succès de ce type d'entreprise, le volet anthropologique ne peut se limiter ici à l'enquête sociale autour des usages et des pratiques dont les lieux investigués font l'objet. Parce que,

comme nous l'avons dit d'emblée, l'action de recherche est ici une composante du lieu lui-même, l'analyse anthropologique doit porter aussi sur les conditions dans lesquelles la recherche est menée. Des réunions consacrées à un tel recul critique permettent d'explicitier ce processus et d'en faire la critique quand cela semble nécessaire. C'est d'ailleurs ce qui fut le cas au début de cette recherche, quand l'anthropologue de l'équipe fit remarquer que trop d'entre nous étaient à ce point obsédés par l'idée d'engager les chantiers expérimentaux qu'ils risquaient de sacrifier la complétude des états des lieux préalables pour ne pas compromettre le calendrier des interventions sur le terrain. L'exigence d'explicitation et donc de réfutabilité propre selon Karl Popper aux sciences humaines — exigence qu'il semble logique d'étendre à toutes les disciplines scientifiques impliquées sur les complexes sociobiologiques que sont les environnements infrastructurels — se trouve ainsi respectée et préserve sans doute ce type de démarche de la pente constructiviste qui le menace...

► Bibliographie

- Blondel J., 2003. Les perturbations spontanées, moteur de la dynamique forestière, in Vallauri D., *Livre Blanc sur la protection des forêts naturelles en France*, éditions Tec & Doc, p. 43-50.
- Canova N., 2020. Un géographe perdu sur la piste, *Carnets de géographes*, 14, <http://journals.openedition.org/cdg/6138>, <https://doi.org/10.4000/cdg.6138>.
- Capano G.C., Toivonen T., Soutullo A., Di Minin E., 2019. The emergence of private land conservation in scientific literature: A review, *Biological conservation*, 237, 191-199.
- Delbaere D., 2017. Éloge de l'incompétence pour une redéfinition du paysage par le chantier, in *Les Carnets du Paysage*, n° 32, Actes Sud + ENSP, septembre 2017.
- Delbaere D., 2019. D'îles en Lille. Guide pratique pour l'usage des refuges urbains, in *Les Carnets du Paysage*, n° 35, Actes Sud + ENSP, mai 2019.
- Gooden J., Sas-Rolfes M., 2020. A review of critical perspectives on private land conservation in academic literature, *Ambio*, 49(5), 1019-1034.
- Marlin C., 2017. Faire comme c'est écrit dans le CCTP !, in *Les Carnets du Paysage*, n° 32, Actes Sud + ENSP, septembre 2017.
- Sandberg J., Alvesson M., 2013. *Constructing research questions: Doing interesting research*, SAGE Publications, 152 p.

Conclusion

Chapitre 18

Cinq leçons pour transformer notre rapport aux infrastructures de transport

Sophie Bonin, Yannick Autret

Le titre de cet ouvrage, *Infrastructures de transport créatives*, a un double sens qui s'est dévoilé au fil des pages : l'idée que les infrastructures sont créatrices, de nouveaux écosystèmes et de nouveaux paysages, mais pas seulement impactantes et sources de conflits ; et celle que la recherche s'en empare aujourd'hui d'une manière renouvelée et critique, générant de nouvelles méthodes et éclairant très vivement les enjeux socio-écologiques contemporains. Les infrastructures de transport à la fois reflètent et façonnent nos modes de vie : on ne transformera pas les uns sans transformer les autres.

Que les grands aménagements créent de nouveaux paysages, probablement personne n'en a jamais douté. De nouvelles formes se sont imposées, massivement au xx^e siècle, créant de nouvelles représentations générées aussi par les usages. Ces usages eux-mêmes font évoluer les perceptions des espaces, que l'on pense en particulier à la vitesse¹¹¹ ou à un rapport complètement transformé à l'énergie — rendue très visible par ses infrastructures, et très invisible dans les modes de vie quotidiens. Mais qu'ils puissent contribuer à créer de nouveaux écosystèmes constitue une idée dérangeante à laquelle il est permis de résister d'abord, car l'installation d'une infrastructure commence en général par l'anéantissement des habitats et des réseaux naturels existants. Toutefois, le facteur temporel joue un rôle clé et, le temps passant, ces grands aménagements dont la construction peut se mesurer en décennies, voire en siècles, retrouvent, au moins à leurs abords, une certaine naturalité qui peut contraster de manière inattendue avec les milieux agricoles ou urbanisés environnants et offrir un potentiel de féralité important. Enfin, leur conception et

111. Ces transformations du regard ont été racontées et en même temps analysées par Marc Desportes en 2005 dans *Paysages en mouvement*, chez Gallimard.

leur gestion actuelles font de plus en plus appel à une ingénierie écologique rendant l'installation plus compatible avec le vivant.

Notre définition de la nature, et même de l'écologie, aiguillonnée par la nécessité d'inventer les changements transformateurs¹¹² appelés par l'IPBES, doit évoluer pour ne pas être seulement réservée aux espaces de plus forte naturalité. Elle doit réinterroger tous les milieux, y compris les plus anthropisés. Les débats actuels au niveau européen relatifs à la loi sur la renaturation¹¹³ le mettent clairement en avant : il n'y a plus de nature complètement soustraite aux effets des activités humaines. L'élargissement de la palette des outils à disposition aux espaces de nature ordinaire est central pour agir simultanément en faveur de la lutte contre le changement climatique et de la préservation de la biodiversité.

Mais pour répondre à ces enjeux, il faut pouvoir libérer son imagination et sa créativité dans une approche holistique et stochastique. Cela n'est possible, à notre sens, qu'en intégrant d'emblée une approche par territoire, thème central des recherches présentées au long de cet ouvrage. C'est cette approche qui est susceptible, précisément, de mettre en relation et surtout en action une stratégie qui soit favorable à la fois à la qualité des paysages, à celle de la biodiversité ainsi qu'à la perspective de la réduction des énergies fossiles, et à l'adaptation au dérèglement climatique. Le territoire est alors entendu comme une communauté à la fois politique, sociale et biologique, une communauté d'êtres vivants qui, par la proximité avec les infrastructures, partagent des problèmes semblables, mais aussi peuvent se saisir des opportunités que ces aménagements pourraient offrir. Il est souvent dit qu'il n'y aura pas d'amélioration de nos rapports au vivant uniquement avec des règlements, des objectifs fixés d'en haut, des procédures, sans transformation de nos modes de vie. Cela met au premier plan le besoin de dialogue social : la notion de territoire, même déclinable à plusieurs échelles, comme espace approprié et reconnu par une communauté, apparaît comme l'unité la plus pertinente pour penser ces choix. La démarche paysagère est le maillon susceptible d'articuler le projet de territoire ainsi conçu avec la transition socio-écologique¹¹⁴, ou énergétique¹¹⁵.

En faisant appel à la créativité que pourraient développer les recherches sur et par les infrastructures de transport et d'énergie, nous souhaitons engager un changement de perspective par rapport au « complexe de la balafre » qui a dominé les regards de la fin du xx^e siècle. De fait, la lecture des différents chapitres fait apparaître non pas une, mais quatre façons de faire cette transformation : nous allons les récapituler en remobilisant les apports des projets évoqués dans l'ouvrage :

– réduire la mise à distance, se rapprocher du terrain, travailler à différentes échelles ;

112. https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2021/09/JFRB2021_Couvet.pdf

113. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_fr

114. C'est en particulier le sujet qui mobilise un collectif de praticiens, chercheurs, élus, hauts fonctionnaires, qui militent pour une pensée politique des « paysages de l'après pétrole » : voir <http://www.paysages-apres-petrole.org/> et Thibault (2022) qui recense aussi une série d'expériences positives de démarches paysagères.

115. Une thèse labellisée Ittecop analyse les démarches paysagères des territoires à énergie positive et propose une comparaison avec des initiatives semblables aux Pays-Bas (Pistoni, 2020). Cf. aussi les productions de la chaire Paysage et énergie de l'ENSP : <https://www.ecole-paysage.fr/fr/node/679>

- élargir le périmètre considéré comme sous influence de l'infrastructure, aussi bien spatialement que symboliquement, du point de vue des acteurs concernés ;
- activer des relations entre infrastructures et territoires, mais aussi au sein du territoire, entre acteurs se connaissant trop mal et créer des communautés ;
- se ressaisir de notre capacité à agir sur des objets techniques qui dépassent l'échelle du citoyen et de son cadre de vie immédiat.

Nous terminerons sur le sujet important de la communication entre recherche et opérationnel, la percolation des résultats auprès des aménageurs, en analysant de quelle manière il serait possible de renverser les perspectives pour coconstruire les connaissances par des échanges sur le terrain entre chercheurs et acteurs gestionnaires. Quels sont les obstacles et les perspectives pour cela ?

► Réduire la mise à distance, traverser les échelles

Dans sa préface à l'un des rares ouvrages consacrés aux relations entre autoroutes et paysages (Leyrit, Lassus, 2000), l'écrivain Michel Tournier évoquait une rencontre avec un chauffeur routier, cherchant à saisir « cette étrangeté du monde de l'autoroute par rapport à la campagne dans laquelle il s'inscrit ». Il en proposait une interprétation : « *Le paysage traversé par l'autoroute, parce qu'il est inaccessible, offre un spectacle d'une pureté frappante et comme élevé à un niveau d'abstraction supérieure.* » Cette esthétique de la mise à distance qu'offrent les infrastructures de transport modernes à ses passagers fait écho à la vision des modèles numériques ou des images satellites devenues si courantes et si puissantes en écologie. Mais c'est aussi un obstacle, ou plutôt un leurre, un piège, qui réduit notre capacité à penser et à travailler l'aménagement comme créateur de paysage, du point de vue non pas de l'utilisateur de la route (ou du TGV), mais de l'habitant ou du passant, homme ou animal riverain. C'est bien une remise en proximité, la prise en compte d'une esthétique plus vernaculaire que distanciée, qui est proposée par le géographe John B. Jackson, qui fait aujourd'hui l'actualité des théorisations du paysage, et que l'on retrouve aussi dans certaines intentions de la loi Paysage de 1993. Mais plus encore, juridiquement, c'est le texte de la Convention européenne du paysage de 2000 qui prend ce contre-pied en s'intéressant aux paysages du quotidien, en reconnaissant que « le paysage est partout un élément important de la qualité de vie des populations » et donc l'affaire de tous. La fascination pour la relation offerte par les usagers des transports rapides est renversée par ces considérations. Ces aménagements, certes de haute technicité, ne sont pas des artefacts isolés, placés dans un espace abstrait ou neutre : il y a bien un double mouvement de création de nouveaux paysages et de nouveaux milieux, internes (vus de l'infrastructure) et externes (vus de l'extérieur, du territoire, sur l'infrastructure). Ce jeu, entre notre capacité de plus en plus grande de mettre à distance, jusqu'à la virtualisation, notre environnement et le besoin de garder le lien au terrain, d'atterrir littéralement comme le suggère Bruno Latour (2017), est manifeste dans les paradoxes des besoins de la recherche. Les techniques numériques, satellitaires et de géolocalisation, donnent accès à des champs de connaissance immenses dont nous avons besoin pour décrire et mieux comprendre la complexité des processus d'anthropisation en lien avec la

biodiversité. La revue systématique sur les rôles de corridor ou d'habitat des dépendances d'infrastructures (chapitre 4) témoigne toutefois des progrès méthodologiques qui restent à réaliser pour avoir des protocoles de suivi de la biodiversité solides et une compréhension la plus réelle possible des interactions avec les modes de gestion.

Les problèmes d'échelles sont importants et doivent être surmontés. Ils sont à l'origine de beaucoup de décalages entre les discours et les pratiques, entre les objectifs et les procédures mises en place par l'administration de l'environnement et ce qui se passe sur le terrain. Il ne faut pas rejeter une méthode au bénéfice de l'autre. Ainsi, en France, l'objectif de mise en connexion des aires protégées (environ 30 % des surfaces terrestres du pays¹¹⁶) est reconnu par l'objectif numéro cinq de la stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020 qui fixe « la construction d'une infrastructure écologique incluant un réseau cohérent d'espaces protégés » (ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2010) : par leur maillage de l'ensemble du territoire, les infrastructures de transport comme d'énergie peuvent participer à cet effort. Le recours aux données massives et aux images satellitaires permet d'obtenir une certaine cartographie des dynamiques floristiques et faunistiques à une échelle nationale, voire européenne. Mais cela ne sera opératoire que si, en même temps, un travail fin de diagnostic écologique territorial est mis en place, déclinant cette stratégie en la croisant avec les enjeux de l'agroécologie en particulier, qui ne se pense qu'à l'échelle du système d'exploitation agricole, d'une gestion forestière en pleine transformation, qui se décline dans des plans forestiers par massifs (du fait du changement climatique en particulier), mais aussi de la gestion interne des infrastructures. Ainsi, les travaux qui partent de problématiques très liées au terrain, comme on l'a vu sur les échappatoires pour la grande faune (chapitre 9), sont plus directement applicables, parce qu'ils mettent en évidence des synergies possibles dans des actions profitables aussi bien à la sécurité du transport qu'aux espèces concernées. La construction d'une communauté de travail sur les abords des grands axes de transport de la métropole Lille-Kortrijk-Tournai, constituée de chercheurs et de gestionnaires, sur plusieurs années, participe de cette évolution vers une recherche de projet sur le terrain (chapitre 17). Le chancre qui détruit les platanes des voies navigables est un autre exemple d'une recherche à une autre échelle, dont le problème est d'abord ressenti comme local : c'est celui de l'arbre et même du champignon microscopique. Mais, il est défendu ici (chapitre 8) l'hypothèse que des solutions de compromis et surtout de long terme se trouvent en croisant les différentes échelles et en contextualisant ces alignements à l'échelle des trames vertes et d'une biodiversité pensée au niveau régional. Les solutions sont donc toujours dans un bouclage entre grande et petite échelles, ce que les paysagistes concepteurs appellent la « traversée des échelles ». L'exemple de la gestion du chancre du platane conduit aussi à un autre axe transformateur, celui de l'élargissement du « concernement » des opérateurs d'infrastructure.

116. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/19167_fiche_mobilisation_aires_protegees_def.pdf

» Élargir le périmètre considéré sous influence de l'infrastructure

La répartition des rôles entre les opérateurs gestionnaires des infrastructures et les autres gestionnaires d'espaces est strictement distribuée : les mètres de part et d'autre des routes ou des voies navigables, les espaces sous les lignes ou sous les pylônes. Or, la réalité est plus complexe, et les espèces (même humaines, dans bien des cas) ne connaissent pas les frontières de la propriété du sol ni celles des gestionnaires. Très peu d'outils, pourtant, sont susceptibles de mettre en relation ces acteurs non seulement pour induire une gestion cohérente, mais même pour pouvoir profiter de possibles effets de levier. Il apparaît donc nécessaire à la plupart des projets de recherche d'élargir le périmètre considéré sous influence de l'infrastructure, aussi bien spatialement, en considérant les abords, les espaces annexes, que symboliquement, du point de vue des acteurs concernés. Spatialement, reconnaître la naturalité des dépendances d'infrastructures conduit les chercheurs à s'intéresser à de nombreux nouveaux objets, ainsi qu'à prendre en considération les espaces d'infrastructures dans des approches écosystémiques. Certains, comme les talus et les corridors végétaux des bords de route (chapitre 4), sont étudiés depuis assez longtemps, même si de façon encore insuffisante. D'autres le sont plus récemment et élargissent encore la considération : les bassins d'eaux pluviales (Clevenot *et al.*, 2022), les passages transversaux même s'ils ne sont pas conçus par les opérateurs¹¹⁷, les tranchées forestières des lignes à haute tension, les pieds de pylônes (chapitres 16 et 7). Plus encore, les changements sont symboliques, au sens de la reconnaissance de leur valeur, écologique, sociale, comme espace public en particulier dans les situations plus urbaines ou périurbaines : c'est ce qui est montré à propos du périphérique nantais dans le chapitre 10, en lien avec l'évolution de l'occupation du sol, l'urbanisation se densifiant aux abords.

Les espaces périurbains, pour une série de raisons liée à leur histoire et à leurs dynamiques démographiques et économiques actuelles, sont des espaces de frictions et de projets : riches en infrastructures tout en ayant conservé d'importantes surfaces naturelles ou du moins pas complètement artificialisées (grands parcs urbains, forêts urbaines, espaces agricoles), ils sont aussi de plus en plus peuplés. Ainsi, plusieurs équipes de recherche attirent l'attention des porteurs de politiques environnementales sur le potentiel et les leviers d'action que représentent ces situations d'interface. Leur étude, que ce soit pour les fonctionnalités biologiques ou pour les représentations sociales, implique de déborder littéralement des seuls bas-côtés : l'analyse des connectivités écologiques exige ce jeu d'aller-retour entre le proche et la contextualisation plus large que nous avons déjà évoqué. Pour le périphérique nantais, c'est une largeur de 500 m de part et d'autre qui a été retenue pour la cartographie des milieux. Cela permet de faire apparaître, par une analyse diachronique, que certaines connectivités ont augmenté au fil du temps malgré l'arrivée de ce périphérique (en lien avec l'augmentation des boisements ou d'espaces délaissés). Les mêmes motivations et interrogations sur le potentiel des « environnements infrastructurels » à être appropriés soit par des usages (ou des non-usages, c'est-à-dire

117. Cf. thèse Cifre à la SNCF de Tess Heydorff-Decaux qui a démarré en 2022 sur ce sujet.

leur préservation pour des raisons sécuritaires), soit par des espèces faunistiques ou floristiques sont développées dans le travail au long cours de l'équipe menée par Denis Delbaere le long du réseau de grandes infrastructures irrigant la Métropole européenne de Lille. Les épaisseurs alors prises en compte sont très variables, mais elles semblent bien clairement définies non plus comme des linéaires (de bermes, de talus, de fossés), mais comme des milieux cohérents (des bosquets, des prairies, des clairières), qu'ils soient isolés ou connectés par les lignes d'infrastructures ou par les lisières urbanisées.

Mais l'intérêt de l'élargissement est désormais aussi quantifié, dans des logiques prospectives. Il en est ainsi de la recherche exploratoire pour trouver le meilleur scénario pour le stockage du carbone par un changement de modalité de gestion des abords (chapitre 15). Là, les options entre s'occuper des 16 m de part et d'autre d'une autoroute (largeur classique d'entretien par les services affectés) ou des 500 m (largeur qui implique un dialogue territorial) sont sans appel en faveur de la seconde. Bien entendu, cette seconde option implique alors d'autres acteurs de la gestion des espaces. Cet élargissement est symbolique : c'est celui d'une collaboration entre les opérateurs d'infrastructures et les gestionnaires des espaces riverains. L'intérêt est immense — la difficulté, sans doute aussi, car cet élargissement n'est pas tant utile pour les milieux déjà riches en biodiversité que pour ceux qui le sont moins, notamment les espaces d'agriculture intensive ou les espaces plus artificialisés (bords de zones d'activités en particulier, fréquentes le long des infrastructures de transport). Mais c'est précisément là que réside la marge d'amélioration la plus importante des pratiques au service de la qualité des milieux, et c'est là aussi que des interlocuteurs sont présents et organisés : les agriculteurs et les services des collectivités. La recherche prospective fait alors passer à un troisième niveau de transformation, celui des réseaux d'acteurs et de la gouvernance.

►► Activer des relations entre infrastructures et territoires

Comme évoqué en introduction, la dimension territoriale des recherches est peu à peu devenue le cœur, la spécificité du programme Ittecop. Les conseils scientifique et opérationnel partagent cette conviction que c'est une orientation stratégique pour sortir des fonctionnements en silos que connaissent les chercheurs dans leurs disciplines, mais que connaissent aussi les financeurs, les opérateurs et les administrations publiques dans leurs champs d'action. L'objet infrastructurel devient objet intermédiaire, mettant en lien les disciplines et les domaines d'action. Cette mise en relation est effective au sein du programme lui-même, dans sa gouvernance, par un pilotage sur deux pieds : un conseil scientifique pluridisciplinaire et un comité d'orientation constitué de financeurs publics (animés par le ministère de la Transition écologique). Les organismes financeurs principaux sont publics (Ademe, OFB, FRB, AFD) et privés (réunis dans le Club infrastructures linéaires et biodiversité, une dizaine de grands opérateurs d'infrastructures : RTE, EDF, SNCF, Eiffage, ASFA, VNF, etc.). Si l'indépendance du fonctionnement du conseil scientifique est garantie (dans l'évaluation des projets, leur suivi, dans la rédaction des appels à projets, etc.), l'existence d'un dialogue entre ces deux instances permet de faciliter l'accès à des

sites ou à des données pour les chercheurs, à des recommandations et, bien sûr, à des connaissances pour les opérateurs. Cela permet une écoute mutuelle et un enrichissement sur les problématiques ou les situations géographiques intéressantes.

La première partie de l'ouvrage était particulièrement dédiée à cette idée que les infrastructures participent à recomposer des territoires, à activer une mise en réseau d'acteurs, en particulier à l'occasion de politiques en faveur de la qualité de l'environnement, de la gestion de la biodiversité ou de démarches paysagères s'ouvrant aux échelles des territoires. Des dispositifs existent bien avec cette visée de trouver des leviers de développement ou des synergies pour une gestion écologique des espaces, à une échelle territoriale, qu'ils soient à l'initiative de l'administration étatique (comme pour le 1 % paysage et développement ou les plans d'accompagnement de programme des lignes à haute tension) ou des opérateurs (comme pour le LIFE Elia-RTE). La démarche du projet de paysage défendue par les paysagistes-conseils de l'État va tout à fait dans ce sens, défendant une méthode singulière, mais maintenant bien définie « au service de la transition écologique et solidaire » des territoires (Folléa, 2022). Leur mise en place souffre d'un manque de coordination, de pilotage, de moyens, et finalement démontre ce besoin de mise en dialogue d'acteurs se connaissant mal (chapitre 7).

C'est dans une situation inversée, celle de l'expression des différents points de vue autour d'un projet, que s'observe une évolution des jeux d'acteurs : le chercheur peut alors adopter une attitude plus active, de médiation, en travaillant sur des outils permettant l'expression des différentes représentations du problème (chapitre 5). L'Ademe et d'autres organismes préoccupés par la situation critique, comme Solagro, travaillent aussi sur des scénarios prospectifs¹¹⁸, dont la richesse est dans les chiffrages des « options » et dans la qualification et la quantification des futurs possibles. Mais, plus encore, ces scénarios alimentent une méthode de mobilisation, voire de formation, un support de réflexion à partager, autour desquels tous les acteurs peuvent discuter.

L'enjeu est d'autant plus important en situation d'incertitudes quant aux effets environnementaux, incertitudes démultipliées par le contexte de changement climatique. L'utilisation de scénarios prospectifs mis en discussion témoigne alors de l'évolution parallèle de la posture du chercheur et de la demande sociale et environnementale : les processus participatifs sont à la fois une méthode et un sujet de recherche. La mobilisation des méthodes d'évaluation de la demande sociale relève aussi de cet objectif de coconstruction territoriale de la prise de décision (chapitre 11) : deux équipes ont ainsi travaillé, dans des situations géographiques différentes, à évaluer la demande sociale pour la biodiversité et les services écosystémiques que pouvait apporter le tramway, avec des scénarios différents sur les choix de tracés ou les modes de gestion. Là aussi, les résultats montrent surtout l'importance de la mise en relation de l'infrastructure avec son territoire (ici, les habitants riverains ou les usagers), mais surtout ils éclairent les possibilités d'une plus grande sensibilisation des usagers des transports sur des services autres que le strict transport. Les dimensions socio-écologiques potentielles des abords d'infrastructures deviennent un enjeu partagé entre

118. Cf. Les « futurs en transition » de l'Ademe (<https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/les-scenarios/>) et les scénarios « Afterres 2050 » de Solagro.

opérateurs, gestionnaires et usagers ou riverains, la recherche venant outiller cette mise en relation.

► Se ressaisir de notre capacité à agir sur des objets techniques qui dépassent l'échelle du citoyen et de son cadre de vie immédiat

Le dernier dépassement créatif qui est évoqué dans l'ouvrage (chapitre 6) porte sur la relation à l'objet technique, qui est à la fois mis à distance et isolé du territoire où il est installé, rejoignant de fait les premiers axes de notre discussion. Mais, dans la pensée de Gilbert Simondon, ce qui est mis en évidence est l'effet lié à la « boîte noire » que constitue le fonctionnement d'une infrastructure de transport ou d'énergie, et qui de ce fait n'est plus sous notre maîtrise corporelle ou même intellectuelle individuelle. Pratiquement tous les chapitres de cet ouvrage peuvent être relus à l'aune de cette question du dépassement (ou de la réintégration !) de l'objet technique dans des sphères davantage liées au vivant, au social, à une recherche de réappropriation par des processus écologiques ou sociaux. C'est un ingénieur des Ponts-et-Chaussées qui en 2005 concluait : « *L'incidence majeure de la technique sur l'aménagement est d'imposer une expérience discontinue, appauvrie, hyposignifiante*¹¹⁹. » Il considérait que l'expérience paysagère ne pouvait être réduite à ce vécu extérieur. Elle aurait toujours aussi une composante de l'ordre de l'appel du lieu, d'une « *invitation à être habitée* » (p. 391), permettant de garder des relais avec l'action individuelle.

Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour cette réintégration. Ils sont de l'ordre de la gouvernance, des modes de gestion, ou des modes de conception et de prise de décision. Les solutions qui sont un appel à une meilleure gouvernance et au développement d'une gestion plus participative, plus ouverte aux usagers sont suggérées pour les activités portuaires alimentaires de Guadeloupe (chapitre 6), dans une logique géopolitique. Informer le processus de décision et de conception est aussi proposé par les projets de recherche qui s'appuient sur les sciences économiques : l'évaluation de la demande sociale autour des projets de tramway permet de fait d'intégrer des arguments de l'ordre de la transition socio-écologique (chapitre 11). Les méthodes de recherche qui utilisent celles de la prospective, en mettant en discussion des futurs possibles, sont aussi des façons de travailler sur le croisement entre connaissances et imaginaires, et de permettre aux populations de reprendre la main sur la conception des ouvrages (chapitre 5 pour le projet de canal Seine-Nord Europe). Enfin, ce qui se rapprocherait le plus d'une science transformative est mis en action dans le projet SALTUS qui fait travailler ensemble les chercheurs, de différentes disciplines, et les gestionnaires des espaces, dans des échanges interpersonnels et surtout concrets, au plus près du terrain et en même temps avec la transmission des savoirs et des outils disciplinaires (chapitre 17). Ces recherches permettraient, si elles étaient davantage diffusées et utilisées — problème que nous

119. Marc Desportes, 2005, p. 390.

avons réservé au dernier temps de cette conclusion —, de mieux outiller les acteurs par rapport à l'exigence de la participation.

L'autre domaine que ce sujet pourrait toucher de près et faire évoluer est celui de l'évaluation environnementale, en particulier dans le contexte de la séquence « éviter-réduire-compenser ». Elle continue à poser d'importants problèmes dans sa mise en œuvre, son atterrissage¹²⁰ par rapport aux habitats naturels comme par rapport aux territoires. C'est particulièrement le sujet de la troisième partie de cet ouvrage, où les recherches proposent un certain nombre de recommandations. Certaines concernent les rapports interacteurs, la nécessité de penser cette séquence plus en amont et plus en lien avec les acteurs du territoire, avec une assistance indépendante qui serait précisément chargée de cette mise en dialogue (chapitre 12). D'autres, mais le principe est proche, montrent le besoin de disposer d'autorités chargées de suivre et de conseiller les bureaux d'étude (chapitre 13). De ce point de vue, la recherche d'un outil d'aide à la décision partageable par les différents acteurs de l'évaluation environnementale comme de l'aménagement est très importante. Cela implique certes une certaine simplification des facteurs pris en compte, tel l'indicateur RENATU (chapitre 14) qui reste adaptable, malléable selon les contextes et selon l'évolution des connaissances. Tous ces travaux convergent aussi vers la reconnaissance de l'évaluation environnementale comme un fait avant tout politique. C'est à la communauté des acteurs de décider des degrés d'impact acceptables, dans un contexte aux multiples incertitudes. Mais pour ce faire, il est indispensable également que cette communauté puisse entrer dans des logiques de projet, de transformation conciliatrice des enjeux du vivant, et construire ainsi une stratégie partagée. Car — avec ou sans infrastructure — les habitats changent, les territoires et les paysages, aussi. Que veut-on alors ? Qu'est-ce qui nous importe ? Ces questions deviennent fondamentales et nous invitent à réinterroger ensemble nos modes et nos cadres de vie.

► Opérationnalité de la recherche : percolation, sensibilisation, coconstruction ?

L'aspect incertain assumé des travaux engagés sur le thème par Ittecop en fait, par essence, un sujet de tensions, de remous et d'oppositions, reflet de l'aspect stochastique, dynamique, polymorphe de la biodiversité, en opposition très directe avec la volonté de standardisation du monde de l'ingénierie des transports. Les écueils sur le sujet sont très importants et récurrents :

- difficulté à problématiser les besoins de recherche ;
- temporalité des recherches inadaptée ;
- systèmes d'évaluation des travaux de recherche hors champs disciplinaires homogènes, manquant de cohérence avec les ambitions ;
- faiblesse des acteurs intermédiaires entre la recherche et le monde opérationnel.

Toutefois, ce constat ne touche pas uniquement ce thème, et l'OCDE l'a démontré dans son rapport *Effective policies to foster high-risk/high-reward research* (OCDE,

120. En référence à Bruno Latour, 2017.

2021). Le système actuel montre ainsi de réels signes de faiblesse dès lors qu'il s'agit d'aborder des sujets « *out of the box* » interdisciplinaires (ou nécessitant un temps long au-delà des trois années d'une recherche classique). À ce titre, l'initiative du CoARA¹²¹ soutenue par la Direction générale de la recherche au ministère de l'Écologie français présente un fort potentiel pour participer, au moins pour partie, à résoudre les difficultés rencontrées et à développer une recherche interdisciplinaire renouvelée évaluée avec des critères différents permettant d'optimiser au mieux les ressources humaines, temporelles et financières.

Surmonter ces difficultés nécessite une action volontariste de transfert des savoirs issus de la recherche scientifique vers les acteurs opérationnels, qu'ils soient institutionnels ou industriels. Cela constitue un enjeu essentiel pour un programme dont les moyens sont mobilisés par ces acteurs. On sait les difficultés de l'exercice, et les exemples sont nombreux de « bonnes pratiques » identifiées par la recherche, mais qui peinent à percoler sur le terrain. Deux conditions essentielles ont été identifiées dans le cadre du projet européen BISON¹²² auquel les équipes et les membres du programme Ittecop ont activement contribué :

- le besoin de fédérer les acteurs pour capitaliser et, plus encore, pour développer une interrogation systématique sur les synergies possibles avec les actions de recherche menées par des acteurs dispersés, peu connectés, au niveau national, européen, international ;
- le besoin d'acteurs intermédiaires, pour un accompagnement volontariste de la recherche, qui doit être porté en dehors du cercle de la recherche ou de celui des opérateurs, car les uns comme les autres ont des objectifs et des compétences dans leurs propres champs. Ces acteurs intermédiaires, qualifiés aussi de « *knowledge brokers* » (Sutherland, 2022), sont un chaînon indispensable, celui du transfert opérationnel, et il doit être doté de moyens comme pour les recherches elles-mêmes.

Le développement de ces acteurs intermédiaires implique deux changements majeurs à engager :

- professionnaliser les acteurs intermédiaires entre chercheurs et acteurs opérationnels pour fluidifier les processus et les transferts de savoirs et savoir-faire, qu'ils soient publics ou privés ;
- optimiser les savoirs en développant les outils permettant de mieux maîtriser la masse immense de savoirs accumulés déjà disponibles et ainsi de mieux cibler ce qui doit être financé pour compléter les éventuels manques.

C'est cette double ambition que le programme Ittecop promeut, avec des recherches appliquées, scientifiquement robustes, mais sans pour autant brider l'imagination et la créativité nécessaires pour répondre aux enjeux contemporains auxquels nous sommes confrontés.

121. *Coalition for Advancing Research Assessment* – <https://coara.eu/>

122. *BISON : Biodiversity and Infrastructure, Synergies and Opportunities for European Transport Networks*, <https://bison-transport.eu/> – livrable 4.2 et agenda stratégique pour la recherche et l'innovation.

» Bibliographie

Clevenot L., Clauzel C., Turret K., Carré C., Pech P., 2022. How much can highway stormwater ponds contribute to amphibian ecological network connectivity?, *Impact Assessment and Project*, 40(6), 517-530.

Desportes M., 2005. *Paysages en mouvement*, Gallimard.

Folléa B. (dir.), 2022. *La démarche de paysage au service de la transition écologique et solidaire – perspectives pour l'État et les collectivités territoriales*, séminaire de Biscarosse, APCE, sept. 2022.

Latour B., 2017. *Où atterrir ? Comment s'orienter en politique*, La Découverte.

Leyrit C., Lassus B. (dir.), 2000. *Autoroute et paysages*, éditions du Demi-Cercle.

OECD, 2021. Effective policies to foster high-risk/high-reward research, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n° 112, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/06913b3b-en>.

Pistoni R., 2020. *Landscape planning and design for energy transition in France and the Netherlands. Principles, practices, recommendations*, thèse de doctorat, Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France.

Sutherland W. J., 2022. *Transforming conservation: A practical guide to evidence and decision making*, Cambridge, UK, Open Book Publishers, <https://doi.org/10.11647/OBP.0321>.

Thibault J.-P., 2022. *Aménager les territoires du bien-être*, collectif PAP et éditions Le Moniteur.

Annexe : tableau synthétique sur le rôle d'habitat ou de corridor des dépendances des infrastructures de transport

Tableau compilant pour les six sous-questions les cinq types d'ILT et les trois groupes biologiques, insectes-vertébrés-flore (annexe du chapitre 4)

Types d'ILT	Routes/autoroutes	Voies ferrées
Q1	Insectes :	Insectes :
Habitat/ pratiques de gestion	Effet > 0 ou $= 0$ de la restauration de la végétation (2 études)	Effet < 0 de la bétonisation des dépendances (1 étude)
	Effet < 0 ou $= 0$ de l'artificialisation des dépendances (2 études)	Vertébrés :
	Effet $= 0$ ou > 0 de la fauche ou du pâturage (5 études)	Pas d'étude
	Vertébrés :	Plantes :
	Effet < 0 ou $= 0$ de la gestion (réduction) de la végétation sur l'abondance des micromammifères (dépend de l'espèce et du contexte paysager) (3 études)	Pas d'étude
	Effet $< 0 >$ de l'éclairage sur l'activité des chauves-souris (3 études)	
	Effet $= 0$ de l'utilisation de substrat synthétique pour construire des bassins de rétention d'eau de pluie sur la richesse spécifique des amphibiens (1 étude)	
	Effet $= 0$ de la plantation d'arbres sur l'abondance et la richesse des oiseaux (1 étude)	
	Plantes :	
	Effet $< 0 >$ de la fauche, du pâturage et des feux de gestion (27 études)	
	Effet $= 0$ des actions de contrôle des invasives	

Gazoducs	Lignes électriques	Voies fluviales
<p>Pas d'étude</p> <p>Plantes :</p> <p>Effet > 0 du pâturage (après plusieurs années) et du transfert de foin sur la richesse spécifique (1 étude)</p> <p>Effet < 0 de la pause temporaire de ballast lors de la construction d'un pipeline sur la couverture végétale (1 étude)</p>	<p>Insectes :</p> <p>Pas d'étude</p> <p>Vertébrés :</p> <p>Effet < 0 > de la gestion (réduction) de la végétation sur l'abondance des micromammifères (contrasté selon l'espèce) (2 études)</p> <p>Plantes :</p> <p>Pas d'étude</p>	<p>Insectes :</p> <p>Effet variable de la restauration de la végétation selon le type de gestion :</p> <ul style="list-style-type: none"> - effet = 0 ou > 0 des plantations (2 études) - effet > 0 de l'éradication d'espèces végétales invasives sur la richesse spécifique, mais effet < 0 sur l'abondance (1 étude) - effet < 0 du pâturage (1 étude) - effet = 0 de la fauche et des herbicides (1 étude) <p>Effet < 0 > de la « chenalisation » sur l'abondance et la richesse des coléoptères (1 étude)</p> <p>Effet < 0 de l'enrochement des berges pour les coléoptères sauf pour les espèces invasives (1 étude)</p> <p>Vertébrés :</p> <p>Effet < 0 > de la gestion des niveaux d'eau (3 études)</p> <p>Effet < 0 > de la chenalisation (4 études)</p> <p>Effet < 0 > de la présence d'humains sur les berges sur la présence d'oiseaux d'eau (1 étude)</p> <p>Effet > 0 de création d'habitats sur la présence de la loutre (1 étude)</p> <p>Plantes :</p> <p>Effet < 0 ou = 0 des fluctuations artificielles du niveau d'eau dans la zone riparienne (22 études)</p> <p>Effet < 0 ou = 0 de la chenalisation des rivières (5 études)</p> <p>Effet principalement > 0 ou = 0 des mesures de restauration de voies navigables (10 études)</p> <p>Effet généralement > 0 ou = 0 des techniques de stabilisation des berges mixtes ou entièrement à partir de matériaux naturels en comparaison aux techniques de génie civil classique (ex. : ripraps) (10)</p> <p>Effet < 0 > de la fauche, du pâturage et des feux de gestion (13 études)</p>

Types d'ILT	Routes/autoroutes	Voies ferrées
Q2 Habitat dépendance vs extérieur	<p>Insectes : Effet = 0 ou > 0 sur la richesse et l'abondance, selon les études et les espèces (28 études). Effet plutôt > 0 en particulier pour les insectes pollinisateurs, les parasites et les invasifs</p> <p>Vertébrés : Effet = 0 ou > 0 pour les petits mammifères (10 études) Effet > 0 présence raton laveur (1 étude) Effet = 0 présence wallaby (1 étude) Effet < 0 > pour les oiseaux (14 études) et les chauves-souris (6 études) Effet < 0 > sur prédateurs de nids/de graines (groupe inconnu) (2 études)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>	<p>Insectes : Effet = 0 sur papillons (1 étude) et effet < 0 > sur papillons, abeilles et syrphes selon les espèces (1 étude)</p> <p>Vertébrés : Effet = 0 sur l'abondance des petits mammifères (3 études) Effet = 0 ou < 0 sur l'activité des chauves-souris (1 étude)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>
Q4 Corridor dans dépendance vs extérieur	<p>Insectes : Effet > 0 sur papillon de nuit (1 étude) et effet < 0 sur carabe (1 étude)</p> <p>Vertébrés : Effet = 0 ou > 0 sur les déplacements des mammifères (5 études)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>	<p>Insectes : Pas d'étude</p> <p>Vertébrés : Effet = 0 sur les déplacements du renard (1 étude) et du mulot sylvestre (1 étude)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>
Q5 Habitat/Paysage	<p>Insectes : Effet > 0 de la naturalité du paysage sur les odonates (1 étude) Effet = 0 du paysage sur les papillons (1 étude)</p> <p>Vertébrés : Effet < 0 de l'urbanisation sur les amphibiens (1 étude) Effet < 0 > du type de paysage sur l'abondance de petits mammifères ou d'oiseaux (effet +,-, 0 selon les espèces et les paysages)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>	<p>Insectes : Effet < 0 de l'urbanisation et effet < 0 > du boisement (2 études)</p> <p>Vertébrés : Pas d'étude</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>
Q3 et Q6 Corridor/gestion et/paysage	<p>Pas d'étude</p> <p>Plantes : – Q3 : effet < 0 de la présence à proximité des berges d'un lac de barrage et effet = 0 de la présence d'un segment de rivière chenalisé (voies navigables – 1 étude) – Q6 : effet < 0 d'un gradient d'urbanisation sur la dispersion de graines (voies navigables – 1 étude) Effet = 0 à < 0 de la présence d'arbustes dans l'environnement direct du bord de route sur la capacité de dispersion de l'invasive <i>Impedrata cylindrica</i></p>	

Effets : < 0 négatifs ; = 0 neutres ; > 0 positifs ; < 0 > contradictoires

Les références des études sont disponibles en accès libre dans le fichier additionnel n° 6 de Villemey et al. (2016) pour les insectes et dans le fichier additionnel n° 8 de Ouédraogo et al. (2020) pour les vertébrés.

Gazoducs	Lignes électriques	Voies fluviales
<p>Insectes : Effet < 0 > selon les espèces sur l'abondance et effet > 0 sur la richesse de certaines espèces (1 étude, carabes)</p> <p>Vertébrés : Pas d'étude</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>	<p>Insectes : Effet = 0 ou > 0 selon les espèces (4 études)</p> <p>Vertébrés : Effet < 0 > pour les oiseaux (5 études) et les petits mammifères (2 études) (un effet ± est observé selon les espèces étudiées, l'effet serait surtout constaté pour les espèces forestières)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>	<p>Insectes : Effet > 0 ou = 0 sur la richesse spécifique selon les espèces (papillons, termites) et le milieu comparé à la berge (prairies ou boisements) (3 études)</p> <p>Effet < 0 sur l'abondance des papillons (1 étude) et des termites (1 étude) et effet > 0 sur l'abondance des coléoptères (1 étude). Effet = 0 selon une autre étude</p> <p>Vertébrés : Effet = 0 ou > 0 pour les chauves-souris (8 études), les oiseaux (3 études), et les reptiles (caméléons, 1 étude)</p> <p>Effet < 0 > selon les années sur la richesse des amphibiens (1 étude)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>
		<p>Insectes : Pas d'étude</p> <p>Vertébrés : Effet = 0 sur les déplacements des petits mammifères (2 études)</p> <p>Plantes : Effet > 0 sur la dispersion des graines et = 0 sur les échanges de gènes (4 études)</p>
	<p>Insectes : Effet = 0 du paysage agricole sur l'abondance des abeilles (1 étude)</p> <p>Vertébrés : Effet < 0 de l'agriculture et de l'urbanisation sur la richesse des oiseaux (1 étude) et effet < 0 ou = 0 sur leur abondance (dépend de l'espèce) (1 étude)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>	<p>Insectes : Effet < 0 > des cultures et du pâturage selon les espèces (2 études ; papillons, fourmis, syrphes)</p> <p>Effet > 0 du boisement (1 étude)</p> <p>Effet < 0 > de l'urbanisation (2 études ; papillons, syrphes)</p> <p>Vertébrés : Effet < 0 ou = 0 de l'urbanisation et effet = 0 ou > 0 du boisement (3 études, chauves-souris)</p> <p>Plantes : Pas d'étude</p>

Liste des auteurs

Albert Cécile, écologue, directrice de recherche, CNRS, Aix-Marseille Université, Avignon Université, IRD, Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie, cecile.albert@imbe.fr

Anougmar Soukaina, chercheur postdoctoral en économie de l'environnement, université d'Anvers, Prinstraat 13, 2000 Antwerpen, Belgique, Soukaina.Anougmar@uantwerpen.be

Autret Yannick, expert transport, énergie et environnement, commissariat général au Développement durable, ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, yannick.autret@developpement-durable.gouv.fr

Azambourg Vital, écologue, chargée de mission revue systématique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, azambourg.vital@ecomail.fr

Bailly Émeline, urbaniste, chercheuse, Centre scientifique et technique du bâtiment, emeline.bailly@cstb.fr

Barral Stéphanie, sociologue de l'économie, chargée de recherches à INRAE, stephanie.barral@inrae.fr

Bas Yves, écologue, chargé de recherche au Centre d'écologie et des sciences de la conservation au Muséum national d'histoire naturelle, yves.bas@mnhn.fr

Bayramoglu Basak, économiste, directrice de recherche INRAE, INRAE PSAE, basak.bayramoglu@inrae.fr

Beaujouan Véronique, géomatique, maître de conférences, UMR BAGAP, Institut Agro Rennes-Angers, veronique.beaujouan@institut-agro.fr

Belin Marie, sociologue de l'alimentation, stagiaire, laboratoire d'Éco-Anthropologie, CNRS-MNHN, marie.belin@ednh.fr

Bertheau Yves, écologue, directeur de recherche honoraire, INRAE, yves.bertheau@yahoo.com

Bigard Charlotte, gestion de l'environnement, cheffe de projet recherche/connaissance, l'Agence bretonne de la biodiversité, charlotte.bigard@biodiversite.bzh

Bonin Sophie, agrogéographe, présidente du conseil scientifique du programme national de recherche Ittecop, maître de conférences, LAREP, École nationale supérieure de paysage de Versailles, s.bonin@ecole-paysage.fr

Bord Séverine, ingénieure d'étude INRAE, LISIS (CNRS/INRAE/UGE), severine.bord@inrae.fr

Bouleau Gabrielle, ICPEF, politiste au LISIS, INRAE, université Gustave Eiffel, gabrielle.bouleau@inrae.fr

Buton Caryl, ingénieur écologue, consultant expert indépendant, Cabinet X-AEQUO, x-aequo@orange.fr

Calvet Coralie, économiste écologique, maître de conférences AgroParisTech, Montpellier Research in Management (MRM), université de Montpellier, université Paul-Valéry-Montpellier-III, université Perpignan Via Domitia, coralie.calvet@agroparistech.fr

Cantuarias-Villessuzanne Carmen, économiste, enseignante-chercheuse de l'École supérieure de professions immobilières (ESPI), laboratoire ESPI2R, ESPI Paris, PSAE (Paris-Saclay Applied Economics) et BSE, université de Bordeaux, c.cantuarias@groupe-espi.fr

Carré Catherine, géographe, professeure émérite université Paris-I Panthéon-Sorbonne, Laboratoire Ladyss, catherine.carre@univ-paris1.fr

Cohendy Julie, étudiante, AgroParisTech, julia.cohendy@agroparistech.fr

Coulon Aurélie, écologue spatiale, maître de conférences, Muséum national d'histoire naturelle, Centre d'écologie et des sciences de la conservation (CESCO) et Cefe (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive), aurelie.coulon@mnhn.fr

Daniel Hervé, écologue, maître de conférences, UMR BAGAP, Institut Agro Rennes-Angers, herve.daniel@institut-agro.fr

David Maia, économiste de l'environnement, professeur AgroParisTech, université Paris-Saclay, AgroParisTech, INRAE, PSAE, maia.david@agroparistech.fr

Delbare Denis, paysagiste, chercheur de paysages, professeur « Ville et Territoires », ENSAP Lille, denisdelbaere59@gmail.com

Deniaud Nadine, bibliothèque centrale, Muséum national d'histoire naturelle, retraitée

Dhainaut Jean-Christophe, responsable du service de l'Arbre en Ville, mairie de Toulouse, JEAN-CHRISTOPHE.DHAINAUT@mairie-toulouse.fr

Diloreto Cécile, géographe, chercheuse contractuelle, laboratoire d'Éco-Anthropologie, CNRS-MNHN, ceciliadiloreto@gmail.com

Dugua Benoît, maître de conférences en urbanisme et aménagement de l'espace, Habiter EA 2076, université de Reims Champagne-Ardenne, benoit.dugua@univ-reims.fr

Enderli Géraldine, ingénieure d'études en production, traitement, analyse de données et enquêtes INRAE, UMR LISIS (CNRS/INRAE/UGE), geraldine.enderli@inrae.fr

Étrillard Claire, juriste, ingénieure, UMR SMART, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, claire.etrillard@inrae.fr

Fack Vincianne, écologue, chargée de mission revue systématique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, vinciane.fack@gmail.com

Filoche Sébastien, botanique, directeur scientifique, Conservatoire botanique national du Bassin parisien/MNHN, sebastien.filoche@mnhn.fr

Flamerie de Lachapelle Frédérique, information scientifique et technique, chargée de mission documentaire en santé publique, université de Bordeaux – direction de la Documentation, frederique.flamerie-de-lachapelle@u-bordeaux.fr

Foulquier Éric, géographe, maître de conférences, LETG, université de Bretagne occidentale, eric.foulquier@univ-brest.fr

François Denis, chercheur en sciences et techniques de l'environnement, directeur de recherche, université Gustave Eiffel, denis.francois@univ-eiffel.fr

Guillet Fanny, sociologue, chargée de recherche au CNRS, Centre d'écologie et des sciences de la conservation au Muséum national d'histoire naturelle, fanny.guillet@mnhn.fr

Guimont Clémence, politiste, maîtresse de conférences, CESSP (UMR 8209), université Paris-I Panthéon-Sorbonne, clemence.guimont@univ-paris1.fr

Guinard Éric, écologue, chef de projet chargé de recherche milieux naturels, Cerema, direction territoriale Sud-Ouest, Éric.Guinard@cerema.fr

Hautière Nicolas, ICPEF, directeur, département COSYS, université Gustave Eiffel, nicolas.hautiere@univ-eiffel.fr

Hay Julien, économiste, maître de conférences, université de Bretagne occidentale, UMR 6308 AMURE, julien.hay@univ-brest.fr

Hendoux Frédéric, botaniste, directeur, Conservatoire botanique national du Bassin parisien/MNHN, frederic.hendoux@mnhn.fr

Hulard Marine, écologue, chargée de mission revue systématique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, marine.hulard@sfr.fr

Jactel Hervé, écologue, directeur de recherche, INRAE, université de Bordeaux, UMR BIOGECO, herve.jactel@inrae.fr

Jeusset Arzhvaël, écologue, chef de projet conservation des espèces, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, arzhvael.jeusset@mnhn.fr

Kaldonski Nicolas, écologue, maître de conférences, UMR CNRS 7263, Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie, Marseille, nicolas.kaldonski@imbe.fr

Labarraque Dorothee, ingénieure environnementale, directrice technique et innovation pour le service Line Environnement – groupe Egis, dorothee.labarraque@egis-group.com

Lacoste François, architecte, sciences et techniques pour l'architecture, École nationale supérieure d'architecture et de paysage de Lille

Le Mitouard Éric, écologue, chef de projet « Biodiversité-Nature en ville », Cerema, direction territoriale Ouest, eric.le-mitouard@cerema.fr

Legros Evy, Peace and Conflict Studies, stagiaire, laboratoire d'Éco-Anthropologie, CNRS-MNHN, ev.legros971@gmail.com

Lemoine Guillaume, chargé de développement foncier et référent biodiversité, EPF, g.lemoine@epf-npdc.fr

Lemperiere Guy, écologue, ancien directeur de recherche IRD, chercheur associé au LAREP, guy.lempriere@gmail.com

Lopez Pascal-Jean, biologiste, directeur de recherche, laboratoire BOREA et directeur de l'Observatoire hommes-milieux littoral caraïbe, LabEx DRIIHM, pascal-jean.lopez@mnhn.fr

Louvel Brice, ingénieur de recherche, géo-environnement, Junia_ingénieurs, brice.louvel@junia.com

Marage Damien, géographe et écologue, professeur des universités, ThéMA, université de Franche-Comté, damien.marage@univ-fcomte.fr

Marchand Dorothée, psychologue de l'environnement, chercheuse, Centre scientifique et technique du bâtiment dorothee.marchand@cstb.fr

Marchant Xavier, responsable de centre de formation, UFA Bavay, ufa.bavay@gmail.com

Martin Sofyan, agro-socio-économiste, président de Soil.is*, EGIS*, membre du conseil scientifique de l'ISTOM, sofyan.martin@gmail.com

Mell Hugo, écologue, chargée de mission revue systématique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, hugo.mell1948@gmail.com

Moquay Patrick, politiste, professeur au LAREP, École nationale supérieure de paysage de Versailles, p.moquay@ecole-paysage.fr

Nowicki François, biodiversité et infrastructures, responsable d'études, Cerema, Francois.Nowicki@cerema.fr

Ouédraogo Dakis-Yaoba, écologue, chargée de mission scientifique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, dakis-yaoba.ouedraogo@mnhn.fr

Pagès Florine, agrodéveloppement international, stagiaire, laboratoire d'Éco-Anthropologie, CNRS-MNHN, f.pages@istom.fr

Patuano Agnès, ingénieure paysagiste, professeure adjointe, université de Wageningen (Pays-Bas), agnes.patuano@wur.nl

Pech Pierre, géographe, professeur d'université émérite, université Paris_I Panthéon-Sorbonne et UMR CNRS LADYSS 7533, pierre.pech@univ-paris1.fr

Pelta Zoé, élève ingénieure du Corps des Ponts, Eaux et Forêts, zoe.pelta@polytechnique.edu

Percevault Louise, écologue, chargée de projet gestion et analyse de données, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, percevaultlouise23@gmail.com

Petit-Berghem Yves, géographe, professeur à l'École nationale supérieure de paysage, LAREP, y.petitberghem@ecole-paysage.fr

Petitimbert Rémy, politiste, post-doctorant, CERAPS (UMR 8026), université de Lille, r.petitimbert@gmail.com

Pistoni Roberta, ATER, LATTs, université Gustave Eiffel, CNRS, École des Ponts, Marne-la-Vallée, roberta.pistoni@enpc.fr

Raimbault Zoé, étudiante, AgroParisTech, Zoe.raimbault@agroparistech.fr

Rapinski Michael, ethno-biologiste, chercheur contractuel, laboratoire d'Éco-Anthropologie, CNRS-MNHN, michael.rapinski@mnhn.fr

Rael Vanessa, écologue, responsable d'étude environnement aménagement, Cerema, direction Sud-Ouest, vanessa.rauel@cerema.fr

Raymond Richard, géo-anthropologue, laboratoire d'Éco-Anthropologie, CNRS-MNHN, richard.raymond@mnhn.fr

Reyjol Yorick, écologue, chef d'équipe, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, yorick.reyjol@mnhn.fr

Ritan-Olivry Carine, interdépendance écologique et processus : experte, consultante senior, AppeldaiR, carineritan@appeldair-consultants.fr

Robinet Nicolas, géomaticien, ingénieur d'études, UMR CNRS PACTE, nicolas.robinet@univ-grenoble-alpes.fr

Rossi Lorenzo Matteo Walter, soil scientist, researcher, university of Milan, Department of Agricultural and Environmental Sciences (DISAA), lorenzo.rossi@unimi.it

Roussel Sébastien, économiste, professeur des universités, CEE-M & EPSYLON, université Paul-Valéry-Montpellier-III, sebastien.roussel@univ-montp3.fr

Roy Véronique, bibliothèque centrale, ingénieure d'étude, Museum national d'histoire naturelle, veronique.roy@mnhn.fr

Saint-Andrieux Christine, ingénieur écologue, cheffe de service adjointe « Anthropisation et fonctionnement des écosystèmes terrestres », direction de la Recherche et de l'Appui scientifique, OFB, christine.saint-andrieux@ofb.gouv.fr

Sordello Romain, écologue, coordinateur de cellule « Revues systématiques », PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, romain.sordello@mnhn.fr

Tardieu Léa, économiste de l'environnement, chargée de recherche INRAE, TETIS et CIRED, lea.tardieu@inrae.fr

Tatoni Thierry, écologue, professeur, Aix-Marseille Université, UMR IMBE, Faculté de Saint-Jérôme, thierry.tatoni@imbe.fr

Touroult Julien, écologue, directeur, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, julien.touroult@mnhn.fr

Tuffery Laetitia, économiste, enseignante-chercheuse de l'École supérieure de professions immobilières (ESPI, Lyon), laboratoire ESPI2R, PSAE (Paris-Saclay Applied Economics), l.tuffery@groupe-espi.fr

Vaissière Anne-Charlotte, économiste écologique, chargée de recherche CNRS, laboratoire Écologie, Systématique et Évolution (UMR 8079 ESE, CNRS, AgroParisTech, Université Paris-Saclay), anne-charlotte.vaissiere@universite-paris-saclay.fr

Vanpeene Sylvie, ingénieure chercheuse, écologue du paysage, INRAE, Aix-Marseille Université, UMR RECOVER, sylvie.vanpeene@inrae.fr

Vargac Marianne, écologue, chargée de mission revue systématique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, m_vargac@yahoo.fr

Villemey Anne, écologue, chargée de mission revue systématique, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, anne.vilemey@gmail.com

Witté Isabelle, analyse et valorisation de données biodiversité, cheffe de projet, PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, isabelle.witte@mnhn.fr


Liste des sigles

Acronyme	Titre
ACM	Analyses en correspondances multiples
Ademe	Agence de la transition écologique
AE	Autorité environnementale
ANR	Agence nationale de la recherche
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AREC	Association de recherche et d'études sur la Caraïbe
ASFA	Association des sociétés françaises d'autoroutes
BISON	<i>Biodiversity and Infrastructure, Synergies and Opportunities for European Transport Network</i>
CBNBP	Conservatoire botanique national du Bassin parisien
CDPNAF	Commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers
CEDR	<i>Conference of European Directors of Roads</i>
CEE	<i>Collaboration for Environmental Evidence</i>
Cerema	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CGDD	Commissariat général au Développement durable
CILB	Club infrastructures linéaires et biodiversité
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
Cnes	Centre national d'études spatiales
CNPN	Conseil national de protection de la nature
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CoARA	<i>Coalition for Advancing Research Assessment</i>
CODERSET	Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques
COMPILSA	Compensation et infrastructures linéaires : stratégies et scénarios pour l'action
COST	Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique
CRERCO	Communauté régionale éviter-réduire-compenser Occitanie
DAAF	Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DCE	Expérience de choix discret
DDE	Direction départementale de l'Équipement
DDT	Direction départementale des Territoires
DEAL	Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement
EEE	Espèces exotiques envahissantes
ENPC	École nationale des ponts et chaussées
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
ERC	Séquence « éviter-réduire-compenser »
EUNIS	<i>European Nature Information System</i>
EVP	Équivalents vingt pieds
FAO	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
FRB	Fondation pour la recherche sur la biodiversité
GASBI	Groupe d'échanges entre aménageurs et scientifiques autour de la biodiversité et des infrastructures

IENE	<i>Infrastructure and Ecology Network Europe</i>
ILT	Infrastructures linéaires de transport
Inra	Institut national de la recherche agronomique
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (anciennement, Inra)
INRETS	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
INTERREG	Coopération territoriale européenne
IPBES	Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques
IPCC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IRD	Institut de recherche pour le développement
IRSTEA	Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
Ittecop	Infrastructures de transports, territoires, écosystèmes et paysages
IUCN	Union internationale pour la conservation de la nature
IUIT	Infrastructures urbaines, industrielles et de transport
LHT	Ligne à haute tension
LOM	Loi d'orientation des mobilités
LTECV	Loi de transition énergétique pour la croissance verte
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle
MTEs	Ministère de la Transition écologique et solidaire
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OFB	Office français de la biodiversité
ONF	Office national des forêts
PAP	Plan d'accompagnement de projet
PAT	Projets alimentaires territoriaux
PCAET	Plan climat-air-énergie territorial
PIARC	Association mondiale de la route
PLU	Plan local d'urbanisme
PNR	Parcs naturels régionaux
PREDIT	Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres
PSE	Paielement pour services environnementaux
RTE	Réseau de transport d'électricité
SCOT	Schéma de cohérence territoriale
Sétra	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
SNBC	Stratégie nationale bas-carbone
SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
SRCE	Schéma régional de cohérence écologique
TRANSFER	Analyse de la transparence écologique des infrastructures ferroviaires
UIC	Union internationale des chemins de fer
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
VNF	Voies navigables de France
WWF	Fonds mondial pour la nature
ZAC	Zone d'aménagement concerté
ZAD	Zone à défendre

Édition : Sophie De Decker

Coordination éditoriale : Jérémie Salinger

Infographies et mise en pages :  EliLoCom

Dépôt légal : janvier 2024

Achévé d'imprimé en janvier 2024

par Isiprint
139, rue Rateau
93120 La Courneuve

Numéro d'impression :

Imprimé en France

Les infrastructures, de transport ou d'énergie — routes, autoroutes, voies ferrées ou navigables, lignes haute tension — ont été des marqueurs techniques, économiques et politiques majeurs du progrès. Mais les bouleversements du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité, auxquels elles ont contribué, amènent à renverser les perspectives. Ces lignes majeures permettent, en effet, d'isoler ou de connecter des milieux, de générer de nouveaux rapports aux espaces, de créer des paysages. Elles portent en elles des possibilités de transformation de nos modes de vie, de coopération entre acteurs, d'une relation plus positive entre les êtres vivants et les constructions humaines, avec en toile de fond l'enjeu de la décarbonation. En mobilisant des recherches actives et créatives, le programme de recherche Ittecop (infrastructures terrestres de transport, territoires, écosystèmes et paysages) associe acteurs publics et privés en vue d'améliorer leurs actions et leurs connaissances sur ces sujets.

Destiné aux gestionnaires ou aménageurs des infrastructures, aux experts des administrations et bureaux d'étude, ainsi qu'aux étudiants et chercheurs, cet ouvrage examine comment les infrastructures contribuent à mobiliser les territoires autour d'enjeux environnementaux et étudie la possibilité d'une hybridation des savoirs et des pratiques entre sciences écologiques et sociales. Il se penche sur les outils politiques et leur critique, sur les procédures d'évaluation environnementale des projets, et sur la doctrine « éviter-réduire-compenser ». Enfin, les recherches sur les infrastructures sont envisagées comme participant au renouvellement de la gestion et de la conception de ces grands aménagements.

Sophie Bonin est ingénieure agronome et enseignante-chercheuse en géographie à l'École nationale supérieure de paysage de Versailles. Ses travaux portent sur la compréhension des relations entre les paysages vécus, quotidiens, et les pratiques d'usage ou d'aménagement des espaces, entre matérialité et représentations sociales.

En couverture : *Métamorphose d'une autoroute créatrice d'énergie pour la vallée de Charleville-Mézières*, production graphique d'un étudiant paysagiste concepteur, lors du *workshop* du projet Ittecop « Lignes créatives », en mai 2020 © Antoine Angot/École nationale supérieure de paysage de Versailles.

Avec la participation de



29 €

ISBN : 978-2-7592-3812-5

éditions
Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com



ISSN : 1777-4624
Réf. Quæ: 02923
Réf. ADEME : 012318