



HAL
open science

Quels sont les effets des dynamiques urbaines sur les dynamiques écologiques ? Intégrer les enjeux de la séquence ERC dans la planification territoriale par la modélisation ; application à la région Occitanie

Calvet Coralie, Vincent Delbar, Paul Chapron, Mickaël Brasebin, Julien Perret, Sylvain Moulherat

► To cite this version:

Calvet Coralie, Vincent Delbar, Paul Chapron, Mickaël Brasebin, Julien Perret, et al.. Quels sont les effets des dynamiques urbaines sur les dynamiques écologiques ? Intégrer les enjeux de la séquence ERC dans la planification territoriale par la modélisation ; application à la région Occitanie. Sciences Eaux & Territoires, 2020, 31, pp.24-31. 10.14758/SET-REVUE.2020.1.06 . hal-02129737

HAL Id: hal-02129737

<https://hal.science/hal-02129737>

Submitted on 30 Jun 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

La biodiversité à l'épreuve des choix d'aménagement : une approche par la modélisation appliquée à la Région Occitanie

Le manque de vision et de coordination territoriales est souvent mis en cause pour expliquer les difficultés pratiques auxquelles se heurte l'application de la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC) en France. C'est dans ce contexte et en accompagnement des acteurs territoriaux et des élus locaux de la région Occitanie, qu'une équipe de recherche interdisciplinaire, mêlant économie, géographie et écologie, a élaboré une méthodologie et des outils afin de mieux anticiper et planifier l'application de la séquence ERC à l'échelle régionale.



L'expansion urbaine est l'une des principales causes d'érosion de la biodiversité, principalement dans les pays développés où la planification urbaine est faible ou quasi-inexistante (Huang, 2018). Le manque de vision territoriale et stratégique de l'aménagement du territoire empêche

de prendre en compte efficacement les enjeux de conservation de la biodiversité. C'est particulièrement le cas dans les territoires soumis à de fortes pressions démographiques et des conflits d'usages pour lesquels les enjeux en termes d'organisation spatiale deviennent centraux.

En France, les récents renforcements réglementaires concernant d'une part, la réorganisation territoriale (*loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République*), et d'autre part, la prise en compte des impacts environnementaux (*décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements et loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages*) amènent les collectivités territoriales à anticiper et planifier l'organisation de leur territoire, notamment au

travers de la mise en place des documents de planification. À l'échelle régionale, les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) permettent aux décideurs publics de mettre en cohérence les différentes politiques sectorielles présentes sur leurs territoires. Ainsi, ces documents doivent permettre d'évaluer les futurs besoins en termes d'aménagement, puis d'anticiper leurs impacts environnementaux, pour ensuite mieux appliquer la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC) le cas échéant.

Suite à ces réformes, de multiples initiatives locales portées par des acteurs divers ont émergé en ce sens en France (Ollivier *et al.*, pages 50-55 dans ce même numéro). Dans ce contexte, la région Occitanie a souhaité se doter d'une stratégie régionale pour l'application de la séquence ERC dans le cadre de l'élaboration de son SRADDET « Occitanie 2040 » voté à l'automne 2019¹. Les questions relatives à la planification urbaine constituent un enjeu particulièrement important sur le territoire régional car il est prévu l'accueil de plus d'un million d'habitants d'ici à 2040 qui vont générer l'artificialisation de plus de quarante mille hectares d'espaces supplémentaires d'après les récentes estimations.²

1. <https://www.laregion.fr/La-Strategie-regionale-pour-la-Biodiversite-en-Occitanie-tous> ; https://www.laregion.fr/IMG/pdf/seminaire_13_fevrier_pleniere.pdf

2. Agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire métropolitaine, 2018, Atlas de la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers en Occitanie, rapport de l'AUAT, 7 p.

L'impact de l'artificialisation des sols sur la biodiversité (perte et fragmentation des habitats principalement) confère à la problématique de l'aménagement du territoire une dimension d'autant plus forte dans cette région où les enjeux de conservation de la biodiversité sont déjà très sensibles.

La mise en place concrète de ces initiatives locales se heurte en pratique à un manque d'outils qui reposent à la fois sur des bases scientifiques solides, et qui sont également directement mobilisables par les acteurs du territoire, notamment les décideurs publics.

Dans ce contexte, en accompagnement des collectivités territoriales et des élus régionaux, nous avons élaboré une méthodologie et des outils dans le cadre d'un projet de recherche interdisciplinaire mêlant économie, géographie et écologie, visant à mieux anticiper et planifier l'application de la séquence ERC à l'échelle régionale. Ce travail de recherche a principalement reposé sur une démarche en trois temps :

- la modélisation des processus de changement d'occupation des sols, notamment les dynamiques urbaines,
- l'évaluation de leurs impacts sur la biodiversité selon différents scénarios de consommation de l'espace,
- l'identification des conséquences sur fonctionnement des dynamiques écologiques.

L'originalité de ce travail réside dans la proposition d'une démarche itérative qui couple à la fois deux modèles de simulation, urbaine et écologique, et une analyse selon différents scénarios d'aménagement à l'horizon 2040.

La méthode : modélisation des dynamiques urbaines selon différents scénarios d'aménagement

Les questions relatives à la simulation de l'expansion urbaine, et plus généralement des changements d'occupation des sols, sont largement discutées dans la littérature scientifique car elles sont à la fois des causes et des conséquences de nombreux phénomènes sociaux, environnementaux, politiques et économiques. Ainsi, il n'existe pas un modèle de simulation générique de l'étalement urbain, mais de nombreux, développés en fonction des objectifs de recherche visés et des problématiques associées.

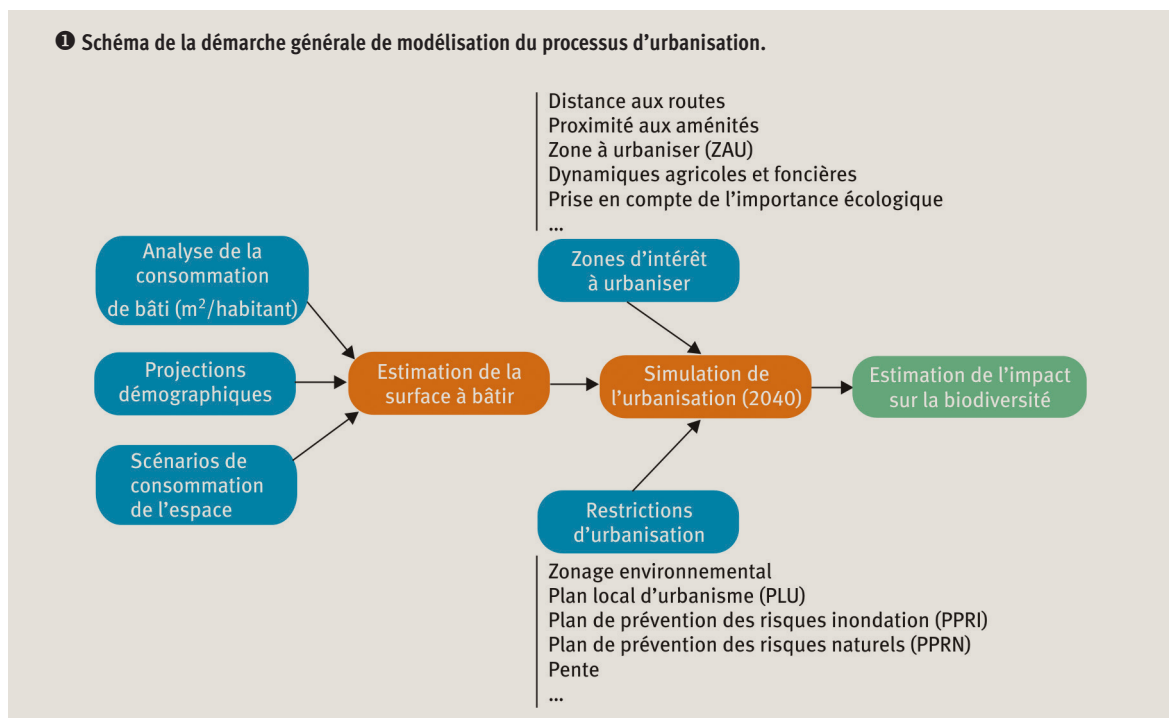
Nous avons donc choisi de construire un modèle de simulation de l'urbanisation *ad hoc* afin d'être au plus proche des enjeux liés à cette étude. Nous l'avons nommée SimUrba. La revue de la littérature scientifique nous a toutefois orientés vers certaines approches de modélisation pertinentes au regard de notre problématique qui sont les modèles de type « Land Use Changes » (LUC) bien adaptés à ce type de démarche (Tannier *et al.*, 2010³ ; Ruas *et al.*, 2011⁴ ; Vimal *et al.*, 2012⁵).

Construction du modèle de simulation de l'urbanisation « SimUrba »

La modélisation des dynamiques urbaines repose sur différentes composantes qui ont nécessité de construire une démarche en plusieurs étapes (figure 1).

Nous cherchons à estimer la probabilité qu'une cellule⁶ (ou unité spatiale) soit urbanisée d'ici à 2040. Le principe de notre approche consiste à modéliser le processus

1 Schéma de la démarche générale de modélisation du processus d'urbanisation.



3. TANNIER, C., VUIDEL, G., FRANKHAUSER, P., HOUOT, H., 2010, Simulation fractale d'urbanisation – MUP-city, un modèle multi-échelle pour localiser de nouvelles implantations résidentielles, *Revue internationale de géomatique*, vol. 20, n° 3, p. 303-329.

4. RUAS, A., PERRET, J., CURIE, F., MAS, A., PUISSANT, A., SKUPINSKI, G., BADARIOTI, D., WEBER, C., 2011, Conception of a GIS platform to study and simulate urban densification based on the analysis of topographic data, *Advances in Cartography and GIScience*, vol.1, Paris (France), p. 413-430.

5. VIMAL, R., GENIAUX, G., PLUVINET, P., NAPOLEONE, C., LEPART, J., 2012, Detecting threatened biodiversity by urbanization at regional and local scales using an urban sprawl simulation approach: Application on the French Mediterranean region, *Landsc. Urban Plan.*, vol. 104, n° 3-4, p. 343-355.

6. L'espace est discrétisé en une grille régulière de cellule dont la taille peut varier dans le modèle (20 m, 30 m et 50 m) selon la précision spatiale désirée.

► d'urbanisation à partir de l'estimation de futurs besoins en termes de surfaces à bâtir.

Pour cela, nous évaluons premièrement une **tendance à la consommation d'espace** en calculant les besoins passés de la population en termes de surfaces bâties par habitant (comprenant les logements, les zones commerciales et industrielles et les routes et parking). La période temporelle choisie va dépendre des données disponibles sur la zone choisie et des scénarios d'aménagement testés.

Ensuite, afin d'estimer les besoins futurs, nous croisons cette tendance à la consommation aux données de **projections démographiques** calculées sur la zone en question pour 2040.

Enfin, nous contraignons le choix des futures cellules à urbaniser selon différents **paramètres de restrictions ou d'intérêts**. Par exemple, nous estimons l'intérêt de chaque cellule à être urbanisée selon différents indicateurs de localisation (dans les zones « à urbaniser (AU) » des plans locaux d'urbanisme, à proximité d'aménités et de services type routes, commerces, écoles et parcs). Nous identifions également des zones de restrictions ou d'interdictions à la construction (par exemple : les zonages environnementaux réglementaires et restrictifs, les sites où se trouvent déjà des mesures compensatoires, les zones inondables et à risques naturels et technologiques, les zones avec une pente trop forte > 30 %, etc.). Enfin, avec l'objectif d'intégrer dans le modèle une stratégie d'évitement ou de réduction des impacts environnementaux et sur l'agriculture, nous avons également développé deux indicateurs : un relatif à l'importance écologique des cellules, et un qui rend compte de l'intérêt agricole et de la pression foncière. Ce dernier est estimé à partir de données apportées par la Société d'aménagement foncier et d'établissement rural. En fonction des besoins estimés des nouveaux espaces à bâtir, les cellules qui ont les notes les plus fortes dans ces deux indicateurs seront choisies en dernier.

Élaboration des scénarios d'aménagement du territoire

Une fois le modèle construit, des scénarios de consommation de l'espace, ou scénarios d'aménagement, ont ensuite été élaborés en collaboration avec les collectivités territoriales et les élus régionaux afin d'évaluer les impacts des tendances actuelles de consommation de l'espace, et ainsi de réfléchir à des voies possibles de limitation de l'expansion urbaine à 2040.

Trois scénarios ont été retenus :

- un « scénario tendanciel » dans lequel nous conservons jusqu'à 2040 la même tendance de consommation de surfaces bâties par habitant que celle calculée dans le passé (sur la base d'une analyse diachronique de 2009 à 2014) ;
- un « scénario stable » pour lequel nous fixons jusqu'à 2040 une valeur de consommation de surfaces bâties par habitant calculée sur une année donnée (afin de rendre visible par exemple des possibles efforts faits plus récemment dans la limitation de consommation de l'espace) ;

- un « scénario de réduction dit facteur 4 » dans lequel nous divisons par quatre à 2040 la consommation tendancielle de surfaces par habitant calculée dans le scénario 1 en accord avec les objectifs du SRADDET « Occitanie 2040 ».

Nous considérons systématiquement dans chacun de ces scénarios des dynamiques d'étalement ou de densification urbaine en fonction des contraintes et restrictions paramétrées mentionnées ci-dessus. Il est question d'étalement urbain quand le rythme de l'extension des zones urbanisées se fait plus rapidement que celui de la croissance démographique. L'étalement correspond à un accroissement de la surface consommée par habitant. À l'inverse, la densification correspond à une diminution de cette surface par habitant.

Évaluation des impacts environnementaux des différents scénarios d'aménagement

Nous avons évalué les impacts environnementaux des différents scénarios de consommation de l'espace de deux manières complémentaires. Premièrement, nous avons élaboré un indicateur d'impact environnemental (IE) qui rend compte de l'impact écologique des nouvelles surfaces bâties à l'échelle de chaque cellule selon la formule suivante :

$$IE = Sc_{ij} \times Ie_{ij}$$

Avec :

Sc = surface construite au sol dans la cellule i, j ;

Ie = importance écologique de la cellule i, j avec $0 < Ie < 1$.

L'importance écologique est évaluée sur la base d'une approche complémentaire qui mobilise à la fois des travaux déjà existants sur la zone d'étude (Thiriet et Bigard, 2016⁷) (encadré 1).

Nous comparons ensuite l'impact environnemental global (IEG) de chaque scénario d'aménagement à l'aide de la formule suivante :

$$IEG = \sum_{ij} (Sc_{ij} \times Ie_{ij}) \times \left(\frac{Co}{Cd} \right)$$

Avec :

Co = nombre de cellules ouvertes à l'urbanisation – nombre de cellules construites ;

Cd = nombre de cellules disponibles – nombre de cellules ouvrables à l'urbanisation.

Ce deuxième indicateur (IEG) permet de rendre compte de la tendance à l'étalement urbain sur la zone d'étude en rapportant le nombre de cellules construites sur le nombre de cellules potentiellement constructibles. Cet indicateur permet d'identifier quels sont les scénarios les plus vertueux en termes de consommation d'espace et pour lesquels l'impact écologique est minime.

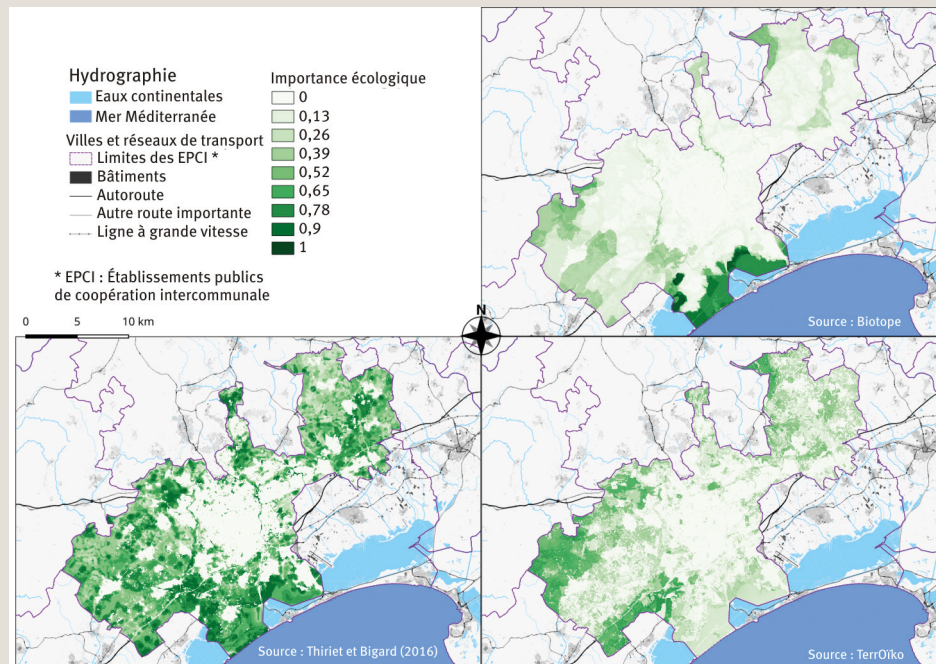
Cette première approche se base sur une évaluation « statique » des impacts sur la biodiversité. C'est pourquoi nous avons également mobilisé une approche complémentaire axée sur une approche plus dynamique de la biodiversité. Pour cela, nous avons utilisé un modèle de simulation du fonctionnement des dynamiques écolo-

7. THIRIET, P., BIGARD, C., 2016, Cartographie de l'importance écologique des milieux et du potentiel de compensation écologique à l'échelle du territoire de Montpellier Méditerranée Métropole. Guide méthodologique, Mémoire de Master 2 en Géomatique, Universités de Montpellier et d'Avignon, 78 p.

1 L'ÉVALUATION DE L'IMPORTANCE ÉCOLOGIQUE

Il existe différentes approches pour évaluer l'importance écologique des milieux, qui auront un poids considérable pour évaluer ensuite les impacts environnementaux du processus d'artificialisation. L'analyse des données est par exemple différente selon que l'on s'intéresse à la biodiversité ou au niveau de dégradation des milieux. La figure 2 présente différentes cartes d'importance écologique pour la même zone d'étude de Montpellier Métropole Méditerranée en fonction d'approches et de données différentes (pour une comparaison possible de ces cartes, les taux utilisés dans chacune d'elle ont été normalisés entre 0 et 1).

2 Différentes approches pour qualifier l'importance écologique d'une même zone.



La première carte (en haut à droite) est réalisée dans un cadre opérationnel par un bureau d'étude naturaliste. Elle est issue du croisement de différents zonages réglementaires (Natura 2000, arrêté de protection de biotope, réserves naturelles, etc.) ou d'inventaires (ZNIEFF – zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique) existants, et de l'occupation du sol Corine Land Cover de 2012 à laquelle est attribuée une note allant de 1 à 4 en fonction du degré de naturalité évalué à dire d'experts par le bureau d'études naturaliste en charge de l'étude. Ces travaux mobilisent principalement une approche basée sur la « favorabilité des milieux ».

La deuxième carte (en bas à gauche), issue des travaux de Thiriet et Bigard (2016), consiste à évaluer l'importance écologique de chaque cellule au regard de la diversité biologique présente à l'aide de l'outil Zonation (Kukkala et Moilanen, 2012) et de modèles de niche qui associent à la présence d'espèces végétales, la présence d'espèces animales (Thuiller, 2003). Elle est produite à partir de données de présence d'espèces patrimoniales à forts enjeux de conservation locaux (environ une vingtaine) réparties dans différents groupes. Cette approche est davantage axée sur une entrée « espèces et habitats ». Cette dernière reste toutefois fortement influencée par la dimension patrimoniale des espèces (faible poids dans l'analyse des espèces communes) et par une vision statique de la biodiversité. Ces travaux nous ont permis de calculer nos deux indicateurs d'impact environnemental (IE et IEG présentés ci-dessus).

La troisième carte (en bas à droite) a été réalisée pour cette étude à l'aide de SimOïko à partir des données d'occupation du sol de Thiriet et Bigard (2016). Ces simulations permettent de reproduire les peuplements et les déplacements d'une quinzaine d'espèces communes à partir de la simulation de leurs cycles de vie et de l'algorithme de dispersion spatialement explicite SMS (*Stochastic Movement Simulator* – Palmer *et al.*, 2011) mis en œuvre à de très fines échelles. Cette dernière approche est plutôt axée sur l'évaluation de la « fonctionnalité » du territoire d'après des modèles de dynamiques métapopulationnelles.

L'hétérogénéité des résultats issus de ces différentes approches révèle l'importance du choix des méthodes et des données d'entrée dans l'évaluation de processus complexes écologiques et dans la construction d'indicateur comme l'importance écologique. Ces résultats soulignent également la complémentarité des approches quand on traite des enjeux écologiques d'un territoire à des fins de conservation. Dans notre travail de recherche, nous avons utilisé de façon complémentaire les résultats issus des travaux de Thiriet et Bigard (2016) et ceux issus de SimOïko.

Références citées

- KUKKALA, A.S., MOILANEN, A., 2012, Core concepts of spatial prioritisation in systematic conservation planning, *Biological Reviews*.
- THUILLER, W., 2003, BIOMOD - optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change, *Global Change Biology*, n° 9, p. 1353-1362.
- PALMER, S.C.F., COULON, A. TRAVIS, J.M.J., 2011, *Introducing a "stochastic movement simulator" for estimating habitat connectivity. Methods in Ecology and Evolution*.

► giques, SimOïko⁸, développé par le bureau d'étude TerrOïko. L'utilisation de ce modèle nous permet de produire des indicateurs du fonctionnement des réseaux écologiques centrés sur l'étude des dynamiques métapopulationnelles des espèces simulées *suivant la procédure décrite par Baguette et al. (2013)⁹* (encadré ①).

En procédant par itération, nous avons croisé les résultats du modèle de simulation de l'urbanisation SimUrba avec le modèle SimOïko afin d'évaluer l'impact écologique de chaque scénario d'aménagement du territoire.

Application pratique de la démarche

Le choix d'une unité spatiale adéquate pour expérimenter la démarche

Étant donné la complexité et la difficulté de raisonner à l'échelle régionale, nous avons dans un premier temps testé cette démarche méthodologique à des échelles spatiales plus fines sur des zones d'études plus restreintes.

En cohérence avec les nouvelles compétences attribuées aux établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) depuis les réformes réglementaires, notamment en matière de décisions concernant la planification urbaine et la protection de l'environnement, nous avons choisi cet échelon administratif comme unité d'analyse spatiale.

En accord avec les élus régionaux, six zones réparties sur le territoire régional ont été choisies afin de représenter l'hétérogénéité des territoires et de leurs problématiques liées aux questions de planification urbaine. Les six zones sont les suivantes : Montpellier Méditerranée Métropole, Toulouse Métropole, Nîmes Métropole, Intercommunalité-Métropole Grand Figeac, Perpignan

Méditerranée Métropole, et le Parc naturel régional des Pyrénées-catalanes. Nous présentons dans la suite de cet article uniquement les résultats concernant la zone d'étude de Montpellier Méditerranée Métropole.

Mise en données

Une autre grande étape de cette démarche a consisté en la construction d'une base de données de système d'information géographique (SIG) nécessaire à la simulation des dynamiques urbaines et écologiques. Nous avons privilégié dans la mesure du possible les données publiques et faciles d'accès pour des raisons de reproductibilité de la méthode, et pour en faciliter l'utilisation par des acteurs du territoire¹⁰.

Cette étape de constitution d'une base de données SIG régionale a profité de la collaboration avec l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), les bureaux d'étude Biotope et TerrOïko, les services de la Région, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), et la Société d'aménagement foncier et d'établissement rural (SAFER) Occitanie.

Les résultats : application à la zone d'étude Montpellier Méditerranée Métropole

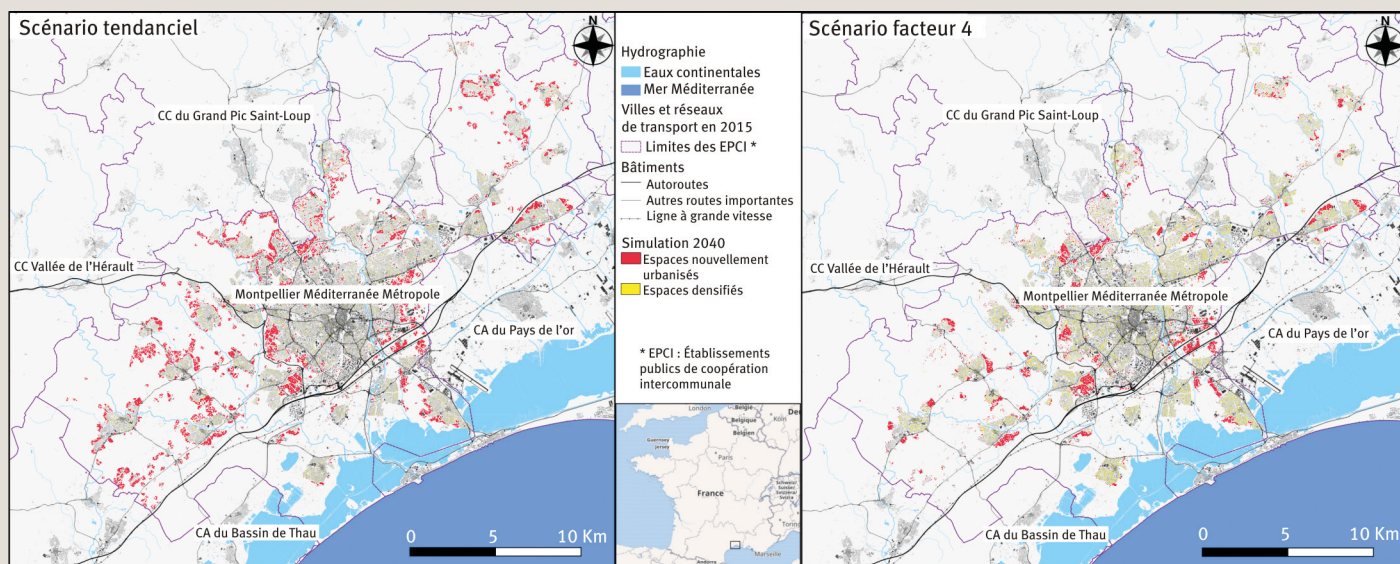
Les résultats présentés dans cette section sont des illustrations de certaines sorties possibles du modèle de simulation en fonction des paramétrages et scénarios d'aménagement choisis pour la zone de Montpellier Méditerranée Métropole. Pour cette zone d'étude, le scénario « tendanciel » est équivalent au scénario « stable » (voir description ci-dessus).

8. SimOïko est la version commerciale développée par TerrOïko de MetaConnect sur www.simoiko.fr (méthode décrite dans : MOULHERAT, S., 2014, Toward the development of predictive systems ecology modeling: MetaConnect and its use as an innovative modeling platform in theoretical and applied fields of ecological research, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

9. BAGUETTE, M., BLANCHET, S., LEGRAND, D., STEVENS, V.M., TURLURE, C., 2013, Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks, *Biological Reviews*, n° 88, p. 310-326.

10. Le modèle de simulation SimUrba est en open-source et repose sur un environnement logiciel constitué d'outils libres (Delbar, 2018).

⑤ Simulation de l'urbanisation à l'horizon 2040 selon les deux scénarios d'aménagement « tendanciel » et « facteur 4 » pour la zone de Montpellier Méditerranée Métropole.



La figure 3 présente les résultats de la simulation de l'urbanisation à 2040 pour les scénarios d'aménagement « tendanciel » (calculée sur la période de 2009 à 2014) et « facteur 4 » (division par 4 à 2040 du scénario tendanciel).

L'analyse de ces résultats révèle une différence de consommation de surfaces bâties de + 43 % pour le scénario tendanciel. Le scénario « facteur 4 » a une urbanisation moins diffuse et moins étalée qui s'opère par densification du bâti existant (par exemple en augmentant le nombre d'étages des bâtiments et en remobilisant des friches urbaines).

La simulation nous informe également sur le type d'occupation du sol consommé par cette nouvelle urbanisation dont 60 % concernent des milieux agricoles et 30 % des milieux naturels pour le scénario tendanciel.

Ces résultats révèlent l'importance des choix d'aménagement en termes d'expansion de la tâche urbaine et d'artificialisation des terres.

La figure 4 présente les résultats du calcul de l'indicateur d'impact environnemental global (IEG) pour les deux scénarios de consommation d'espace « tendanciel » et « facteur 4 ».

Ces résultats révèlent une différence de +167 % d'impact environnemental pour le scénario tendanciel. Nous observons que cet impact est notamment plus important sur le pourtour du bâti existant où se trouvent finalement les cellules les plus intéressantes à urbaniser (du fait de leur proximité aux routes, aménités et services déjà implantés sur le territoire). Ces analyses mettent en évidence l'impact environnemental des choix d'aménagement et en illustrent le poids dans la planification urbaine au regard des enjeux de conservation de la biodiversité.

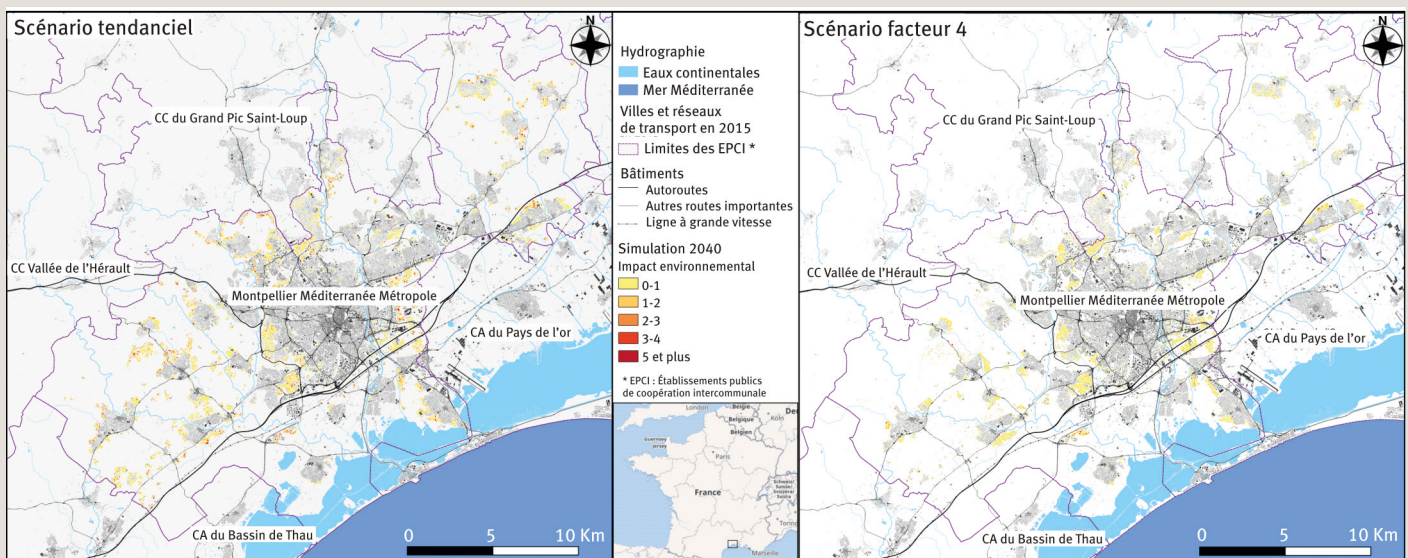
La figure 5 illustre le résultat du croisement entre le modèle de simulation de l'urbanisation (SimUrba) à l'horizon 2040 et le modèle de fonctionnement des réseaux écologiques (SimOiko) pour le scénario de consumma-

tion d'espace « tendanciel ». Cette figure représente le déplacement des réseaux écologiques (gradient de vert) et la perte de fonctionnalité des réservoirs et des corridors écologiques (jaune à rouge) suite à l'urbanisation de nouveaux espaces. Cette perte de fonctionnalité s'explique principalement par la disparition et la fragmentation des habitats. Nous observons que les zones à proximité des nouvelles surfaces urbanisées perdent directement l'intégralité de leur fonctionnalité écologique. Cela entraîne une modification des axes de déplacement des espèces vers d'autres zones qui n'est pas sans poser d'autres problèmes d'ordre écologique. En effet, nous ignorons par exemple si ces territoires ont la capacité d'accueillir cette nouvelle biodiversité, et quelles en seront les modifications des processus et dynamiques écologiques inhérentes. Par ailleurs, ces mouvements d'espèces peuvent également être à l'origine de problématiques socio-économiques. En effet, ces déplacements renforcent « écologiquement » des parties du territoire au détriment d'autres, accentuant ainsi la ségrégation territoriale et les inégalités pouvant être à l'origine de conflits sociaux¹¹.

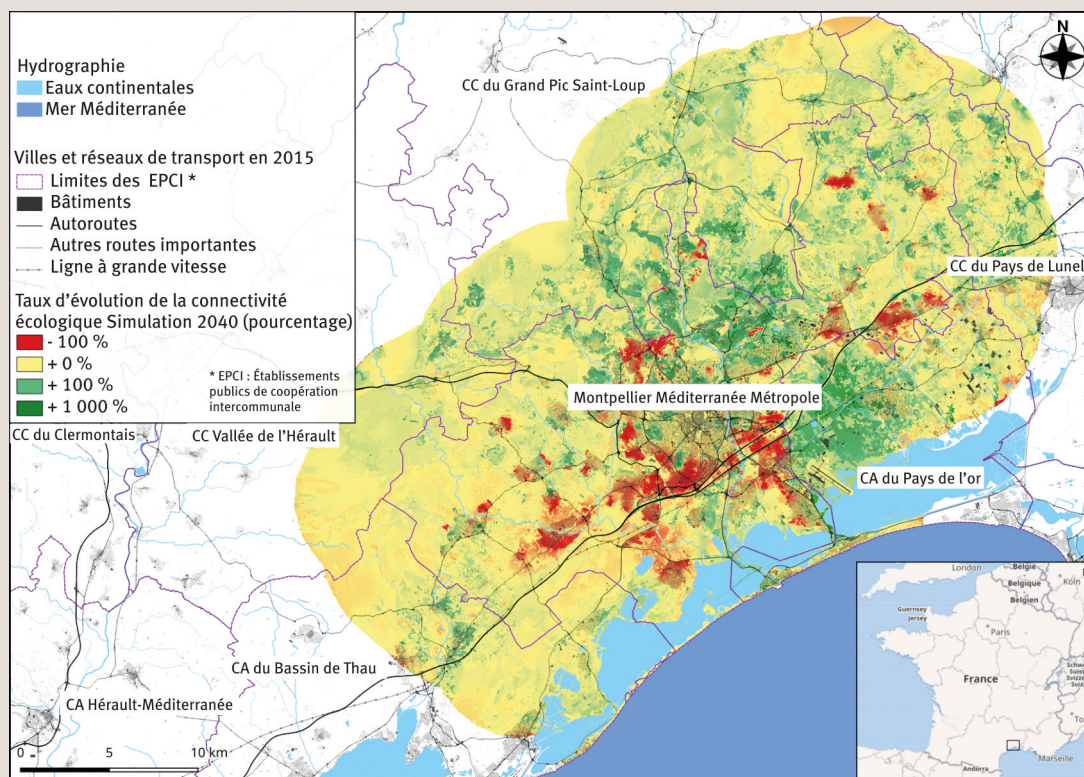
Ces résultats soulignent les effets directs des dynamiques urbaines sur le fonctionnement écologique du territoire considéré à une échelle fine et opérationnelle. Cette figure met en évidence les zones où l'érosion de la biodiversité sera inévitable à cause de l'urbanisation. En effet, malgré l'intégration d'une stratégie d'évitement et de réduction des impacts sur la biodiversité dans notre démarche, il se trouve tout de même d'importants impacts écologiques liés à l'aménagement du territoire : ainsi, seulement adopter une stratégie d'évitement et de

11. Ces discussions peuvent s'intégrer dans les réflexions relatives au « land sharing » versus « land sparing » largement discutées dans la littérature en écologie et géographie.

4 Évaluation des impacts écologiques d'après le calcul de l'indicateur d'impact environnemental global (IEG) selon les deux scénarios d'aménagement « tendanciel » et « facteur 4 » pour la zone de Montpellier Méditerranée Métropole.



5 Effets des dynamiques urbaines sur les dynamiques écologiques.



réduction des impacts ne suffit pas à limiter l'érosion de la biodiversité. D'autres approches de conservation de la biodiversité doivent être mobilisées en complément de la séquence ERC.

Un processus de co-construction avec les acteurs locaux

Ce travail de recherche a pu à la fois profiter et contribuer aux réflexions en cours des acteurs du territoire sur les voies possibles d'amélioration de la planification territoriale. Ce projet a notamment accompagné les élus régionaux dans la mise en œuvre de la « stratégie régionale ERC » élaborée dans le cadre du SRADDET. Ces travaux ont également contribué aux échanges de la communauté régionale Occitanie « Éviter-Réduire-Compenser » (CRERCO)¹². Cette dernière est co-animée par la Région et la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Occitanie, et est composée de plus de deux cents acteurs répartis sur le territoire régional.

Ce processus de co-construction avec les acteurs locaux nous a paru essentiel pour au moins trois raisons. Premièrement, il favorise la sensibilisation des décideurs publics aux enjeux de la planification sur leur territoire, et à l'importance de leur choix en termes de politiques d'aménagement et de conservation de la biodiversité. L'intérêt des élus pour ce travail et ce type de démarche est plutôt encourageant en ce sens.

Deuxièmement, la démarche itérative de co-construction avec les collectivités territoriales et la CRERCO nous a permis d'améliorer le modèle de simulation et son application pratique sur le territoire régional. En effet, cette démarche nous a permis de valider empiriquement nos choix méthodologiques et les résultats qui en découlent à l'échelle des différentes zones d'étude. Enfin, la concertation avec les élus et les acteurs du territoire assure une bonne diffusion des travaux de recherche et favorise une bonne appropriation et valorisation de la démarche et des outils élaborés.

Conclusion et perspectives

Les difficultés auxquelles se confrontent les décideurs publics dans la planification territoriale et l'application de la séquence ERC ont amené certaines collectivités à se doter de stratégies spécifiques. C'est le cas de la Région Occitanie qui a profité de l'opportunité de l'élaboration de son schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), « Occitanie 2040 », pour initier des réflexions et des travaux à ce sujet.

12. <https://www.crerco.fr/>

En accompagnement de cette initiative, nous avons élaboré une démarche méthodologique basée sur les outils de la modélisation afin de co-construire des scénarios d'aménagement en partenariat avec les élus régionaux. L'objectif de cette démarche est d'évaluer quantitativement et spatialement l'impact écologique des dynamiques urbaines, plus ou moins consommatrices d'espace, afin de sensibiliser les élus aux effets de leurs choix d'aménagement.

Appliqués à la zone d'étude de Montpellier Méditerranée Métropole, ces travaux mettent en évidence l'importance de la planification territoriale. En effet, les résultats soulignent que l'évitement géographique à lui seul de zones à forts enjeux écologiques ne suffit pas à limiter l'érosion de la biodiversité. Les politiques d'aménagement doivent se penser en cohérence avec les politiques de conservation de la biodiversité. Les choix concernant les « modes » d'aménagement (densification urbaine par exemple) sont centraux dans la conservation de la biodiversité. Les outils de simulation prospective peuvent améliorer la compréhension et l'analyse conjointe des différents processus et dynamiques en jeu sur le territoire (à la fois écologiques, urbaines, mais aussi agricoles et foncières), et à différentes échelles de temps et d'espace. Toutefois, les résultats cartographiques et issus de la modélisation sont à considérer avec leurs biais et limites.

En ce sens, ces travaux offrent de nombreuses perspectives de recherche en vue d'améliorer la précision et la fiabilité des modèles de simulation. Ces améliorations sont à envisager aussi bien dans l'élaboration du processus de simulation lui-même, que dans la manière de réaliser les différents scénarios d'aménagement pour penser les solutions de demain afin de préserver notre capital foncier et naturel dans un contexte de contraintes croissantes.

Au-delà du cas d'étude envisagé, notre travail ouvre un champ de réflexions plus large qui concerne les modes de développement souhaitables et envisageables dans un contexte de changements globaux. La décision publique et ses échelles de décisions seront alors centrales dans ces réflexions. ■

Remerciements

Nous remercions particulièrement le LabEx ceMEB, la Région et la DREAL Occitanie, ainsi que l'Agence française pour la biodiversité pour le financement de ce projet de recherche. Nous remercions également la SAFER, Biotope, le CEFE et les métropoles de Nîmes, Montpellier et Toulouse pour leur aide dans la collecte des données nécessaires à cette étude.

❶ Montpellier Méditerranée Métropole, un territoire où concilier expansion urbaine et conservation de la biodiversité représente un enjeu d'importance majeure.



Les auteurs

Coralie CALVET et Vincent DELBAR

Centre d'économie de l'environnement Montpellier (CEE-M), Université de Montpellier, CNRS, INRA, Montpellier SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier, France.

✉ calvetcoralie@gmail.com

✉ vincent.delbar@gmail.com

Paul Chapron, Mickaël BRASEBIN et Julien PERRET

Université Paris Est, IGN-ENSG, LaSTIG-STRUDEL, 94160 Saint-Mandé, France.

✉ Paul.Chapron@ign.fr

✉ mickael.brasebin@gmail.com

✉ julien.perret@gmail.com

Sylvain MOULHERAT

TerrOïko, 14 rue Ferlus, BP 26, 81540 Sorèze, France.

✉ sylvain.mouherat@terroiko.fr

EN SAVOIR PLUS...

📖 **DELBAR, V.**, 2018, Modélisation de l'urbanisation pour l'évaluation de ses impacts environnementaux dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie Éviter-Réduire-Compenser en Région Occitanie, Rapport de stage de M2, Université de Montpellier – AgroParisTech, 40 p.

📖 **HUANG, C.-W., MCDONALD, R.I., SETO, K.C.**, 2018. The importance of land governance for biodiversity conservation in an era of global urban expansion, *Landscape Urban Planning*, n° 173, p. 44-50.

📖 **QUETIER, F., REGNERY, B., LEVREL, H.**, 2014, No net loss of biodiversity or paper offsets? A critical review of the French no net loss policy, *Environmental Science & Policy*, n° 38, p. 120-131.