

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2021-2022

**Changements paysagers passés et distribution de reptiles, quelles
tendances pour les prochaines décennies ?**

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier notre tuteur de PFE, Monsieur Igor Boyer, doctorant à Polytech Tours, qui nous a proposé ce sujet de projet et encadré durant deux semestres. Nous le remercions également pour la patience et l'écoute dont il a fait preuve à notre égard au cours de cette année de travail. Enfin, sa réactivité et sa disponibilité furent d'une grande aide dans l'élaboration de ce projet.

SOMMAIRE

Table des matières

I.	Introduction	6
II.	Matériel & méthode.....	7
1.	Biologie de l'espèce.....	7
2.	Elaboration de scénarios d'évolution paysagère en Centre-Val de Loire	7
3.	Modélisation de l'évolution des paysages	9
4.	Estimation de la favorabilité paysagère pour le <i>Lacerta Agilis</i>	10
III.	Résultats	11
1.	Modélisation des paysages de la région Centre-Val de Loire en 2050	11
IV.	Discussion	15
V.	Conclusion.....	17
VI.	Bibliographie	18

Table des illustrations

Figure 1: Léopard des neiges (crédit : Jean-Luc Potiron)	7
Figure 2 : Frise chronologique des périodes CorineLandCover (auteure : S. Doval).....	8
Figure 3: Raster catégorisé du département d'Indre-et-Loire en 250x250m pour l'année 2018	9
Figure 4 : Schéma des pixels considérés comme voisins (auteure : S. Doval)	10
Figure 5 : Schéma du fonctionnement d'un changement de pixel de paysage A vers un pixel de paysage B (auteure : S. Doval).....	10
Figure 6 : L'occupation des sols en 2018 et données de présence du <i>Lacerta agilis</i> en région Centre-Val de Loire (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)	11
Figure 7 : Modélisation de l'occupation des sols en 2050 en région Centre-Val de Loire selon le scénario changeant (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)	12
Figure 8 : Modélisation de l'occupation des sols en 2050 en région Centre-Val de Loire selon le scénario conservatif (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)	12
Figure 9 : Evaluation de la favorabilité des paysages pour le <i>Lacerta agilis</i> (auteurs : G. Demonchy, S. Doval).....	13
Figure 10 : Favorabilité des paysages en 2018 en région Centre-Val de Loire pour le <i>Lacerta agilis</i> (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)	13
Figure 11 : Projection de la favorabilité des paysages en 2050 en région Centre-Val de Loire pour le <i>Lacerta agilis</i> suivant le scénario changeant (auteurs : G. Demonchy, S. Doval).....	14
Figure 12: Projection de la favorabilité des paysages en 2050 en région Centre-Val de Loire pour le <i>Lacerta agilis</i> suivant le scénario conservatif (auteurs : G. Demonchy, S. Doval).....	14
Figure 13 : Précision et sensibilité moyenne du modèle (auteurs : G. Demonchy, S. Doval).....	15

Table des tableaux

Tableau 1 : Reclassement des catégories CorineLandCover (auteur : G. Demonchy)	8
Tableau 2 : Périodes utilisées comme base pour chaque scénarios futurs (auteure : S. Doval)	9

Table des équations

Équation 1 : Formule de calcul du nombre de nouveau pixel du paysage B	10
--	----

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont eu signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

I. Introduction

L'explosion des activités humaines à travers le monde a entraîné une disparition globale de nombreuses espèces animales et végétales. Ce sont un total de 37 840 espèces qui sont aujourd'hui considérées comme menacées, représentant plus de 28% des 134 425 espèces étudiées par L'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN) (« La Liste rouge mondiale des espèces menacées », 2020). La France n'est pas épargnée par cette crise avec 14% des mammifères, 24% des reptiles, 23% des amphibiens, 32% des oiseaux nicheurs, ainsi que 19% des poissons d'eau douce et 28% des crustacés d'eau douce menacés (« La Liste rouge des espèces menacées en France », 2020).

Cette décroissance de la biodiversité est intimement liée aux changements globaux. Ces derniers sont issus de composantes diverses, comme les changements climatiques ou la surexploitation des ressources et affectent la structure et le fonctionnement de la Terre en tant que système. Ils sont à l'origine des menaces qui pèsent sur certaines espèces (Vitousek, 1992). Ces dernières années, la composante du changement global causé par l'homme est au moins égale à celle du changement naturel (Vitousek, 1992) et doit sûrement être supérieure à l'heure actuelle. L'agriculture, la déforestation, l'industrialisation, l'urbanisation participent aux modifications du paysage ainsi que de l'occupation et de l'usage des sols. Ces phénomènes mènent à la modification du fonctionnement de la Terre (Mahmood et al., 2014).

En effet, cette transformation paysagère implique de grandes variations du mode de vie de certaines espèces puisque leur espace environnant est modifié. L'étalement urbain en particulier, est un environnement souvent hostile provoquant une division du paysage, une dégradation et une isolation des espaces naturels. En effet, l'urbanisation détruit la nature, soit directement par la destruction d'habitats, soit indirectement par la fragmentation paysagère (Clergeau, 2010).

D'ailleurs, l'étalement urbain n'est pas le seul phénomène à causer des problèmes aux espèces environnantes. Le recul des vergers induit également une perte d'habitat, de ressources et de corridors écologiques (Buisson et al., 2015). Les lois sur le remembrement entre les années 60 et 80, qui ont pour objectif de fusionner les petites parcelles agricoles isolées et éliminer les obstacles (bosquets, haies), conduisent à une issue similaire (*Remembrement — Géoconfluences*, 2020). Cependant, les bosquets et haies, qui sont considérés comme des gênes aux yeux de la loi et des agriculteurs, sont en réalité importants pour les espèces. Ces éléments de paysage servent de zone de transition entre deux écosystèmes (écotone) et abritent une grande biodiversité (*Lisières et Haies*, 2021). Ce sont également des abris particulièrement essentiels pour les reptiles (Lecq, 2014). La disparition des vergers, des haies et des bosquets implique une perte de la biodiversité préexistante. Enfin, les pratiques agricoles intenses telles que le travail du sol, l'utilisation de pesticides et de fertilisants sont aussi des menaces pour de nombreuses espèces (Le Roux et al., 2008).

Ces exemples montrent l'importance des paysages sur la survie des espèces car ils sont en lien étroit avec la distribution des êtres vivants, c'est-à-dire à « l'organisation, la disposition, répartition des éléments d'un ensemble d'un point de vue fonctionnel ou esthétique » (Larousse, 2021), ainsi qu'avec la capacité de dispersion de ces mêmes espèces. Ces changements paysagers impactent donc les espèces à différents degrés suivant leurs traits caractéristiques, et menacent la conservation de la biodiversité.

Le paysage, qui « est une portion de territoire hétérogène, composée d'ensemble d'écosystèmes en interaction dont l'agencement se répète de manière similaire dans l'espace » (Forman et al., 1986) en écologie, est en constante évolution, que ce soit de manière naturelle ou par la main de l'Homme. Il est donc intéressant de se pencher sur les changements au cours du temps de cet ensemble d'unités paysagères recouvrant un territoire, avec l'unité paysagère comme « l'unité élémentaire du découpage des territoires en vue de sa description paysagère. » (Seine-Saint-Denis, 2018).

Les changements paysagers renvoient aux changements d'occupation du sol du territoire, c'est-à-dire le passage d'une certaine unité paysagère vers une autre avec en plus une notion de temporalité, l'évolution

s'effectuant au cours du temps. Ainsi, dans un contexte de changements globaux, il est primordial de comprendre les dernières tendances de changements d'usage du sol afin d'anticiper les changements futurs dans un objectif de conservation. Surtout que ces changements se multiplient avec les activités humaines qui modifient une très grande partie de leur environnement.

La région Centre-Val de Loire ne fait pas exception à la règle, d'autant plus qu'il existe peu d'études similaires et d'articles scientifiques traitant du sujet des évolutions récentes du paysage. Il serait également pertinent de faire varier l'échelle d'analyse afin de préciser les données et d'améliorer la précision des évolutions de paysages en se focalisant au niveau départemental pour obtenir des données plus spécifiques car chacun d'eux a ses propres politiques d'aménagement. Cela servira ensuite de base pour créer des tendances futures sur les aires d'occupation des sols pour finalement appliquer la relation de cause à effet avec la répartition des espèces sur la région et ainsi, tenter de prévoir les futurs habitats. L'étude sera portée sur le *Lacerta agilis*, une espèce de reptile dont la population est en déclin et est menacée, notamment en région Centre-Val de Loire (Figure 1). Cela amène la problématique : alors que les paysages sont en constante évolution et qu'ils jouent un rôle primordial dans la survie animale, quelle seront les habitats favorables du *Lacerta agilis* lors des prochaines décennies en région Centre-Val de Loire ?



Figure 1: Lézard des souches (crédit : Jean-Luc Potiron)

Deux hypothèses peuvent être formulées, suivant toutes deux un scénario de changements paysagers différent. Dans le premier cas, le lézard des souches étant inféodé à des habitats particuliers, une diminution de sa population semble à prévoir, si l'expansion des sols artificialisés suit le cours de ces dernières années. Dans le deuxième cas, si la dynamique des changements paysagers vers des sols anthropisés ralentit, cela impliquerait une diminution moindre de favorabilité des paysages pour le *Lacerta agilis* dans le futur.

II. Matériel & méthode

1. Biologie de l'espèce

Le *Lacerta agilis* a une taille comprise entre 18 et 27 cm queue incluse, avec un poids d'une vingtaine de grammes (Jacob et al., 2007). En effet, il vit dans les landes humides sur sol sableux, qu'elles soient en bon état de conservation, en dynamique naturelle de fermeture ou parfois transformées en plantation de résineux. Il se rencontre également dans les boisements alentours, au niveau des pares-feux et des grandes allées forestières (Dutertre et al., 2020). Il est d'ailleurs présent dans tous les départements de la région. Sa distribution historique couvre une centaine de mailles de 10 x 10 km, ce qui représente entre 15 et 20 % du territoire régional (Sansault & Marques, 2020).

2. Elaboration de scénarios d'évolution paysagère en Centre-Val de Loire

Ce projet a nécessité l'utilisation de plusieurs logiciels pour aboutir aux résultats. Dans cette partie, est présenté un résumé du cheminement de la méthodologie.

Tout d'abord, des données sur l'occupation passée des sols sont recherchées afin de pouvoir reconstituer les tendances d'évolution paysagère ces dernières années. Les données Corine Land Cover (CLC) (CORINE Land Cover / Données et études statistiques, 2018) sont alors utilisées pour connaître l'occupation du sol en région

Centre-Val de Loire. Les catégories de paysages présents dans cette région sont récupérées, analysées et reclassées en de nouvelles catégories moins nombreuses et simplifiées. Les 26 intitulés de paysages CLC sont regroupés en 7 catégories, suivant une logique de similarité de structuration des paysages, de degré d'anthropisation, de fonctions potentielles qu'ils pourraient apporter (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 1 : Reclassement des catégories CorineLandCover (auteur : G. Demonchy)

Intitulé paysage originel	Intitulé paysage simplifié
Tissu urbain continu	Urbain
Tissu urbain discontinu	
Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	
Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	
Aéroports	
Extraction de matériaux	
Décharges	
Chantiers	
Équipements sportifs et loisirs	
Espaces verts urbains	Espaces naturels enclavés
Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	
Terres arables hors périmètres d'irrigation	Agriculture
Vignobles	
Vergers et petits fruits	
Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	
Systèmes cultureux et parcellaires complexes	
Forêts de feuillus	Forêts
Forêts de conifères	
Forêts mélangées	
Forêt et végétation arbustive en mutation	
Pelouses et pâturages naturels	Landes
Landes et broussailles	
Plages, dunes et sable	Sable
Marais intérieurs	Eaux
Cours et voies d'eau	
Plans d'eau	

Les données sur les changements d'occupation du sol CLC en région Centre-Val de Loire sont ensuite récupérées. Ces données sont disponibles sur quatre périodes passées allant de 1990 à 2018 (Figure 2). Les labels de paysages sont alors simplifiés (colonne 2 du **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) pour chaque période de manière à coïncider avec les catégories prédéterminées.

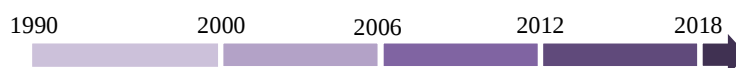


Figure 2 : Frise chronologique des périodes CorineLandCover (auteur : S. Doval)

Chaque département a une identité et un mode de gestion du territoire propre, c'est pour cette raison que les changements paysagers n'évoluent pas de manière uniforme en Centre-Val de Loire pour une période donnée. Les données de changements d'occupation du sol de l'ensemble territoire régional du Centre-Val de Loire sont découpées par département grâce au logiciel Qgis, et ce pour chaque période. Ceci permet d'obtenir un tableau de données pour chaque département et période, c'est-à-dire 24 tableaux (6 départements x 4 périodes).

L'étape suivante consiste à rendre compte de l'évolution des paysages sur une période en effectuant plusieurs calculs sur les jeux de données. Etant donné que les jeux de données fournis par CLC ne s'étendent pas tous sur le même nombre d'années, l'évolution du paysage du département pour chaque intervalle de temps est ensuite ramenée à une moyenne d'hectares par an. Cette méthode permet la comparaison de l'évolution des paysages d'un département entre les différents intervalles de temps.

Une fois ces moyennes calculées, l'objectif est d'établir deux scénarios d'évolution paysagère pour l'horizon 2050 : un scénario conservatif et un scénario changeant. Pour établir le scénario conservatif, la période référence est celle qui atteint la plus petite valeur moyenne de changements sur un an. A l'inverse, le scénario changeant se base sur la période comportant la plus haute valeur moyenne de changements paysagers. Comme évoqué précédemment, chaque département est unique et se voit donc attribuer deux scénarios propres à lui. Au total, douze scénarios sont constitués (Tableau 2).

Tableau 2 : Périodes utilisées comme base pour chaque scénarios futurs (auteure : S. Doval)

	Scénario conservatif	Scénario changeant
Cher	2000-2006	1990-2000
Eure-et-Loir	2000-2006	2006-2012
Indre	2006-2012	1990-2000
Indre-et-Loire	2006-2012	2000-2006
Loir-et-Cher	2012-2018	1990-2000
Loiret	2012-2018	1990-2000

Les cartes initiales sur lesquelles seront appliqués les différents scénarios proviennent de la carte européenne Copernicus 2018 présentant l'occupation des sols (CLC 2018 — *Copernicus Land Monitoring Service*, 2018). Ce choix est dû à l'absence de carte CLC 2018 (Figure 3). Cette carte Copernicus 2018 présente donc les données les plus récentes de l'occupation des sols en France. Les intitulés de paysages CLC et Copernicus correspondent, ce qui a facilité la conversion des labels numérotés. La carte est ensuite découpée grâce au logiciel RStudio, d'abord en découpant la région Centre-Val de Loire, puis en découpant chaque département. Cette découpe est faite en deux temps car découper directement un département depuis la carte européenne est bien trop chronophage. Un changement de résolution est également appliqué (250x 250m) pour pouvoir produire des fichiers ascii pour la suite du projet.

3. Modélisation de l'évolution des paysages

Le logiciel Rstudio permet alors de modéliser l'évolution des paysages dans le futur à partir d'une carte Copernicus 2018 en format raster. Les prévisions sont calculées sur 32 années, autrement dit, pour simuler une évolution des paysages entre 2018 et 2050.

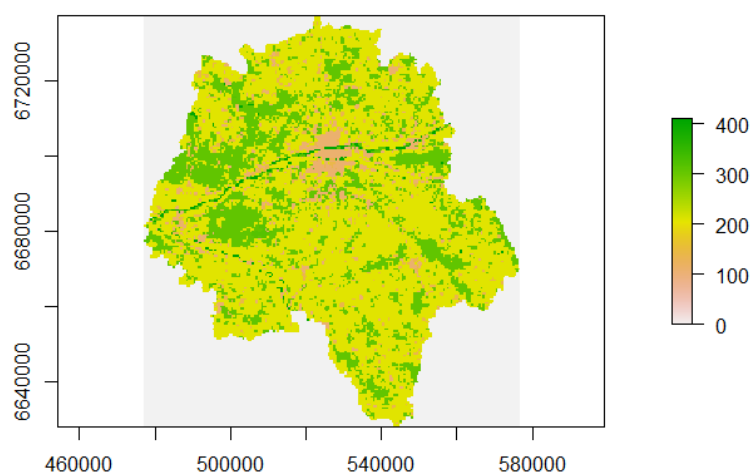


Figure 3: Raster catégorisé du département d'Indre-et-Loire en 250x250m pour l'année 2018

Un tableau est créé à partir du raster dans lequel chaque ligne est égale à un pixel associé à une valeur (label paysage). Les labels du raster et du tableau associé au raster sont ensuite convertis pour coïncider avec ceux des changements de paysages (Copernicus vers CLC). Les scénarios élaborés en amont permettent d'automatiser les changements de paysages. Chaque ligne du tableau de scénario correspond à un changement d'occupation du sol (d'un paysage A vers un paysage B) accompagné du taux de croissance de ce changement, servant ensuite à calculer le nombre de pixels qui doivent être modifiés pour cette ligne (Équation 1).

$$\text{nombre de nouveaux pixels } B = (\text{nombre de pixels } A) \times (\text{taux de croissance } A \text{ vers } B)$$

Équation 1 : Formule de calcul du nombre de nouveau pixel du paysage B

L'étape suivante est de sélectionner aléatoirement un pixel du paysage A au sein d'une table qui recense les positions de chaque pixel A. Ceci ferait apparaître des changements de paysages au hasard sur la carte puisque le programme considère n'importe quel pixel A comme candidat. Cependant, cette méthode ne semble pas très cohérente avec les évolutions paysagères passées, c'est pourquoi le programme n'est pas resté tel quel. Par exemple, l'étalement urbain est témoin de l'anthropisation et l'imperméabilisation des sols autour d'un noyau déjà urbanisé. Pour faire évoluer les paysages de manière plus "crédible", une condition est ajoutée vérifiant que le pixel A tiré au sort se trouve à proximité (haut, bas, droite, gauche) d'au moins un pixel B pour créer des agrégats de paysage (Figure 4, Figure 5). Ce modèle se base donc sur l'évolution des paysages autour de patchs déjà existants. Si l'algorithme n'arrive pas à remplir la condition au bout d'un certain moment, le pixel est créé sans être à proximité d'un pixel de même nature.

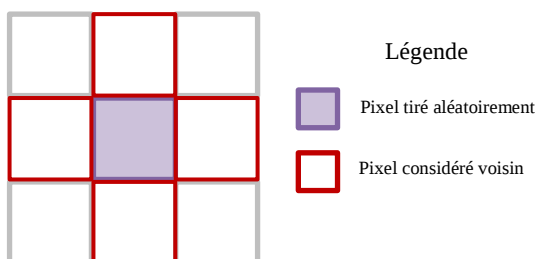


Figure 4 : Schéma des pixels considérés comme voisins (auteure : S. Doval)

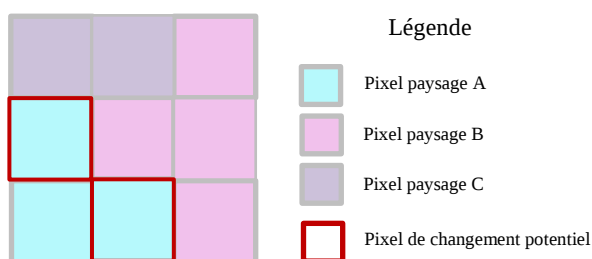


Figure 5 : Schéma du fonctionnement d'un changement de pixel de paysage A vers un pixel de paysage B (auteure : S. Doval)

Dans un souci de cohérence de l'évolution des paysages, un des objectifs principaux est d'éviter de modifier plusieurs fois le même pixel au cours d'une boucle. En effet, une parcelle peut difficilement changer de nature plusieurs fois en une année. C'est pourquoi, les pixels qui viennent de changer de nature grâce à travers le programme, sont renommés temporairement pour qu'ils ne soient pas reconnus par l'algorithme comme pixels potentiels pour les autres changements de la même année. Cependant, ces pixels modifiés reprennent le juste label par la suite, pour qu'ils soient réintégrés par le programme pour l'année suivante. Dans le cas de cette étude, les pixels qui viennent juste d'être modifiés voient leur label numérique simplement multiplié par dix (ex : 210 devient 2100). Ce label modifié permet tout de même de créer des agrégations de pixels de même paysage car considéré dans l'algorithme comme voisins potentiels d'un nouveau pixel.

Les cartes d'occupation des sols de 2050 pour chaque département du Centre-Val de Loire sont alors créées, et ce pour les deux scénarios (conservatif et changeant).

4. Estimation de la favorabilité paysagère pour le *Lacerta Agilis*

Elles sont ensuite exploitées dans le logiciel Maxent, couplées aux données de présence de l'espèce étudiée en Centre-Val de Loire dans le but de générer des cartes de favorabilité des paysages actuelle et future.

Une fois les cartes de chaque département découpé, elles sont fusionnées afin de retrouver une carte globale de la région. Le logiciel Maxent permet alors de combiner les points de présence du *Lacerta agilis* avec nos différentes catégories de paysages. Les paramètres de bases ont été utilisés et 25 répliques se sont enchaînées pour chaque scénario dans le but d'avoir des prévisions moyennées et représentatives. Un seuil fut aussi créé pour générer les résultats, analysés ensuite.

III. Résultats

1. Modélisation des paysages de la région Centre-Val de Loire en 2050

Le modèle créé sur Rstudio a permis de créer deux cartes simulant l'évolution des paysages en Centre-Val de Loire jusqu'à 2050, à partir des occupations du sol en 2018 (Figure 6). L'augmentation du tissu urbain est flagrante, que ce soit pour le scénario conservatif ou le scénario changeant. Il couvre la majeure partie du territoire, alors que pour la carte 2018 les sols agricoles sont dominants.

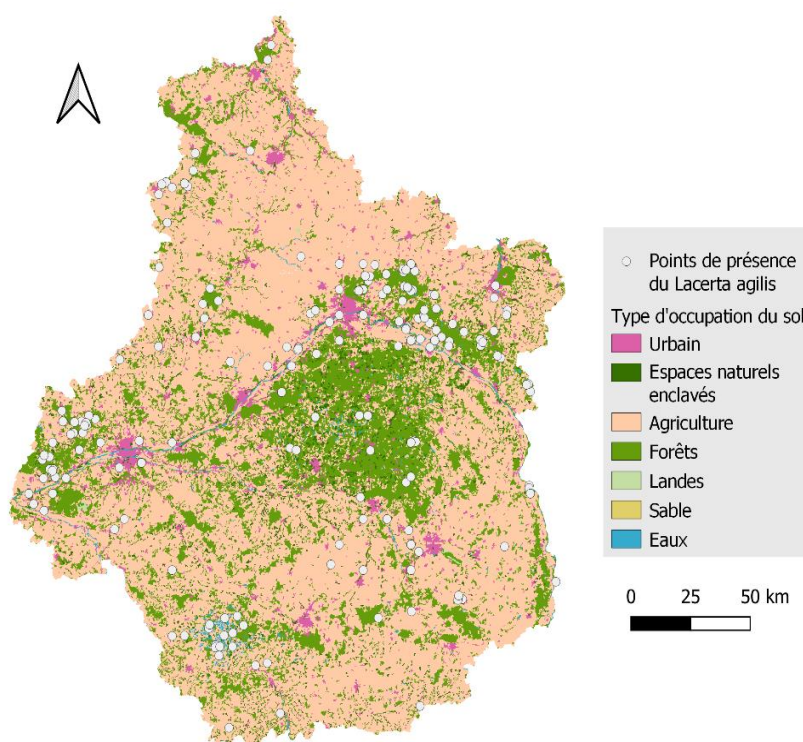


Figure 6 : L'occupation des sols en 2018 et données de présence du *Lacerta agilis* en région Centre-Val de Loire (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

Le scénario changeant (Figure 7) présente donc une grande perte de sols agricoles au détriment de l'urbanisation, sauf en ce qui concerne le département du Cher qui reste relativement modelé par l'agriculture comparé au reste de la région. Les espaces naturels enclavés semblent gagner du terrain dans le département du Loiret. Les eaux semblent gagner du terrain dans toute la région, et particulièrement dans le département de l'Indre qui voit son paysage couvert par les eaux. A l'inverse, le couvert forestier semble avoir diminué.

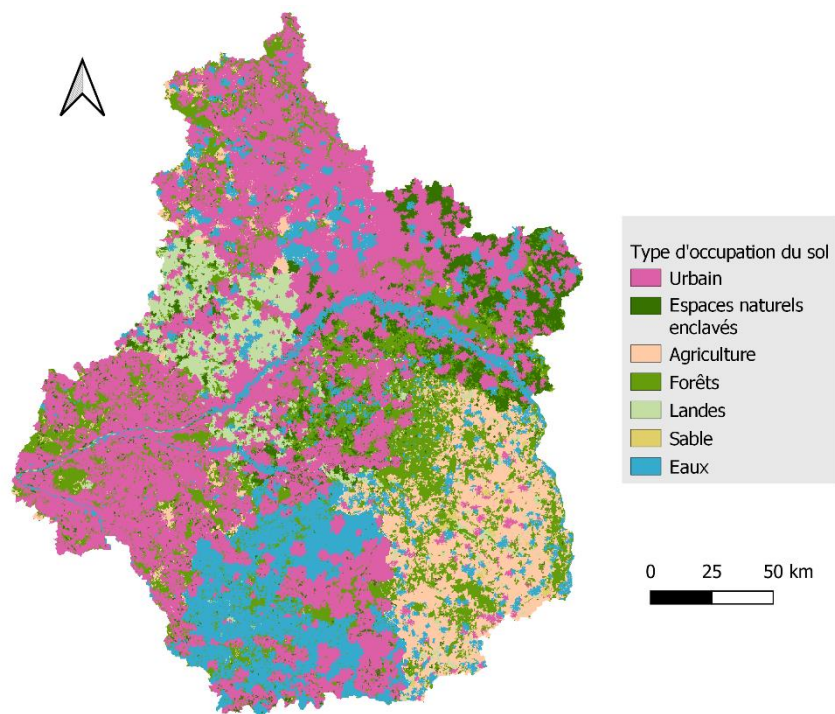


Figure 7 : Modélisation de l'occupation des sols en 2050 en région Centre-Val de Loire selon le scénario changeant (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

Le scénario conservatif (Figure 8) est bien différent du précédent, bien que les espaces urbanisés se sont largement étendus au détriment des sols agricoles. En effet, il ne reste que très peu de sols voués à l'agriculture. Les landes occupent une partie importante du territoire, notamment dans le département du Cher. L'espace forestier semble être conservé depuis 2018, voire agrandi. Les espaces naturels enclavés, sableux et les eaux occupent une très faible partie du territoire.

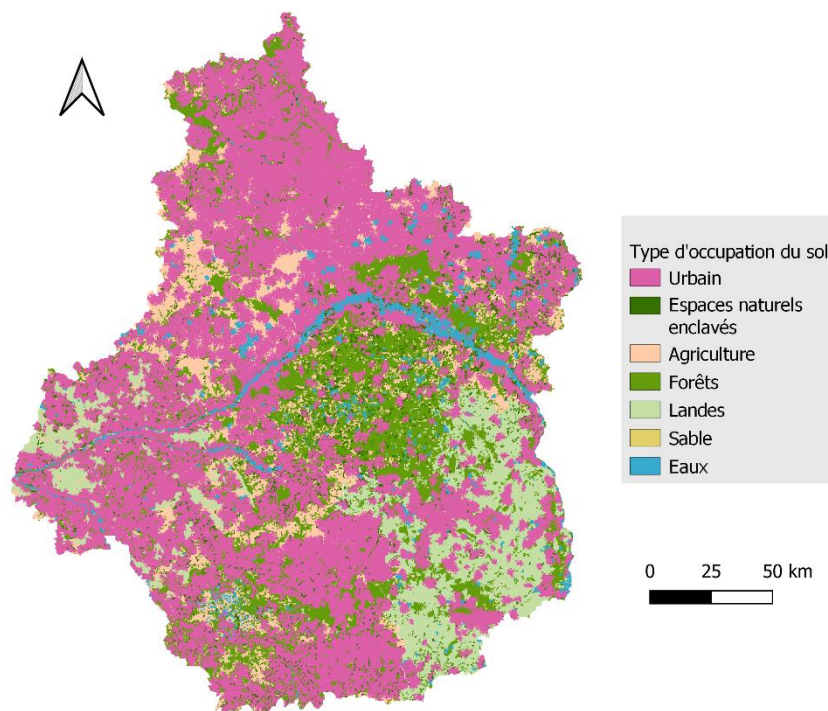


Figure 8 : Modélisation de l'occupation des sols en 2050 en région Centre-Val de Loire selon le scénario conservatif (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

Ensuite, le logiciel Maxent nous délivre les résultats moyens des 25 répliques lancés, qu'il est nécessaire d'analyser.

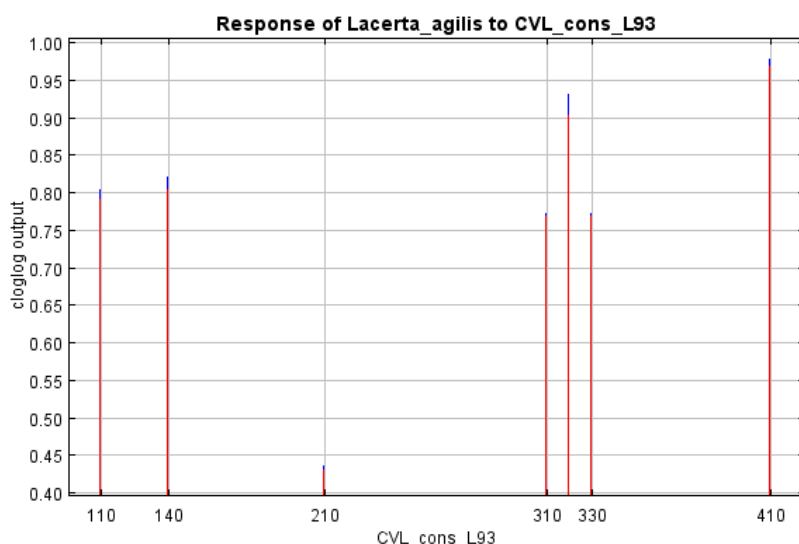


Figure 9 : Evaluation de la favorabilité des paysages pour le *Lacerta agilis* (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

Tout d'abord, ce graphique (Figure 9) permet de se rendre compte de l'importance de chaque paysage sur le degré de favorabilité du *Lacerta agilis*. Il est alors fort utile pour déduire quels milieux sont favorables ou défavorables pour l'espèce. Ainsi, les terres agricoles (210) sont les milieux les plus défavorables pour le lézard des souches avec un ratio de 0,43. Ensuite, on peut considérer le domaine urbain (110), les espaces naturels enclavés (140), les forêts (310) et les milieux sableux (330) comme neutre ou assez favorable avec des résultats aux alentours de 0,79. Les zones les plus favorables sont finalement les

habitats naturels du *Lacerta agilis* : les pelouses et landes (320) avec 0,91 et les milieux aquatiques (410) qui culminent à 0,97.

La carte ci-contre (Figure 10) montre l'état actuel des zones de favorabilité en région Centre-Val de Loire pour le *Lacerta agilis*. Comme le suggérait déjà le graphique précédent, il n'existe pas de zones très défavorables, représentées en bleu, pour l'espèce. La majorité des territoires de la région sont tout de même dans un état assez défavorable (vert) et représentent les espaces agricoles car ce sont les milieux qui contribuent le moins à la favorabilité et ceux qui sont les plus répandus aujourd'hui. De plus, de nombreuses portions de territoire sont assez neutres (en jaune), notamment au centre de la région, au croisement entre le Cher, le Loiret et notamment le Loir-et-Cher. Ce sont les milieux forestiers de la région. Enfin, quelques endroits favorables (orange) correspondent aux villes et sont présents de façon éparse ; et très favorables (rouge) pour les milieux aquatiques, logiquement le long de la Loire mais aussi à l'est de l'Indre.

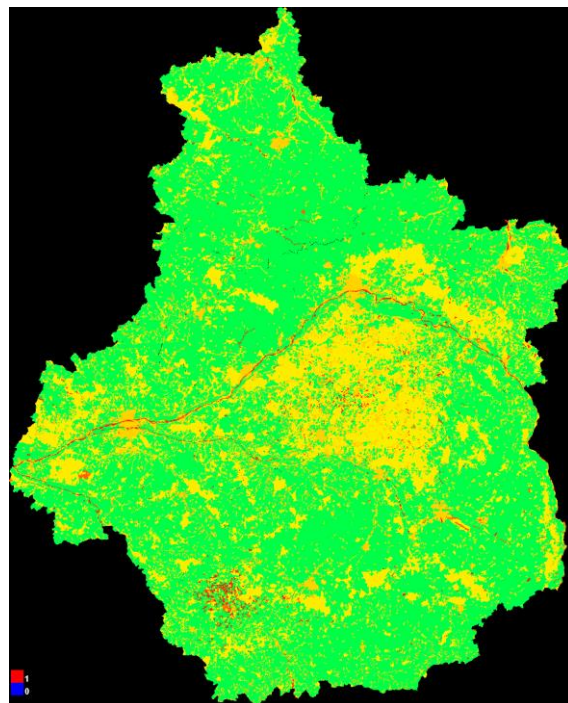


Figure 10 : Favorabilité des paysages en 2018 en région Centre-Val de Loire pour le *Lacerta agilis* (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

Les cartes suivantes représentent respectivement une moyenne des résultats de projections de favorabilité du *Lacerta agilis* d'ici 2050 en Centre-Val de Loire pour le scénario conservatif (Figure 11) et pour le scénario changeant (Figure 12).

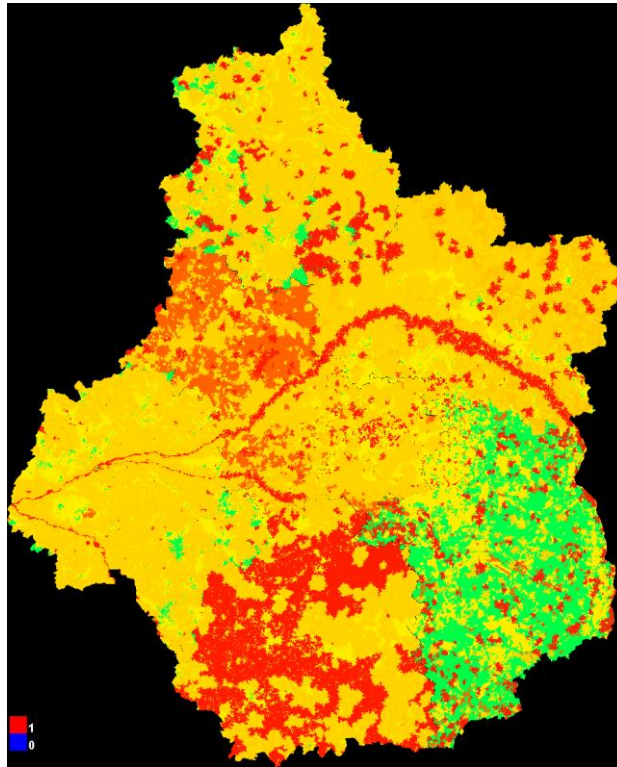


Figure 11 : Projection de la favorabilité des paysages en 2050 en région Centre-Val de Loire pour le *Lacerta agilis* suivant le scénario changeant (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

La carte du scénario conservatif présente les plus faibles changements de paysage, tandis que la carte du scénario changeant présente un futur avec le plus de changements. Le premier détail révélateur est que, peu importe le scénario, les zones défavorables pour le lézard des souches sont en chute libre. Cela pourrait donc être un indice que les domaines agricoles auront tendance à fortement diminuer dans les trente prochaines années.

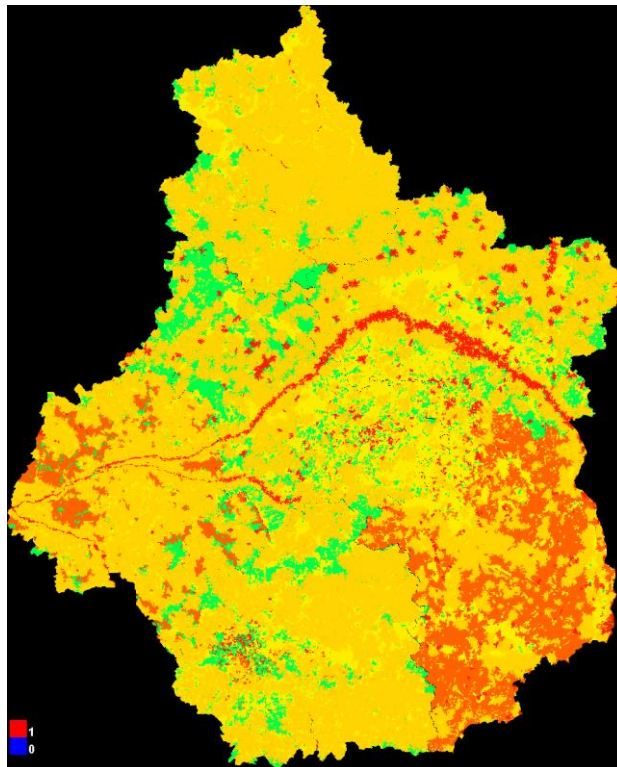


Figure 12: Projection de la favorabilité des paysages en 2050 en région Centre-Val de Loire pour le *Lacerta agilis* suivant le scénario conservatif (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

Les zones agricoles restantes sont très différentes d'une carte à l'autre : la carte ci-contre contient des zones agricoles défavorables éparées, réparties dans toute la région tandis que la carte du scénario changeant concentre la majorité de ce type de zones au sud-est, dans le Cher. Il est d'ailleurs intéressant de noter que le Cher contient beaucoup de milieux favorables, à travers la grande présence de landes, dans le contexte d'un scénario conservatif. Ce département présente donc une grande possibilité de scénarios, selon les futures politiques de paysage adoptées. Ceci peut s'expliquer par les grandes différences de tendances d'échanges d'usage des sols qui sont apparues ces dernières années au sein de ce département. L'effet inverse est d'ailleurs constatable dans le Loir-et-Cher. Ce dernier possède donc des caractéristiques de changements paysagers divergents avec le Cher.

Ensuite, en 2050, la tendance de la majorité des milieux serait plutôt vers la neutralité, ni favorable ni défavorable avec l'augmentation des milieux urbains et la stabilité des forêts. De plus, peu importe le scénario, les milieux favorables sont en expansion. Ainsi, il survient un étalement des landes dans le Cher et le Loir-et-Cher comme vu précédemment. La seule différence pour ce type de zones est que le scénario changeant présente plus de zones très favorables, particulièrement dans le département de l'Indre, du fait de l'explosion des milieux aquatiques. Ce dernier pourrait être pris en exemple par les autres départements pour avoir une approche plus responsable sur la gestion des habitats favorables du *Lacerta agilis*.

Enfin, la Loire est toujours aussi propice pour le lézard des souches, avec une augmentation de l'aire de favorabilité autour du fleuve, et ce, pour les deux scénarios générés. Les deux scénarios convergent sur le fait que, dans le futur, les paysages seront plus avantageux pour cette espèce qu'ils ne le sont aujourd'hui.

De plus, un dernier résultat montre l'aspect purement hypothétique de notre analyse : il s'agit de l'AUC (Area Under the ROC (Receiver Operating Characteristic) Curve) (Figure 13). Ici, il est de 0,623 et avec une déviation standard à 0,072. Or, L'AUC varie entre 0 et 1 et les valeurs d'AUC comprises entre 0,5 et 0,7 indiquent une faible précision du modèle (Stohlgren et al., 2010). Les cartes générées sont donc assez peu précises sur la future distribution des paysages.

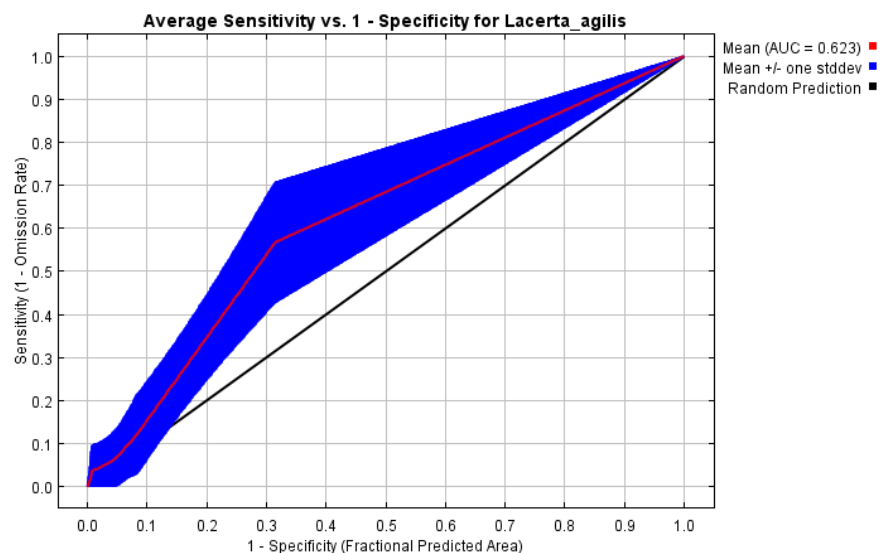


Figure 13 : Précision et sensibilité moyenne du modèle (auteurs : G. Demonchy, S. Doval)

IV. Discussion

Finalement, ce travail a permis de créer des scénarios adaptés à chaque département de la région Centre-Val de Loire. Cette démarche est assez novatrice sur le territoire car la plupart des autres études portant sur les évolutions de paysages se concentre sur l'échelle régionale alors que chaque département peut avoir des politiques d'aménagement différentes. De plus, les paysages étudiés sont plus précis que ceux habituellement étudiés. En effet, en temps général, la totalité des paysages sont divisés en 3 grandes catégories : agriculture, naturel et urbain. Cette étude est donc une tentative de rendre les prévisions plus réalistes en créant 7 catégories et notamment, en séparant les milieux aquatiques et les landes des autres paysages car ils n'ont pas du tout le même impact écologique que les autres types d'occupation de sol. Le fait d'associer les données de présence du *Lacerta agilis* sur ces prévisions paysagères futures novatrices est

aussi original en Centre-Val de Loire. Il est important de noter que les deux cartes des futures tendances d'évolution paysagère peuvent être réutilisées à l'infini sur le territoire pour beaucoup d'autres espèces, après avoir procédé à quelques améliorations du modèle.

Ensuite, il était prévu une diminution générale des populations du *Lacerta agilis* au vu de l'augmentation des milieux défavorables pour l'espèce, en particulier l'expansion des sols artificialisés. Or, cette hypothèse formulée dans l'introduction s'est révélée être en total opposition avec les scénarios futurs qui ont été produits. En effet, d'ici 2050, il est plutôt à prévoir une forte augmentation des zones favorables pour l'espèce, ce qui se révèle être hypothétiquement encourageant. Il est vrai que la surface des sols anthropisés augmente fortement au cours des prochaines années mais ils ne sont pas un frein au développement du lézard des souches selon les prévisions, bien au contraire. Les hypothèses de départ ne sont donc pas validées par les résultats du fait de l'agrandissement général des paysages favorables pour le *Lacerta agilis*.

De plus, du fait du caractère novateur de l'étude réalisée, il existe quelques pistes d'amélioration afin de rendre le modèle et les tendances encore plus précis. Par exemple, il a été constaté dans les résultats que l'AUC est assez faible, démontrant une simulation avec une précision pouvant être augmentée. Une piste de développement pourrait être d'encore accroître le total de paysages différents analysés. Le but serait alors de passer de 7 grandes catégories de paysages, choisis pour simplifier le système, à des paysages uniques et indépendants les uns des autres afin d'essayer de prévoir encore plus leurs possibles évolutions futures. Un autre paramètre sur lequel il pourrait être possible d'améliorer la simulation est le nombre de voisins pris en compte lors des modifications de paysages sous R. Au lieu de n'en prendre que 4, il serait tout à fait pertinent d'en prendre 8 afin de couvrir toutes les possibilités de changements d'occupation des sols.

En plus du manque de précision du modèle, la confection des deux scénarios à la base de l'étude est aussi une source potentielle d'erreurs. Ainsi, ces scénarios finaux ne sont que des tentatives de prévisions de tendances futures et ne représentent en rien une quelconque vérité sur la distribution future des paysages en région Centre-Val de Loire. D'autant plus qu'ils représentent deux extrêmes de la tentative de prévision du futur, avec les changements les plus et les moins importants enregistrés ces 30 dernières années au sein de chaque département, créant alors d'importantes modifications très marquées. Il est d'ailleurs nécessaire de rappeler que l'évolution des politiques de territoire ne sont pas forcément constantes dans le temps. Ces changements de régime peuvent difficilement être pris en compte, complexifiant les prévisions futures. De surcroît, le fait de se focaliser au niveau départemental a créé beaucoup d'indépendance et de différences entre les départements avec des évolutions très hétérogènes entre eux, même lorsque certains sont limitrophes. Il ne faut pas oublier que des politiques régionales sont aussi susceptibles d'être mises en place afin de créer un territoire régional plus homogène que nos cartes aux environs de 2050.

Le dernier point concernant les imperfections de l'étude concerne un biais assez répandu lorsque cela implique l'exploitation de données de présence. En effet, ces derniers ne reflètent que les endroits où les humains recensent une certaine espèce. Cependant, ces milieux ne sont pas nécessairement les habitats naturels de l'espèce mais parfois simplement des lieux de passage à travers un corridor écologique par exemple. Ce problème est particulièrement vrai pour les milieux urbains car ces territoires concentrent le plus de personnes, donc le plus d'inventaires naturalistes, ce qui augmente le degré de favorabilité calculé par le logiciel Maxent. Le paysage anthropisé, normalement considéré comme une barrière pour le *Lacerta agilis* peut alors se transformer en un milieu plus propice, non létal pour l'espèce. Ce biais peut aussi venir du nombre restreint de catégories de paysages qui a contraint certains habitats très différents pour l'espèce à se voir attribuer la même favorabilité. C'est pourquoi les paysages considérés comme neutres voire favorables dans notre modèle augmentent drastiquement dans nos prévisions futures, modifiant complètement le modèle et rejetant les hypothèses de départ. Une prise en compte plus profonde de ce phénomène serait alors bienvenue pour parvenir à d'autres cartes se rapprochant plus des constatations de terrain.

V. Conclusion

L'étude des changements paysagers a permis de montrer que d'ici 2050, le *Lacerta agilis* serait toujours présent dans la région Centre-Val de Loire et pourrait même peut-être voir sa population augmenter. En effet, les résultats des prévisions futures de changements paysagers semblent montrer un développement des milieux favorables pour l'espèce, notamment au niveau des milieux aquatiques et des landes. Les zones artificialisées sont susceptibles de prendre le pas sur les milieux agricoles, très néfastes pour l'espèce. Les paysages à l'horizon 2050 pourraient donc potentiellement être bénéfique pour le lézard des souches.

Cependant, il ne faut pas oublier les problèmes soulevés lors de l'étude. Le biais créé au niveau des zones anthropisées ainsi que certains manques de précision lors de la production des futures cartes constituent des complications à l'analyse finale des zones de favorabilité en 2050. Ils constituent alors des pistes d'amélioration pour d'éventuelles futures études portant sur le même sujet.

D'autres directions peuvent aussi être mises en place pour continuer l'analyse. Par exemple, il serait enrichissant d'associer les cartes de 2050 avec d'autres espèces de reptiles, d'amphibiens, d'insectes ou encore de mammifères. Une catégorisation plus affinée des paysages pourrait aussi permettre d'améliorer le modèle. Enfin, la dernière piste potentielle serait de croiser les changements paysagers et les changements climatiques. Cela permettrait de créer une carte globale de favorabilité pour toutes les espèces présentes en Centre-Val de Loire. Ce modèle plus complexe pourrait devenir un outil important dans l'étude des futures répartitions de la biodiversité et serait adaptable à d'autres territoires.

VI. Bibliographie

Buisson, G., Barriere, B., & Gaillet, J.-R. (2015). *En région Centre—Val de Loire, les vergers disparaissent du paysage—PDF Free Download*. <https://docplayer.fr/18243654-En-region-centre-val-de-loire-les-vergers-disparaissent-du-paysage.html>

CLC 2018—Copernicus Land Monitoring Service. (2018). [Land item]. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

Clergeau, P. (2010). *Biodiversité urbaine : De l'inventaire naturaliste au fonctionnement écologique*. 3.

CORINE Land Cover | Données et études statistiques. (2018). <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/corine-land-cover-0>

Dutertre, A., Mahé, L., Sansault, E., & Tinchant, A. (2020). Atlas des Amphibiens et Reptiles d'Indre-et-Loire. *SEPANT*. <https://sepant.fr/publications-et-outils/atlas-herpetologique-amphibiens-reptiles-indre-et-loire/>

Forman, R. T. T., Foreman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology* (Wiley). Wiley.

Jacob, J.-P., Percsy, C., de Wavrin, H., Graitson, E., Kinet, T., Denoël, M., Paquay, M., Percsy, N., & Remacle, A. (2007). *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*. Aves-Rainne et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW - DGRNE). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/20836>

La Liste rouge des espèces menacées en France. (2020). *UICN France*. <https://uicn.fr/liste-rouge-france/>

La Liste rouge mondiale des espèces menacées. (2020). *UICN France*. <https://uicn.fr/liste-rouge-mondiale/>

Larousse, É. (2021, Consultée en). *Définitions : Distribution - Dictionnaire de français Larousse*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/distribution/26094>

Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P., & Trommetter, M. (2008). *Agriculture et biodiversité : Des synergies à valoriser. Rapport* (p. 637 p.) [Contract]. INRA. <https://doi.org/10.15454/g90f-6x43>

Lecq, S. (2014). *Importance de la structure des haies, des lisières, et de la disponibilité en abris sur la biodiversité, implications en termes de gestion*. 201.

Lisières et Haies. (2021, Consultée en). <https://www.iasef.fr/index.php/lisiere/343-lisieres-et-haies>

Mahmood, R., Pielke, R. A., Hubbard, K. G., Niyogi, D., Dirmeyer, P. A., McAlpine, C., Carleton, A. M., Hale, R., Gameda, S., Beltrán-Przekurat, A., Baker, B., McNider, R., Legates, D. R., Shepherd, M., Du, J., Blanken, P. D., Frauenfeld, O. W., Nair, U. S., & Fall, S. (2014). Land cover changes and their biogeophysical effects on climate : LAND COVER CHANGES AND THEIR BIOGEOPHYSICAL EFFECTS ON CLIMATE. *International Journal of Climatology*, 34(4), 929-953. <https://doi.org/10.1002/joc.3736>

Remembrement—Géoconfluences. (2020). [Terme]. <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/remembrement>

Sansault, E., & Marques, D. (2020). *Amphibiens et reptiles de la région Centre-Val de Loire*. 121.

Seine-Saint-Denis, A. des paysages de. (2018, juin 5). *Les unités paysagères : Définition et méthodologie*. <http://www.paysages.seine-saint-denis.developpement-durable.gouv.fr/les-unites-paysageres-definition-et-methodologie-a64.html>

Stohlgren, T. J., Ma, P., Kumar, S., Rocca, M., Morissette, J. T., Jarnevich, C. S., & Benson, N. (2010). Ensemble Habitat Mapping of Invasive Plant Species. *Risk Analysis*, 30(2), 224-235. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01343.x>

Vitousek, P. M. (1992). Global Environmental Change : An Introduction. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1), 1-14. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.000245>

Directeur de recherche :

Igor Boyer

Guillaume Demonchy et Salomé Doval

PFE/DAE5

ADAGE

2021-2022

Changements paysagers passés et distribution de reptiles, quelles tendances pour les prochaines décennies ?

Résumé : Dans un contexte de changements globaux, il est primordial de comprendre les tendances de l'évolution d'occupation du sol pour prévoir les menaces qui pèsent sur la biodiversité. Le mode de vie de l'espèce humaine influence fortement les changements paysagers. L'étude porte alors sur l'évolution des paysages en région Centre-Val de Loire (France) et de la favorabilité de ces habitats pour l'espèce *Lacerta agilis* durant les prochaines décennies. Les habitats préférentiels de ce lézard sont les milieux aquatiques, sableux et les landes, c'est pourquoi l'anthropisation du territoire apparaît comme une menace pour eux. L'échelle déterminée est celle des six départements de la région qui ont chacun des politiques d'aménagement du territoire et d'environnement propres. Des scénarios de changement d'occupation du sol sont alors créés pour chacun d'entre eux. Les paysages futurs sont ensuite modélisés à partir de ces scénarios, puis couplés aux données de présence actuelles du *Lacerta agilis* pour enfin obtenir des cartes de favorabilité des habitats pour l'espèce. Les résultats, plutôt contre-intuitifs, montrent une augmentation d'habitats favorables à ce reptile.

Abstract : In a context of global changes, it is essential to understand trends in land use in order to predict threats to biodiversity. The way of life of humans strongly influences landscape changes. The study therefore focuses on the evolution of landscapes in the Centre-Val de Loire region (France) and the favorability of these habitats over the coming decades for the *Lacerta agilis* species. The preferential habitats of this lizard are aquatic, sandy and moor environments, which is why the anthropization of the territory appears to be a threat to them. The scale determined is the six departments of the region, each of them has its own land-use and environmental policies. Land use changes scenarios are then created for each one. After, future landscapes were modelled based on these scenarios and associated with data on the current presence of *Lacerta agilis* to finally obtain maps of habitat favorability for the species. The results, which are rather counter-intuitive, show an increase in favorable habitats for this reptile.

Mots Clés : changements paysagers, modélisation, habitats, favorabilité, *Lacerta agilis*