Réserve Naturelle Nationale
PINAIL

Identification et modélisation des habitats d'espèces à enjeux des zones humides et évolution de leur répartition avec le changement climatique

RAPPORT SPECIAL GRAND CHATELLERAUT

Vienne Aval Contrat Territorial
agence de l'eau Loire-Bretagne
GRAND CHÂTELLERAULT COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION
AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT
anrt association nationale recherche technologie
Cifre
TERRITOIRE À ÉNERGIE POSITIVE POUR LA CROISSANCE VERTE MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE
association de gestion de la réserve du Pinail gerepi
Université de Poitiers
université de TOURS

Association GEREPI

Moulin de Chitré, 86 210 Vouneuil-sur-Vienne

contact@reserve-pinail.org ; 05.49.02.33.47 ; http://www.reserve-pinail.org/

Photo de couverture :

Rainette arboricole, Yann Sellier

Financeurs :

Communauté d'agglomération de Grand Châtellerault (*outil PCAET*), Agence de l'Eau Loire-Bretagne (*outil CTVA*), Association nationale de la recherche et de la technologie (*outil CIFRE*), Agence Française pour la biodiversité.

Coordination de l'étude :

Clémentine Préau (GEREPI)

Participants :

Yann Sellier (GEREPI), Frédéric Grandjean (Université de Poitiers), Francis Isselin-Nondedeu (Université de Tours), Romain Bertrand (CTMB, Moulis). Miguel Gailledrat (Vienne Nature), Deux-Sèvres Nature Environnement, Nature Environnement 17, Ligue de Protection des Oiseaux de Charente-Maritime, Charente Nature.

Rédaction et mise en page :

Clémentine Préau
Chargé d'études, doctorante à l'université de Poitiers
Association GEREPI
Moulin de Chitré
86210 Vouneuil-sur-Vienne
Tél. : 05-49-02-33-47
Email : contact@reserve-pinail.org
Web : http://www.reserve-pinail.org/

Relecture :

Philippe Eon (CAGC), Yann Sellier et Kévin Lelarge (GEREPI)

Citation :

Préau C., K. Lelarge, F. Grandjean, R. Bertrand, F. Isselin, Y. Sellier. 2019. Identification et modélisation des habitats d'espèces à enjeux des zones humides et évolution de leur répartition avec le changement climatique - Rapport spécial Grand Châtellerault. Édité par GEREPI, Vouneuil-sur-Vienne, France. 57 p.

Sommaire

I. Introduction 1

II. Scénarios d'habitats favorables pour quatre espèces d'amphibiens (triton crêté, sonneur à ventre jaune, rainette méridionale et rainette arboricole) sous l'effet des changements climatiques et d'utilisation du sol 5

III. Évaluation de la connectivité actuelle et future des zones potentiellement favorables au triton crêté et au triton marbré 10

IV. Modélisation de la niche écologique de l'écrevisse autochtone *Austropotamobius pallipes* en relation avec l'invasive *Pacifastacus leniusculus* .. 20

V. Discussion et conclusion 28

Proposition d'orientations stratégiques pour la préservation des espèces emblématiques des zones humides du territoire de Grand Châtellerault..... 30

VI. Références 34

Annexe 1 37
Annexe 2 41
Annexe 3 51
Annexe 4 55

I. Introduction

La Communauté d'Agglomération de Grand Châtellerault (CAGC) est engagée dans une politique « énergie - climat » depuis 2009. Le panel d'actions déployé sur le territoire, formalisé récemment par un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET), avait déjà conduit à sa labellisation Cit'Ergie en 2011 puis Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV) en 2016. Dans ce contexte, la collectivité recherche à développer des stratégies locales d'atténuation de l'effet de serre et d'adaptation au changement climatique. En plaçant la biodiversité au cœur de ses réflexions, elle s'est entourée de partenaires locaux dans l'objectif de favoriser les liens entre la science et la politique, les chercheurs, les gestionnaires et les décideurs. L'association GEREPI, responsable de la Réserve naturelle nationale du Pinail, a accompagné la CAGC dans cette démarche. Face aux phénomènes de changements globaux et d'extinction de masse des espèces, une étude prospective sur l'état actuel et futur d'espèces emblématiques des zones humides a été développée en intégrant les causes majeures de l'effondrement de la biodiversité : la destruction et dégradation des habitats, l'introduction d'espèces et surtout le changement climatique. Cet apport de connaissance, soutenu par les partenaires du Contrat Territorial Vienne Aval (CTVA), un outil de gestion de l'eau et des milieux aquatiques de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne (AELB), a été formalisé par des travaux de recherche de 2016 à 2019.

Ce rapport présente des résultats produits dans le cadre de la thèse de Clémentine Préau menée à l'association GEREPI, co-encadrée par les universités de Poitiers et de Tours. Celle-ci s'inscrit dans une démarche locale et transversale de collaboration entre différents acteurs alliant décideurs, chercheurs et acteurs de la protection de la nature, pour qui la conservation de la biodiversité est un facteur clé de l'atténuation et l'adaptation aux effets des changements globaux. Seulement, alors que l'évaluation des impacts du changement climatique sur la distribution des espèces est largement réalisée à de larges échelles, l'évaluation à l'échelle nationale ou infranationale est moins systématique bien qu'elle soit plus appropriée pour être prise en compte dans les stratégies de conservation locales comme sur le territoire de Grand Châtellerault.

Ainsi, nous utilisons des approches basées sur la modélisation de niche écologique pour évaluer la vulnérabilité d'espèces emblématiques des zones humides au changement climatique, notamment grâce à des scénarios de changement

climatique basés sur différentes trajectoires de forçage radiatif. Celui-ci résultant des libérations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Le forçage radiatif représente une modification du bilan radiatif de la Terre, c'est-à-dire de la différence entre le rayonnement solaire entrant et le rayonnement infrarouge sortant de la troposphère. Le bilan des forçages radiatifs est négatif lorsque les émissions d'infrarouges sont supérieures aux quantités reçues, et positif lorsque la Terre retient plus d'infrarouges qu'elle n'en émet. Les rayonnements sont notamment retenus par des gaz à effet de serre. Ce bilan radiatif est utilisé par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) pour mesurer le bilan énergétique de la Terre, étroitement lié à l'évolution de la température. La croissance économique et démographique a entraîné une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre depuis l'époque préindustrielle, principalement le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O) (IPCC 2014). Ces facteurs sont impliqués dans la modification de toutes les composantes du système climatique, ce qui aboutit à un réchauffement global du climat. En effet, il existe un consensus scientifique sur l'importance du changement climatique et sur le lien entre celui-ci et les activités humaines (Anderegg et al. 2010; Cook et al. 2013). D'après le 5ème rapport du GIEC sur le changement climatique, la température à la surface des terres émergées et des océans s'est réchauffée de 0,85 [0,65 à 1,06] degré Celsius en moyenne pendant la période 1880-2012 (IPCC 2014). Ce réchauffement s'accompagne globalement d'une modification du régime des précipitations, d'une élévation du niveau marin et d'une augmentation de la fréquence des évènements météorologiques extrêmes. Quatre grandes trajectoires de forçage radiatif ont été identifiées parmi une multitude de scénarios, elles sont appelées trajectoires représentatives de concentration (RCP, pour Representative Concentration Pathways). Les scénarios RCP sont nommés en fonction du forçage radiatif atteint en 2100 ; le RCP 2.6 W/m² décrit un pic des émissions avant 2100, suivi par un déclin, les RCP 4.5 W/m² et RCP 6.0 W/m² décrivent des trajectoires avec stabilisation des émissions, alors que le RCP 8.5 W/m² décrit une trajectoire croissante des émissions (Moss et al. 2010).

Le changement climatique a de nombreuses conséquences sur la biodiversité. Il affecte notamment la physiologie et la phénologie des individus et entraîne des déplacements de la distribution des espèces (Bellard et al. 2012). Par ailleurs, des projections utilisant les scénarios futurs de changement climatique ont mis en exergue

la sensibilité de nombreux taxons, comme des amphibiens, des oiseaux, des mammifères ou des plantes, avec notamment des mouvements des aires qui leur sont climatiquement favorables (Araujo et al. 2006 ; Barbet-Massin et al. 2012 ; Thuiller et al. 2011 ; Thuiller et al. 2005).

Nous avons évalué l'impact potentiel du changement climatique sur la distribution d'espèces à différentes échelles administratives, afin de fournir des éléments pouvant être utilisés dans une démarche territoriale d'intégration des enjeux relatifs à la biodiversité, dans un contexte de changement climatique. Nous présentons les apports de l'outil de modélisation de niche écologique pour mettre en évidence des changements potentiels de distribution d'espèces à des échelles permettant une prise en compte dans les stratégies et politiques de conservation et de gestion.

Nous nous sommes intéressés aux amphibiens, taxon emblématique des zones humides, pour étudier l'impact du changement climatique sur la distribution d'espèces présentes sur le territoire de Grand Châtellerault, suivant une imbrication d'échelles d'étude : le département de la Vienne, la région Nouvelle-Aquitaine et la France. La vulnérabilité des amphibiens face aux changements affectant les milieux aquatiques et terrestres, et notamment la disparition des zones humides, ainsi que les faibles capacités de dispersion de ces espèces, en font un groupe pertinent pour l'évaluation des impacts liés aux changements climatique et d'occupation du sol. Dans l'ex-région Poitou-Charentes, qui comprend la Vienne, alors que les espèces et leurs habitats sont protégés en France et en Europe (Ministère de l'Écologie et al. 2007 ; Council of the European Union 1992), quatre espèces d'amphibiens (16 %) sont menacées de disparition (catégories CR, EN, VU) et sept espèces d'amphibiens sont quasi menacées de disparition (catégorie NT) (Poitou-Charentes Nature 2016).

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à une autre espèce emblématique des milieux humides et des cours d'eau, l'écrevisse à pattes blanches *Austropotamobius pallipes.* Cette espèce est protégée et évaluée comme vulnérable en France et comme en danger au niveau mondial. Nous avons ainsi étudié le contexte particulier à cette espèce en appliquant notre méthodologie pour évaluer la menace conjointe du changement climatique et d'une invasion biologique par l'écrevisse signal *Pacifastacus leniusculus*.

Ce travail fait l'objet d'une thèse intitulée : « Identification et modélisation des habitats d'espèces à enjeux et évolution de leur aire de répartition avec le changement climatique ». La question générale de cette thèse était : Quelles seront les réponses de différentes espèces emblématiques des zones humides face à des changements globaux, à différentes échelles spatiales ? L'hypothèse étudiée est que les espèces risquent, à l'horizon 2100, de perdre tout ou partie des aires leur étant favorables sous différents scénarios de changement climatique, et que cette réponse négative pourrait être aggravée par d'autres changements globaux comme le changement d'occupation du sol ou les invasions biologiques. Les différents chapitres y répondent grâce à des approches basées sur la modélisation de niche écologique (ENM) portant sur des espèces d'amphibiens et d'écrevisses. Dans ce rapport d'études, les résultats des études présentées dans la thèse et publiés ou en cours de publication dans des revues scientifiques internationales, sont déclinés sur le territoire de Grand Châtellerault (CAGC), dans le but de fournir des outils fonctionnels pour servir à l'évaluation, la gestion et la protection des espèces étudiées et de leurs habitats. Ceci alimentera les stratégies d'atténuation du changement climatique et d'adaptation de ces impacts localement.

Pour plus d'informations :

Les informations présentées dans ce rapport sont issues de la thèse* suivante :

C. Préau (2019) **Identification et modélisation des habitats d'espèces à enjeux et évolution de leur aire de répartition avec le changement climatique**. Thèse de doctorat, Université de Poitiers, France. 251 p.

* : le rapport de thèse sera disponible à partir de fin 2020 après achèvement des publications scientifiques en cours, auprès de l'université de Poitiers

II. Scénarios d'habitats favorables pour quatre espèces d'amphibiens (triton crêté, sonneur à ventre jaune, rainette méridionale et rainette arboricole) sous l'effet des changements climatiques et d'utilisation du sol

La distribution des espèces, et notamment des amphibiens, est en partie régie par l'environnement disponible (Peterson & Soberón 2012). Certains facteurs de l'environnement sont favorables à la survie et à l'accomplissement du cycle de vie des espèces. Il s'agit notamment de la présence de forêts ou d'éléments boisés fournissant des refuges en hiver et en été et protégeant les individus de la dessiccation, ou des zones humides qui sont les milieux préférentiels de reproduction des amphibiens (Jehle 2000 ; Rittenhouse & Semlitsch 2007). Cependant, beaucoup d'espèces d'amphibiens sont vulnérables face à la modification du paysage entraînant la perte et la fragmentation des habitats (Cushman 2006 ; Ficetola & De Bernardi 2004), ainsi qu'aux conditions dépassant leur tolérance physiologique comme des températures trop élevées (Duarte et al. 2012 ; Gerick et al. 2014 ; Sunday et al. 2014). La compréhension des facteurs influençant la distribution des amphibiens, ainsi que leurs préférences d'habitat, est essentielle pour mettre en place des mesures de protection de leurs populations.

Cette première étude est basée sur des données de présence des espèces à l'échelle de plusieurs départements, correspondant à la région Nouvelle-Aquitaine, issues de prospections de terrain compilées grâce à des partenariats avec plusieurs associations naturalistes. Il s'agit de : Vienne Nature en Vienne, Deux-Sèvres Nature Environnement dans les Deux-Sèvres, Charente Nature en Charentes, Nature environnement 17 et la Ligue de protection des oiseaux (LPO) en Charente-Maritime, le GMHL, ainsi que Cistude Nature dans le cadre de leur programme « les sentinelles du climat » en ex-Aquitaine. Cette étude a été publiée dans la revue Regional Environmental Change, dans un article qui s'intitule « Predicting suitable habitats for four range margin amphibians under climate and land-use changes in southwestern France ». Cette étude se concentre sur des espèces dont les limites de répartition se situent en région Nouvelle-Aquitaine, afin d'étudier l'évolution de la distribution des aires favorables en fonction des scénarios de changements climatique et d'occupation du sol. Nous avons fait le choix de quatre espèces, dont les populations se trouvant en marge de répartition dans la région, peuvent présenter des adaptations locales, et sont

donc largement susceptibles d'être affectées par les effets du changement climatique. La question soulevée dans cet article est : Quels peuvent être les effets conjoints des changements climatique et d'occupation du sol sur la distribution potentielle du sonneur à ventre jaune *Bombina variegata*, de la rainette arboricole *Hyla arborea*, de la rainette méridionale *Hyla meridionalis* et du triton crêté *Triturus cristatus*. Nous avons fait l'hypothèse que la distribution de ces espèces serait réduite sous l'effet des températures croissantes des scénarios climatiques et que l'utilisation du sol pourrait intensifier ou réduire cette tendance.

Nous avons utilisé des modèles de distribution de niche écologique pour mettre en relation les données sur les espèces avec des variables environnementales relatives au climat et à l'occupation du sol dans un maillage d'1 km². Les variables prises en compte étaient : la distance aux zones artificialisées, la distance aux cultures, la distance aux forêts, la distance aux milieux ouverts ou semi-ouverts, la distance aux cours d'eau, les précipitations moyennes, les températures minimales moyennes et les températures maximales moyennes (les détails de la méthodologie sont présentés dans l'article publié dans Regional Environemental Change). Les résultats ont montré une plus grande contribution des variables climatiques à la distribution des espèces étudiées par rapport aux catégories d'occupation du sol prises en compte (Figure 1). Nos projections sous les différents scénarios de changement climatique et d'occupation du sol ont en effet montré l'importance du climat dans la distribution des espèces, celle-ci pouvant ensuite être modulée par l'occupation du sol. La prise en compte des localisations géographiques des milieux de reproduction, mares ou étangs, permanents ou temporaires, aurait permis d'améliorer les prédictions. Cependant, ces données ne sont pas disponibles avec une précision suffisante à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine. Les résultats sur la région Nouvelle-Aquitaine ont montré que selon l'intensité des changements climatique et d'occupation du sol, les espèces en limite sud de leur aire de répartition (*B. variegata*, *H. arborea* et *T. cristatus*) risqueraient de subir une régression plus ou moins importante de leur aire favorable. À l'inverse, la surface de l'aire favorable à *H. meridionalis*, qui est en limite nord de sa répartition dans la région, pourrait potentiellement augmenter dans la région. Les résultats des projections sous le scénario RCP 8.5, qui entraînerait un réchauffement important, posent question quant à la capacité des populations à atteindre les zones favorables prédites sous ce scénario. Celle-ci dépend des capacités

de dispersion des individus, de l'occupation du sol et de la connectivité des habitats qui séparent les zones favorables actuellement et dans les conditions futures. La déclinaison des résultats pour le territoire de Grand Châtellerault est disponible en figure 2. Les figures détaillées par espèce sont disponibles en annexe 1, ainsi qu'en .tif dans le dossier joint à ce rapport pour permettre la réutilisation des résultats.

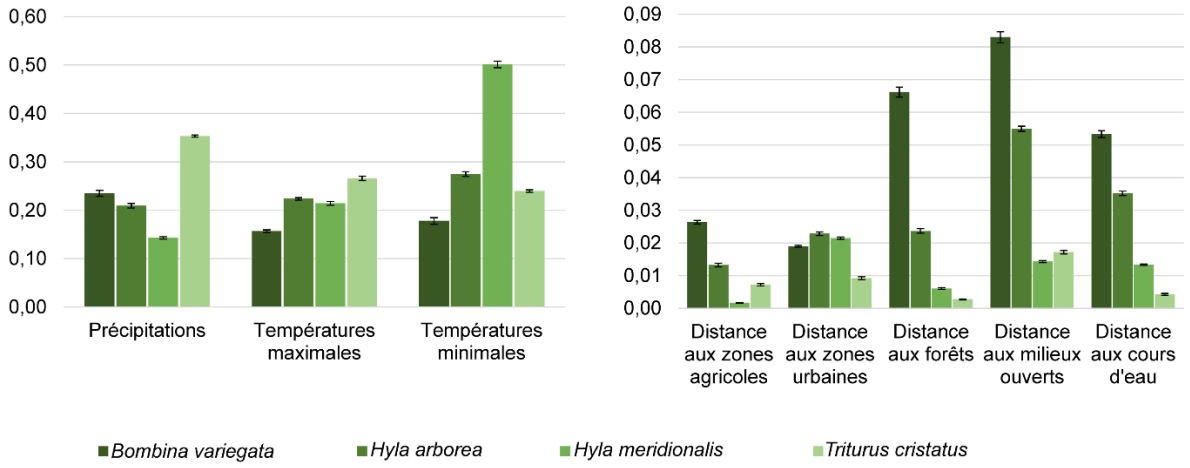


Figure 1 : Importance des variables dans les modèles réalisés pour les différentes espèces.

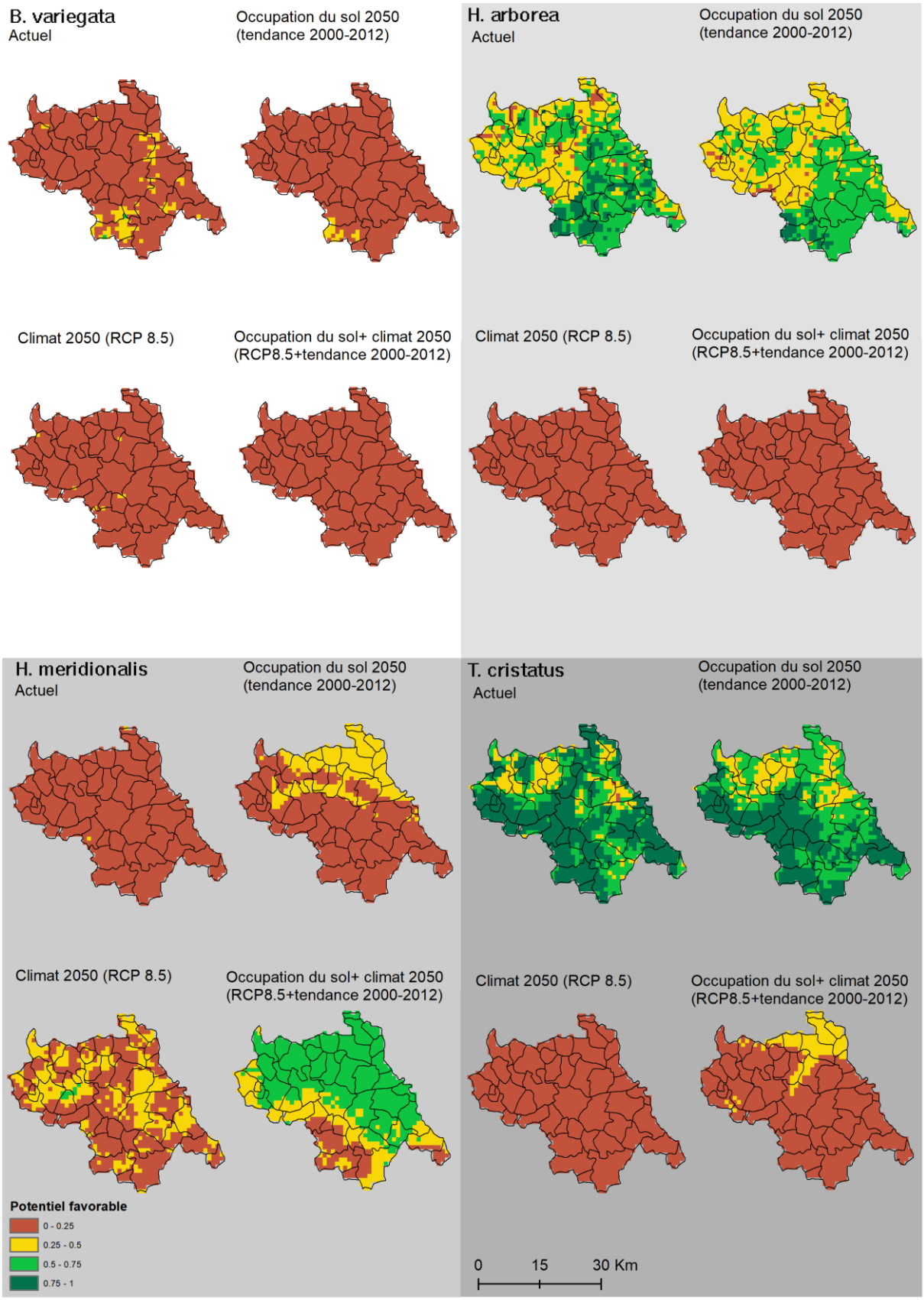


Figure 2 : Cartes du potentiel favorable à *B. variegata, H. arborea, H. meridionalis et T. cristatus* sur le territoire de Grand Châtellerault. Pour chaque espèce, la carte en haut à gauche représente le potentiel favorable simulé pour les conditions actuelles.

En haut à droite, le potentiel favorable simulé pour 2050 sous un scénario de changement d'occupation du sol suivant la tendance observée en Nouvelle-Aquitaine entre 2000 et 2012. En bas à gauche, le potentiel favorable simulé pour 2050 sous un scénario de changement climatique correspondant au scénario RCP 8.5. En bas à droite, le potentiel favorable simulé pour 2050 sous un scénario combinant le changement climatique correspondant au scénario RCP 8.5 et le changement d'occupation du sol suivant la tendance observée en Nouvelle-Aquitaine entre 2000 et 2012.

Pour plus d'informations :

Les informations présentées dans cette partie sont issues de la thèse de C. Préau (2019) et de l'article suivant :

C. Préau, F. Isselin-Nondedeu, Y. Sellier, R. Bertrand et F. Grandjean. 2018. **Predicting suitable habitats of four range margin amphibians under climate and land-use changes in southwestern France**. *Regional Environmental Change*, 19, 27-38.

III. Évaluation de la connectivité actuelle et future des zones potentiellement favorables au triton crêté et au triton marbré

Les mouvements de distribution des espèces engendrés par le changement climatique sont souvent appréhendés sur de larges échelles géographiques, à partir de variables environnementales générales. Cependant, les conséquences peuvent être étudiées à une échelle plus locale, avec une résolution plus fine permettant d'intégrer des variables précises comme la localisation des mares, essentielles à la reproduction des amphibiens. Dans cette deuxième étude, nous avons étudié les effets du changement climatique sur le potentiel favorable et la connectivité des habitats des amphibiens à l'échelle du département de la Vienne. Pour cela, nous avons sélectionné deux espèces de tritons, le triton crêté *Triturus cristatus* et le triton marbré *Triturus marmoratus*. La question associée à ce chapitre est donc : Quels sont les effets du changement climatique sur la distribution potentielle et la connectivité des habitats favorables aux amphibiens à l'échelle départementale ? Nous avons fait l'hypothèse que le changement climatique entraînerait une réduction de la distribution de ces deux espèces dans le département et que la connectivité des patches d'habitat, identifiés comme étant favorables aux espèces, serait aussi négativement impactée.

Nous avons aussi utilisé des modèles de niche écologique pour cette étude. Nous avons calibré des modèles de niche écologique à l'échelle de l'aire de répartition des espèces en prenant en compte des variables climatiques, car le climat structure la distribution des espèces à large échelle. Nous avons projeté ces modèles sous deux scénarios de changement climatique, le RCP 2.6 qui simule un pic puis un déclin des émissions à l'horizon 2100 et le RCP 8.5 qui décrit une trajectoire croissante des émissions. Nous avons couplé ces modèles calibrés sur des données climatiques avec d'autres modèles de niche écologique, prenant cette fois en compte des variables d'occupation du sol, car celles-ci conditionnent le maintien des populations à l'échelle locale. Cela nous a permis de prendre en compte des données relatives à la présence des mares, des étangs et des sources dans le département de la Vienne, qui n'étaient pas disponibles à une plus large échelle comme nous l'avons vu dans l'étude précédente. Une grande partie des données de présence des espèces utilisées proviennent de partenariats avec des associations naturalistes, il s'agit de Vienne

Nature dans le département de la Vienne et des associations faisant partie du réseau Faune-France, qui centralise des données naturalistes d'un grand nombre d'associations en France depuis 2017 (https://www.faune-france.org/). Comme nous nous y attendions, la distance à la mare la plus proche s'est avérée essentielle pour prédire la répartition des tritons dans la zone d'étude. Les variables climatiques les plus importantes pour expliquer la distribution de *T. cristatus* étaient la température maximale du mois le plus chaud et l'écart annuel des températures, alors que pour *T. marmoratus*, les variables les plus importantes étaient la saisonnalité des températures et la température moyenne du trimestre le plus sec. L'utilisation de scénarios de changement climatique a permis de simuler l'évolution potentielle de la distribution des zones favorables à ces deux espèces dans le département. Nos résultats ont mis en évidence la vulnérabilité de *T. cristatus*, qui à l'échelle du département se trouve en limite sud de son aire de répartition et pour lequel nos projections ont montré une réduction de la surface des habitats potentiellement favorables (i.e du potentiel favorable) dès 2050, sous le scénario RCP 2.6. Les populations de *T. marmoratus* pourraient être davantage en capacité de faire face au changement climatique dans le département puisque les zones favorables semblent se maintenir jusqu'en 2050 sous le scénario RCP 8.5. Après combinaison des modèles de niche écologique aux échelles globales et locales, nous avons obtenu des cartes de potentiel favorable qui nous ont permis de déterminer des patches d'habitats que l'on considère comme favorable à chacune des espèces (Figure 3 et 4). Nous avons aussi utilisé ces valeurs de potentiel favorable pour déterminer la résistance du paysage face aux déplacements des espèces entre les patches d'habitat favorable (Figure 3 et 4). La déclinaison des résultats pour le territoire de Grand Châtellerault est disponible en figures 3 et 4. Les figures détaillées par condition sont disponibles en annexe 2, ainsi qu'en .tif dans le dossier joint à ce rapport pour permettre la réutilisation des résultats.

Ensuite, nous avons utilisé ces deux éléments, les patches d'habitat et la résistance du paysage pour analyser la connectivité potentielle des habitats déterminés comme favorables à chaque espèce, via des graphes paysagers. Les graphes paysagers sont des outils développés à partir de la théorie des graphes. Celle-ci permet d'étudier la connectivité potentielle des habitats d'une espèce, grâce à un compromis entre l'étude de la connectivité réelle, qui nécessite des moyens importants, et l'étude de la connectivité structurelle, qui ne tient pas compte des caractéristiques de l'espèce

(Calabrese & Fagan 2004). La théorie des graphes est notamment basée sur les concepts de « nœuds » représentant les patches d'habitats et de « liens » représentant les connexions entre les nœuds (Urban & Keitt 2001). En général, les liens sont déterminés à partir d'une matrice de résistance qui informe sur la perméabilité du paysage situé entre les nœuds. Un graphe paysager peut donc être construit à partir des informations sur la localisation des patches d'habitat d'une espèce et de la capacité de dispersion de l'espèce au sein du paysage. Cette dernière fait appel à la fois à la capacité intrinsèque de dispersion de l'espèce, mais aussi à la résistance de la matrice paysagère face aux mouvements de l'espèce. Une fois le graphe construit, il est possible de calculer des indices de connectivité, globalement ou au niveau des patches ou des liens. Dans cette étude, nous avons utilisé cette approche, à la suite de la combinaison de nos deux types de modèles de niche écologique, pour évaluer la connectivité des habitats potentiels identifiés. Les cartes de potentiel favorable nous ont permis de déterminer les patches d'habitat et la matrice de résistance nécessaires à la construction des graphes pour chaque espèce, dans des conditions actuelles, mais aussi avec des projections sous les scénarios de changement climatique. Une fois les graphes construits, nous avons calculé une métrique de connectivité appelée le flux d'interaction. Cette métrique représente la contribution locale d'un patch favorable à la connectivité totale de la zone d'étude. L'étude de la connectivité entre les patches d'habitat favorable a permis de déterminer les zones avec le meilleur potentiel de connectivité pour ces espèces. Les projections avec les scénarios de changement climatique ont montré que le potentiel de connectivité risquait de diminuer en suivant la réduction du potentiel favorable des patches et dans les mailles entre les patches (Figure 5 et 6). Nous avons aussi pu compiler les résultats pour les deux espèces et obtenir une évaluation des zones risquant d'être les plus vulnérables à l'effet du changement climatique (Figure 7). La déclinaison des résultats pour le territoire de Grand Châtellerault est disponible en figures 5, 6 et 7. Les figures 5 et 6 détaillées par condition sont disponibles en annexe 3, ainsi qu'en .tif dans le dossier joint à ce rapport pour permettre la réutilisation des résultats.

Cette étude est l'objet d'un article intitulé « Habitat patches for newts in the face of climate change : local scale assessment combining niche modelling and landscape graph », qui présente les détails de cette méthode et des résultats à l'échelle du département de la Vienne, soumis à la revue Scientific Reports.

L'approche utilisée dans cette étude pourrait permettre une prise en compte détaillée de ces espèces et de leur milieu de vie dans les documents d'urbanisme et de planification mis en place dans le département et tout particulièrement à l'échelle du territoire de Grand Châtellerault. Le schéma de cohérence territoriale (SCOT) Seuil du Poitou intègre une déclinaison locale des Trames Vertes et Bleues (TVB) identifiées dans le schéma régional de cohérence écologique (SRCE), désormais intégré au Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET). Ce document place la biodiversité au cœur des stratégies d'aménagement du territoire et vise à préserver les réservoirs de biodiversité et les fonctionnalités écologiques, notamment grâce à l'identification de périmètres de vigilance. Les plans locaux d'urbanisme (PLU) et plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi) régissent l'occupation du sol à l'échelle communale et intercommunale. L'engagement du territoire de Grand Châtellerault dans l'élaboration d'un PLUi met en perspective la mobilisation de nos résultats dans la définition des réservoirs de biodiversité « humides » et des corridors écologiques associés, à préserver et/ou à restaurer, afin de concilier les activités humaines et la préservation de la biodiversité et de ses services rendus dans une stratégie intégrée d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. Ce travail à l'échelle intercommunale représente également une opportunité pour consolider et décliner une telle prise en compte localement, à l'échelle de chacune des 47 communes de la collectivité, afin que l'approche cartographique de la TVB développée dans les PLU puisse donner lieu à une stratégie opérationnelle. Également engagé dans la mise en place d'une Stratégie et des Engagements de la Vienne pour l'Environnement (SEVE), le département doit pouvoir intégrer et diffuser de telles connaissances. Les zones identifiées comme ayant un fort potentiel de connectivité doivent être mises en relation avec les éléments fragmentant du paysage, comme la ligne à grande vitesse, l'autoroute A10, et les zones les plus urbanisées, afin de cibler des mesures de conservation, de reconquête, comme la préservation ou la restauration de la matrice paysagère, de milieux ou de corridors fonctionnels. Par ailleurs, nos projections sous les scénarios de changement climatique ont permis d'identifier les zones les plus vulnérables, ce qui peut permettre une vision à long terme de la protection de ces dernières et par la même occasion des grands tritons en Vienne.

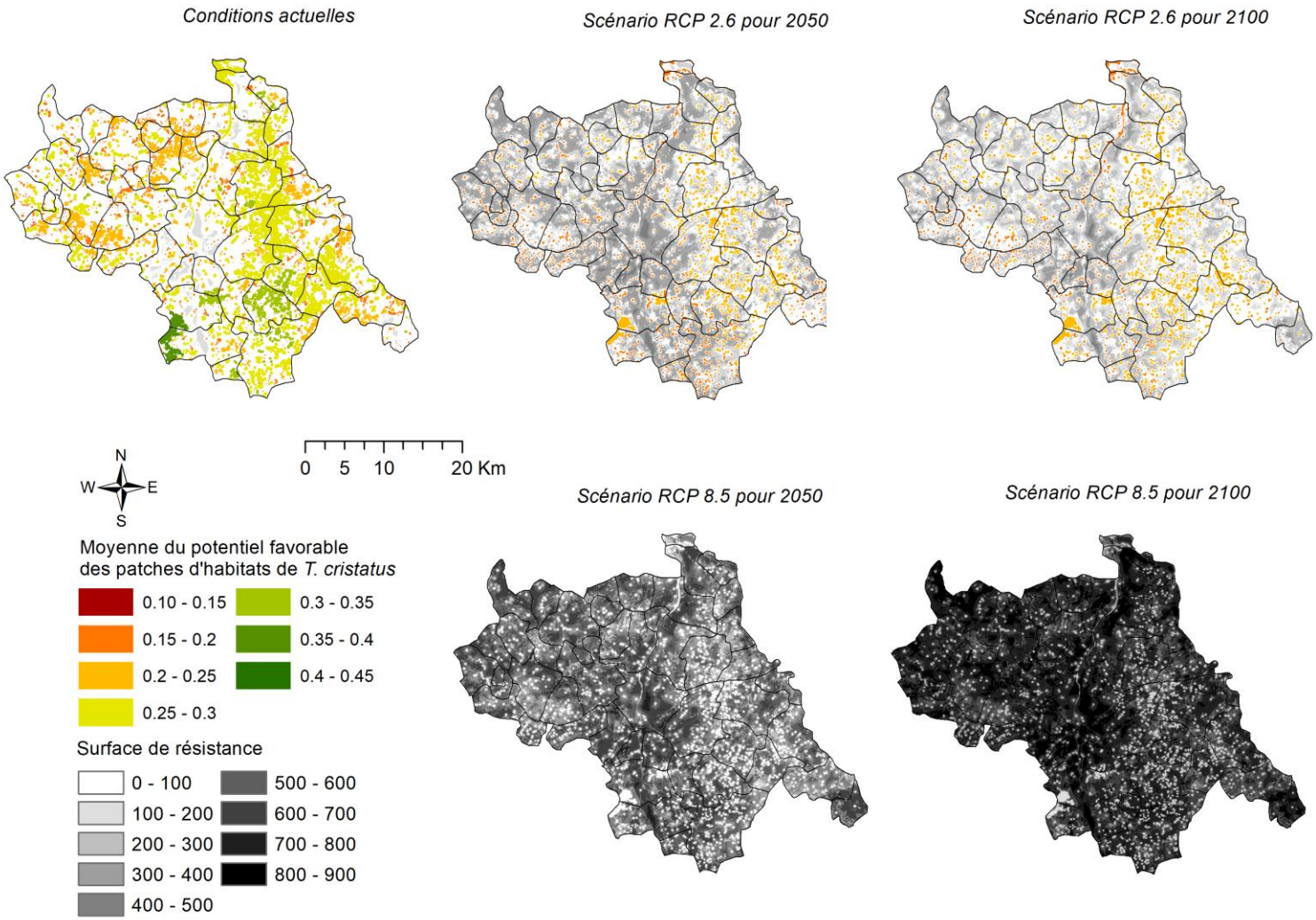


Figure 3 : Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables à *T. cristatus* et surface de résistance entre les patches, dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 pour les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, sur le territoire de Grand Châtellerault.

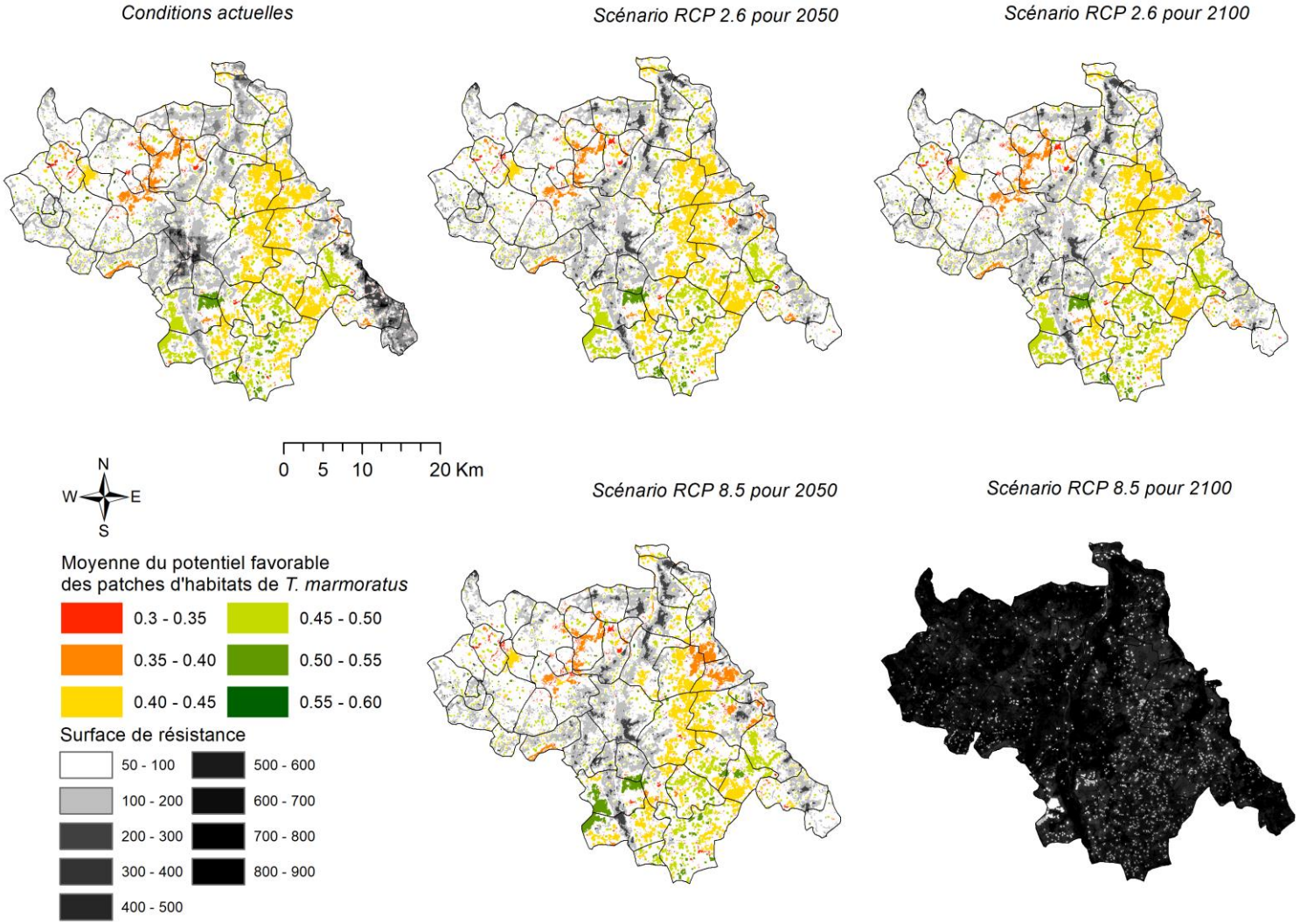


Figure 4 : Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables à *T. marmoratus* et surface de résistance entre les patches, dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 pour les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, sur le territoire de Grand Châtellerault.

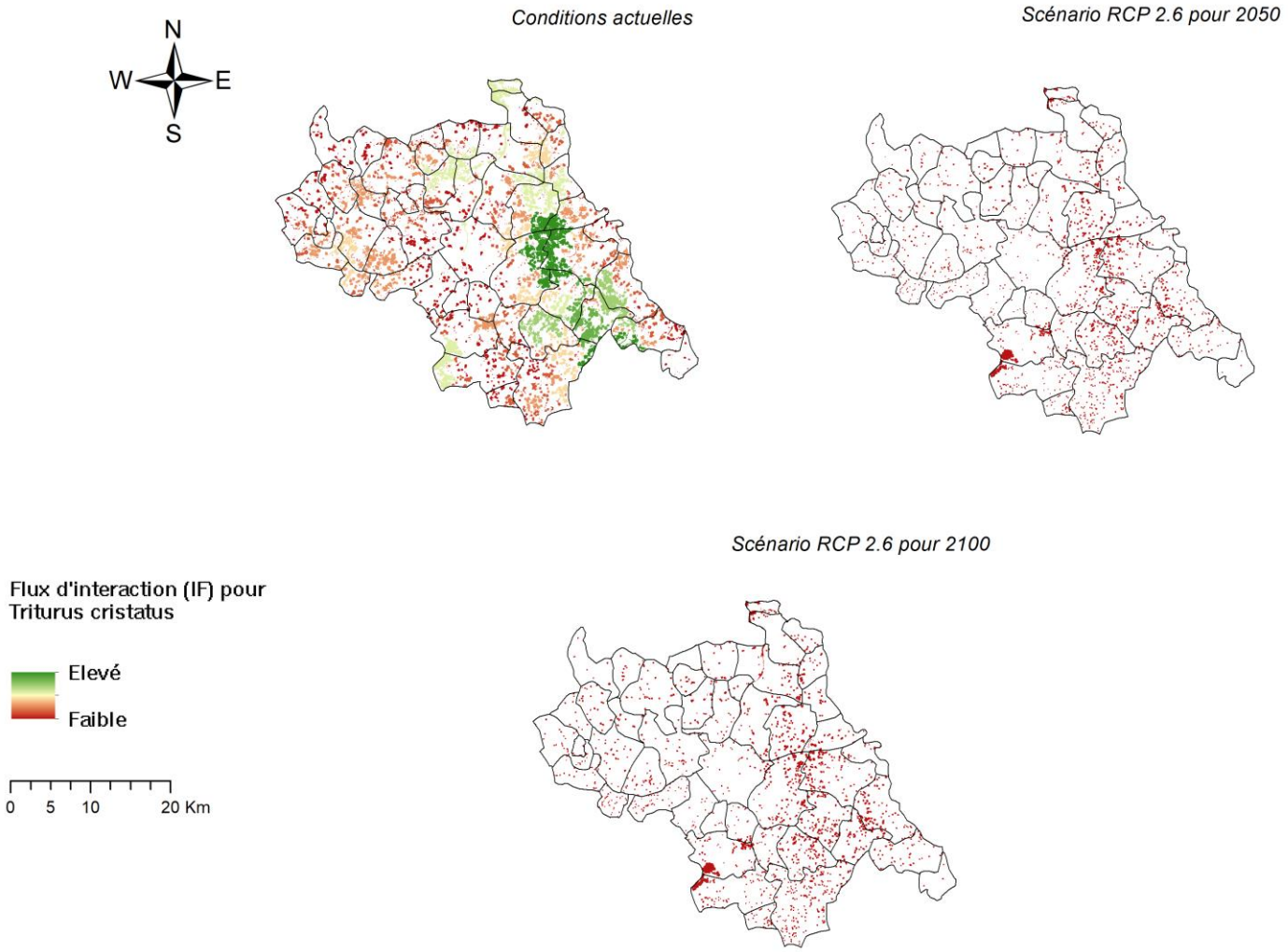


Figure 5 : Flux d'interaction au niveau des patches favorables à *T. cristatus*, dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 pour le scénario RCP 2.6, sur le territoire de Grand Châtellerault.

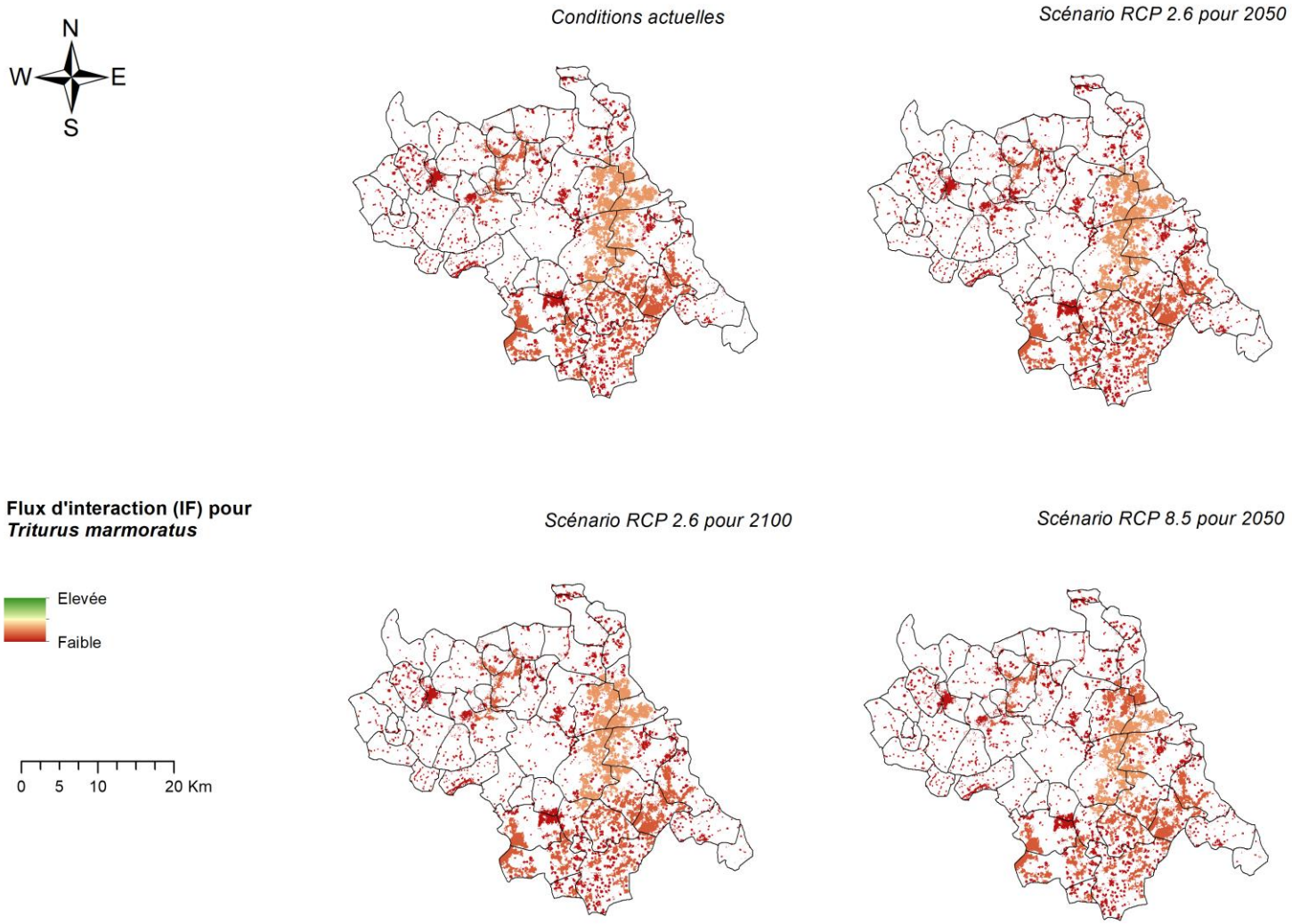


Figure 6 : Flux d'interaction au niveau des patches favorables à *T. marmoratus*, dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 pour les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, sur le territoire de Grand Châtellerault.

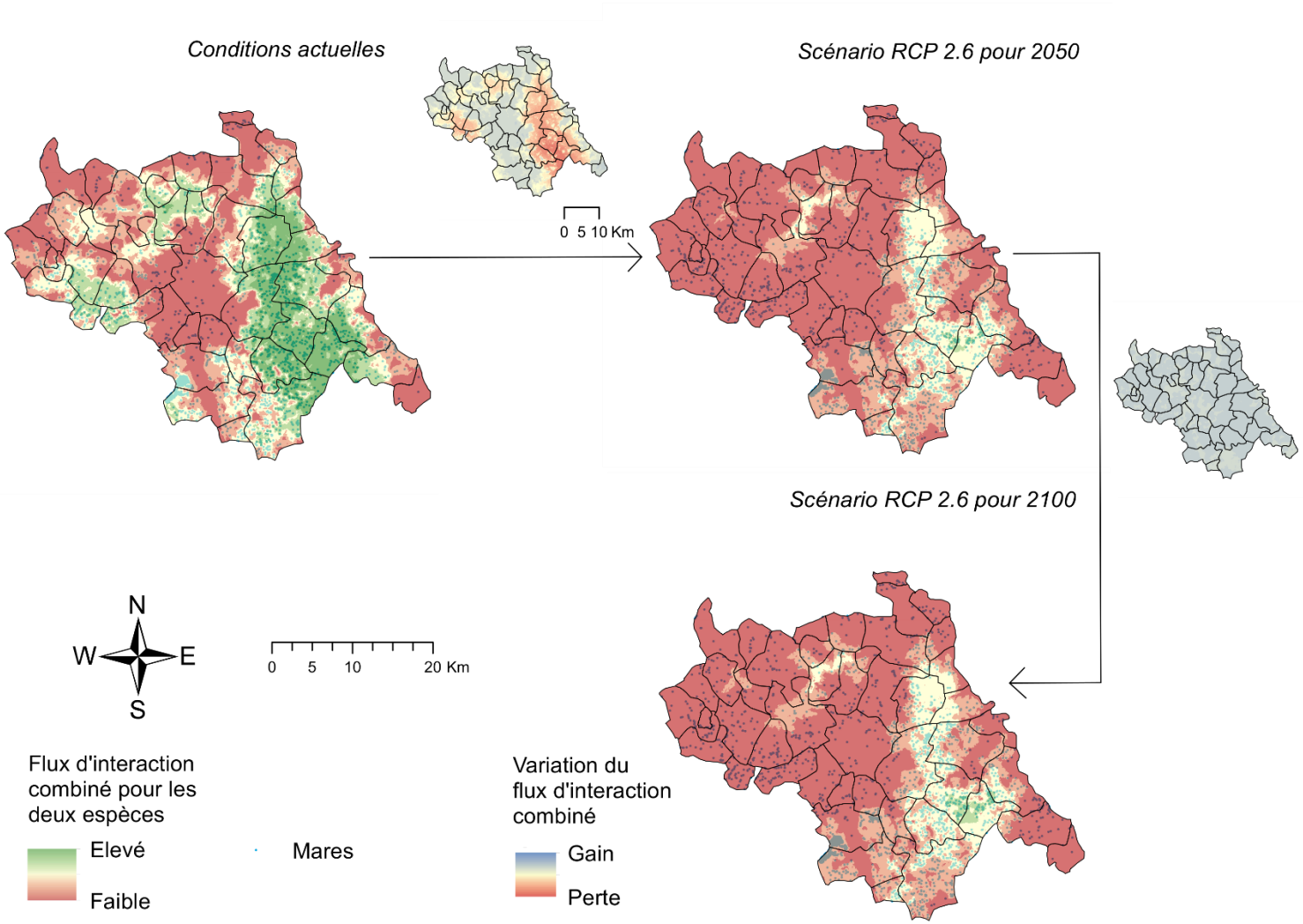


Figure 7 : Combinaison des flux d'interaction combinés pour les deux espèces *T. cristatus* et *T. marmortaus* et étendu à l'ensemble du territoire de Grand Châtellerault, dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 pour le scénario RCP 2.6.

Pour plus d'informations :

Les informations présentées dans cette partie sont issues de la thèse de C. Préau (2019) et de l'article suivant :

C. Préau, Y. Sellier, F. Grandjean, R. Bertrand, M. Gailledrat et F. Isselin-Nondedeu. 2019. **Habitat patches for newts in the face of climate change: local scale assessment combining niche modelling and landscape graph.** En préparation. *Scientific reports*.

IV. Modélisation de la niche écologique de l'écrevisse autochtone *Austropotamobius pallipes* en relation avec l'invasive *Pacifastacus leniusculus*

Comme illustré dans les études précédentes, les espèces liées aux milieux aquatiques risquent de subir des mouvements de distribution de leurs aires favorables dus au changement climatique. Par ailleurs, elles peuvent également être impactées par la présence d'espèces invasives (prédation, compétition, vecteur de maladie, etc.), en interaction avec les effets du changement climatique (Bellard et al. 2018). Par exemple, la distribution du Xénope du cap *Xenopus laevis* pourrait s'étendre en Europe sous l'effet du changement climatique (Ihlow et al. 2016). Cela s'applique aussi à d'autres espèces des zones humides et autres milieux aquatiques, y compris les invertébrés d'eau douce (Capinha et al. 2013 ; Chessman 2012). Plusieurs espèces d'écrevisses d'origine Nord-américaine sont considérées comme invasives en Europe. En France, on retrouve en particulier l'écrevisse américaine *Faxonius limosus*, l'écrevisse de Louisiane *Procambarus clarkii* et l'écrevisse signal *Pacifastacus leniusculus* (Laurent 1997), qui peuvent impacter les populations d'écrevisses natives notamment par compétition. Parmi celles-ci, *P. leniusculus* est un important compétiteur de l'écrevisse à pattes blanches *Austropotamobius pallipes* car elle peut partager le même type habitat, à savoir des cours d'eau de tête de bassin hydrographique, aux eaux froides, turbulentes et bien oxygénées (Dunn et al. 2009). Comme *P. leniusculus* bénéficie d'une meilleure fécondité (250 œufs par femelle en moyenne contre 50 œufs pour les femelles d'*A. pallipes*), d'une croissance plus rapide et d'une agressivité plus importante que l'espèce native, elle colonise rapidement le milieu et élimine *A. pallipes* en cas de sympatrie (Holdich et al. 2009). De plus, comme l'ensemble des écrevisses d'origine américaine, elle est porteuse saine de l'Oomycète *Aphanomyces astacii* responsable de la maladie appelée « peste de l'écrevisse », qui entraîne des mortalités massives au sein des populations d'écrevisses natives (Filipova et al. 2013 ; Grandjean et al. 2017). En conséquence, le nombre de populations d'*A. pallipes* a subi un large déclin lors des dernières décennies, imputable à la fragmentation et à la modification de la qualité des habitats aquatiques, ainsi qu'aux invasions biologiques (Holdich 2002).

L'écrevisse *A. pallipes* est considérée comme emblématique des zones humides dans le département de la Vienne, notamment car il s'y trouve la seule population

mondiale vivant dans des mares. Cette population se trouve au sein de la réserve naturelle nationale du Pinail, au nord du département. Cette espèce bénéficie de statut de protection fort à l'échelle internationale, nationale et régionale. Elle est évaluée comme « vulnérable » en France métropolitaine et « en danger » ou « en danger critique d'extinction » dans plusieurs régions (UICN France 2014). Elle fait partie des espèces ciblées par la SCAP (Stratégie de Création des Aires Protégées). Elle fait aussi l'objet de plusieurs arrêtés de protection de biotope et de programmes de conservation. La sélection efficace des sites cibles pour les actions de conservation et de réintroduction de cette espèce est enjeu clé pour sa sauvegarde en France et en Europe (Souty-Grosset & Reynolds 2009).

Cette dernière étude porte sur les impacts potentiels du changement climatique sur l'écrevisse à pattes blanches *A. pallipes*, en relation avec l'écrevisse invasive *P. leniusculus*. Nous nous sommes demandé quels seraient les effets du changement climatique sur la distribution potentielle de l'écrevisse à pattes blanches *A. pallipes* dans un contexte d'invasion biologique. Nous avons supposé que le changement climatique combiné à la présence de *P. leniusculus* amplifierait le déclin des zones favorables à *A. pallipes,* comme cela a été estimé à l'échelle de l'Europe (Capinha et al. 2013). Nous avons utilisé des modèles de niche écologique pour modéliser la répartition d'*A. pallipes* et de l'écrevisse invasive *P. leniusculus* (Figures 8 et 9). Puis nous avons estimé la superposition entre les niches des deux espèces en France métropolitaine (Figure 10). Nous avons aussi projeté nos modèles dans de potentielles conditions climatiques futures sous les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5 afin d'estimer l'évolution de la distribution potentielle de ces deux espèces aux horizons 2050 et 2100. Les données utilisées pour les modèles sur la France métropolitaine sont issues des campagnes de terrain de l'Office Française pour la Biodiversité (OFB, anciennement Agence Française pour la Biodiversité ayant intégré l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) réalisées dans les différentes régions de France entre 2006 et 2014. La déclinaison des résultats pour le territoire de Grand Châtellerault est disponible en figures 8, 9 et 10. La figure 10 détaillée par condition est disponible en annexe 4, ainsi qu'en .tif dans le dossier joint à ce rapport pour permettre la réutilisation des résultats.

Cette étude fait l'objet d'un article intitulé « Niche modelling to guide conservation actions in France for the endangered crayfish *Austropotamobius pallipes* in relation to the invasive *Pacifastacus leniusculus* », publié dans la revue Freshwater Biology.

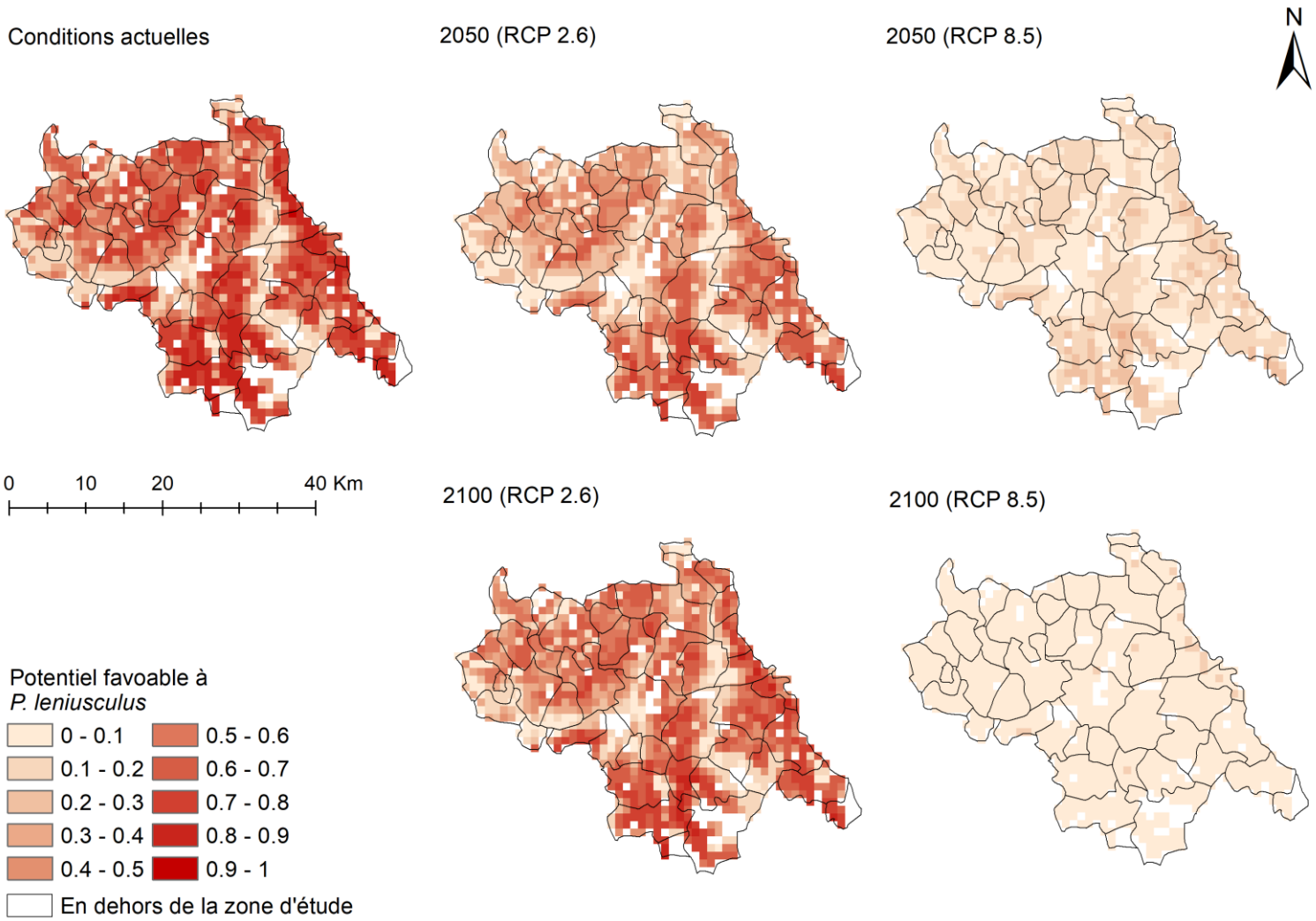


Figure 8 : Potentiel favorable à *P. leniusculus* dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, sur le territoire de Grand Châtellerault.

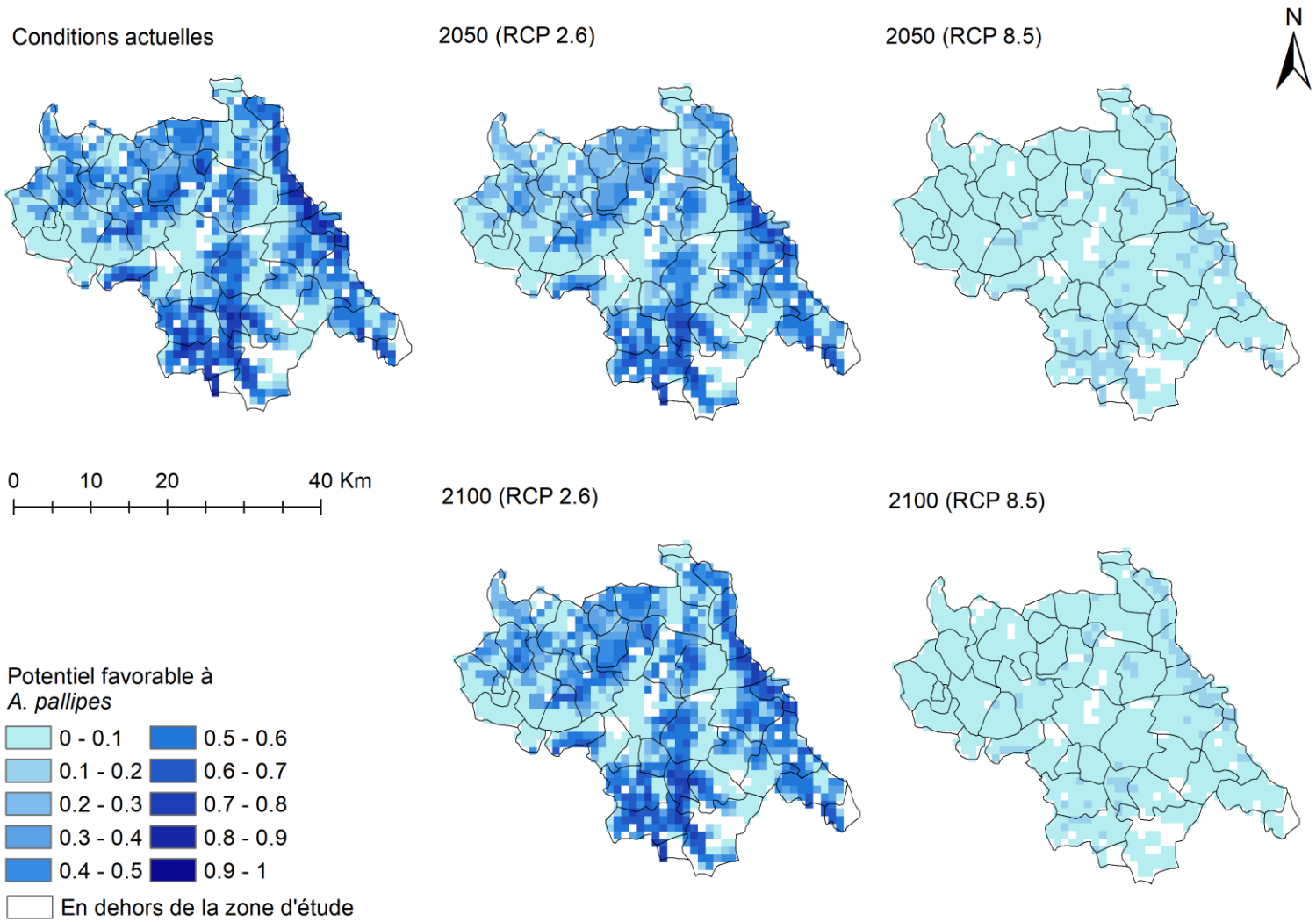


Figure 9 : Potentiel favorable à *A. pallipes* dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, sur le territoire de Grand Châtellerault.

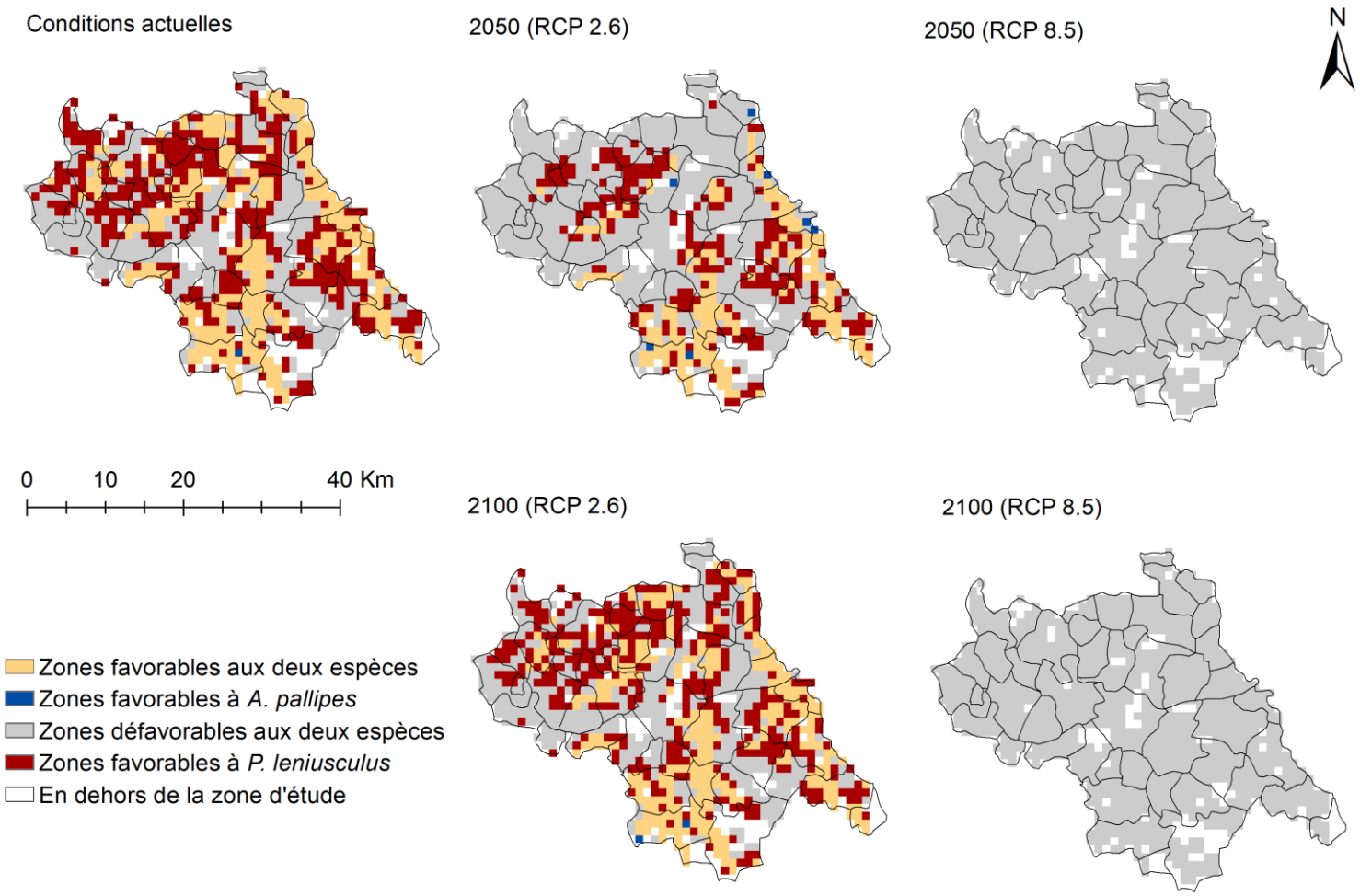


Figure 10 : Zones identifiées comme favorables à *A. pallipes* (bleu), *P. leniusculus* (rouge), aux deux espèces (jaune), et comme défavorables aux deux espèces (gris), dans les conditions actuelles et pour 2050 et 2100 selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, sur le territoire de Grand Châtellerault.

Nos projections sous les scénarios de changement climatique ont montré que la compétition entraînée par la présence de *P. leniusculus* pourrait diminuer dans des conditions de réchauffement important puisque les projections ont montré une réduction de l'aire favorable à *P. leniusculus* plus importante que pour *A. pallipes* sous le scénario RCP 8.5. Malgré cela, nos projections ont montré que la distribution potentielle d'*A. pallipes* risque d'être réduite sous l'effet du réchauffement climatique, avec une faible superposition entre les zones actuellement favorables et celles prédites pour les conditions futures, amplifiant la vulnérabilité de cette espèce.

D'autre part, nous avons montré que la distribution de *P. leniusculus* pourrait ne pas avoir atteint l'équilibre en France, car elle semble exploiter une part de l'environnement disponible plus faible qu'*A. pallipes*. Si tel est le cas, nos prédictions concernant la distribution de *P. leniusculus* pourraient avoir sous-estimé le potentiel favorable à cette espèce en France métropolitaine. Les incertitudes inhérentes aux modèles de niche écologique et celles spécifiques à notre étude ne nous permettent pas d'utiliser nos prédictions pour cibler directement des sites de réintroduction pour l'écrevisse *A. pallipes*. En revanche, nos résultats peuvent s'inscrire dans la stratégie de conservation de l'espèce en permettant un premier filtre pour le choix de ces sites. Ils peuvent orienter les décisions en ciblant des tronçons de cours d'eau situés dans des mailles favorables à *A. pallipes* et défavorable à *P. leniusculus*, et mettent en lumière le besoin de favoriser une continuité entre les populations actuelles et les sites prédits comme potentiellement favorables, dans les conditions actuelles et futures. Ensuite, la présence de milieux favorables à l'accomplissement du cycle de vie de l'espèce et la qualité de l'eau doivent être vérifiés sur le terrain. Un indice biologique basé sur la présence d'éphéméroptères a été mis au point dans l'ex-région Poitou-Charentes, plus particulièrement basé sur leur richesse spécifique, et sur la présence de spécimens appartenant à la famille des *Leptophlebiidae*, pour identifier des sites répondant aux exigences écologiques d'*A. pallipes* (Grandjean et al. 2011 ; Jandry et al. 2014). Il est actuellement en cours de vérification sur un grand nombre de stations en France, notamment grâce aux indices biotiques, basés sur la macrofaune invertébrée benthique, accessibles dans la base de données Naïades. L'objectif est de permettre un maximum de garanties lors de la sélection de cours d'eau, afin de maximiser la réussite des opérations de réintroduction d'individus d'*A. pallipes*. De plus, toute tentative de réintroduction devrait être précédée d'une vérification de

l'absence d'écrevisse exotique et du pathogène *A. astacii* responsable de la peste de l'écrevisse. Cela a récemment été rendu possible grâce à des analyses par ADN environnemental à partir d'échantillons d'eau (Agersnap et al. 2017 ; Vralstad et al. 2009).

En raison des changements globaux, les périodes d'assèchement prolongé des cours d'eau sont de plus en plus fréquentes. Les cours d'eau hébergeant *A. pallipes* ne sont pas épargnés, ce qui amène à multiplier les opérations de sauvetage de populations. Bénéficier d'une liste de cours d'eau potentiellement favorables à l'espèce est donc un élément important pour sa conservation. Tout comme nos résultats des études précédentes, concernant les amphibiens, les résultats présentés dans cette étude peuvent contribuer à la stratégie de conservation de l'écrevisse à pattes blanches en France métropolitaine et à l'échelle locale, en s'intégrant dans les plans d'actions nationaux et régionaux, dans les documents d'urbanismes, ou en participant à l'identification des réservoirs de biodiversité.

Pour plus d'informations :

Les informations présentées dans cette partie sont issues de la thèse de C. Préau (2019) et de l'article suivant :

C. Préau, I. Nadeau, Y. Sellier, F. Isselin-Nondedeu, R. Bertrand, M. Collas, C. Capinha et F. Grandjean. 2019. **Niche modelling to guide conservation actions in France for the endangered crayfish *Austropotamobius pallipes* in relation to the invasive *Pacifastacus leniusculus***. *Freshwater Biology*.

V. Discussion et conclusion

Appréhender la vulnérabilité des espèces emblématiques des milieux aquatiques face au changement climatique est un des enjeux majeurs en biologie de la conservation notamment dans une vision de gestion adaptative de la biodiversité. Ainsi, nous avons réalisé différentes études basées sur des modèles de niche écologique suivant une imbrication d'échelles. Nos études nous ont permis de mettre en évidence que le changement climatique risque d'entraîner une contraction des aires de distribution actuelles ainsi qu'un potentiel déplacement des aires favorables à la présence de la plupart des espèces étudiées : le sonneur à ventre jaune *Bombina variegata*, la rainette arboricole *Hyla arborea*, le triton crêté *Triturus cristatus*, le triton marbré *Triturus marmoratus*, et l'écrevisse à pattes blanches *Austropotamobius pallipes*, avec un impact plus ou moins important selon les espèces et le scénario RCP considéré.

Les modèles de niche écologique sont des outils puissants pouvant mener à des actions concrètes pour une meilleure gestion et conservation des espèces (Schwartz 2012). Cependant, ils sont soumis à des incertitudes de sources variées, dont la prise en compte est essentielle pour éviter des inférences et des utilisations erronées (Jarnevich et al. 2015; Porfirio et al. 2014; Wiens et al. 2009). Les incertitudes peuvent intervenir à chacune des différentes étapes de la modélisation de niche écologique, de l'échantillonnage des données jusqu'aux choix de mise en forme des résultats. De plus, bien qu'il existe de plus en plus de données disponibles et exploitables avec des modèles de niche écologique, différents biais sont inhérents à la quantité et qualité des données utilisées. Les modèles de niche écologique permettent de modéliser la répartition des aires potentiellement favorables aux espèces en inférant des corrélations entre la présence (et/ou l'absence) de ces espèces et des facteurs environnementaux. Cependant, d'autres facteurs entrant en jeu dans la répartition des espèces ne sont pas pris en compte dans nos modèles : les interactions biotiques, la dispersion, la disponibilité des données, la physiologie et les adaptations locales et la plasticité phénotypique. Les biais liés aux études présentées dans ce rapport et les différentes analyses d'incertitudes sont développés dans les différents articles et dans le rapport de thèse associé.

Les limites liées aux modèles de niche écologique ne doivent pas dissuader les acteurs de la protection de la biodiversité de tirer profit de ces outils (McShea 2014). Dans la pratique, alors que ce sujet est largement développé en recherche, et que des méthodologies ont été proposées pour appliquer les résultats de ces modèles à la conservation, ces outils restent encore peu utilisés. Toutefois, ce travail devrait y pallier aisément en étant porté à connaissance des acteurs locaux afin d'alimenter directement les stratégies locales de conservation de la biodiversité et des services rendus par la nature. Les scénarios d'évolution potentielle des espèces emblématiques des zones humides ainsi dégagés pourront intervenir aussi bien pour incrémenter des diagnostics, définir des enjeux et objectifs ou pour orienter des prises de décision et programmes d'actions.

Nos études peuvent être utilisées pour l'évaluation du statut et les perspectives d'évolution des espèces, ainsi que la protection et la gestion des habitats. Cela peut-être décliné selon les différentes échelles : nationale, régionales et locales. Les résultats peuvent être intégrés dans les documents d'urbanisme ou pour cibler la protection et la gestion d'espaces, ou être utilisés pour évaluer les impacts de potentiels projets d'aménagement (Tarabon et al. 2019a, b). L'échelle locale étant particulièrement pertinente pour la conservation effective des populations, nos résultats peuvent supporter la mise en place d'actions de restauration, maîtrise foncière, ou encore d'aménagements permettant d'augmenter la connectivité des populations, et de cibler la recherche de sites pour de potentielles translocations d'individus. Les résultats de nos travaux peuvent aussi guider des plans et stratégies de gestion des espèces. Néanmoins, l'utilisation des résultats doit se faire en ayant conscience des incertitudes et limites des études. Face aux différentes pressions pesant sur la biodiversité, la gestion conservatoire des espèces et écosystèmes s'avèrera prioritaire pour pérenniser les services rendus par la nature. Dans cette optique, la mobilisation de l'ensemble des territoires et des acteurs locaux sera déterminante.

Proposition d'orientations stratégiques pour la préservation des espèces emblématiques des zones humides du territoire de Grand Châtellerault

Ces travaux de recherche ont démontré que l'impact du changement climatique sur la conservation des espèces inféodées aux zones humides peut être modulé par l'occupation du sol. Dans cette perspective, une intervention territoriale s'avère indispensable pour renforcer aussi bien la préservation de ces espèces que la fonctionnalité de ces milieux dont dépendent, rapellons-le, les multiples services écosystémiques qu'ils fournissent à la société : épuration et stockage de l'eau, régulation du cycle du carbone, production de matières premières, réservoir de biodiversité, activités de loisirs, etc.

- Concernant les **amphibiens**, deux enjeux se dégagent des conclusions décrites dans les chapitres précédents :

Enjeu zones humides [milieux de reproduction des espèces]

- Réaliser l'inventaire des zones humides et les mettre sous protection réglementaire au travers leur intégration dans les documents d'urbanisme (*PLU, PLUi et SCOT ; à noter l'opportunité de la mise en place d'un PLUi par Grand Châtellerault*).
- Mettre à disposition des propriétaires, locataires et gestionnaires, privés comme publics, les outils techniques et financiers nécessaires à une gestion durable des zones humides existantes, que ce soit en terme d'entretien ou de restauration (*renouvellement du Contrat Territorial Vienne Aval [CTVA], perspective du Paiement pour Service Environnemental [PSE], diffusion d'un guide technique de sensibilisation et gestion [nombreuses sources bibliographiques existantes],etc.*).
- Engager une démarche volontariste et multisectorielle de création de zones humides de type mare (*pour rappel, 2/3 des zones humides ont disparu en France au cours du dernier siècle [source zones-humides.org]et 1/3 des mares en Vienne au cours des 30 dernières années [source Vienne Nature]*).

Bien évidemment, l'arrêt de la destruction directe des zones humides demeure un préalable (*drainage, comblement, aménagement d'infrastructures de transport, de*

zones urbaines, etc.) et l'amélioration de la qualité de l'eau, une conditionnalité (*pollutions diffuses*).

Enjeu corridors écologiques [milieux de déplacement des espèces : haie, talus, bande enherbée, ruisseau, etc.]

- Développer l'inventaire de la TVB, sur la base des orientations du SRADDET Nouvelle-Aquitaine et des travaux du SCOT Seuil du Poitou, en précisant le plus finement possible les éléments structurant du paysage afin de les mettre sous protection réglementaire au travers leur intégration dans les documents d'urbanisme (*PLU, PLUi et SCOT ; à noter l'opportunité de la mise en place d'un PLUi sur Grand Châtellerault*).
- Aller au delà de la seule "prise en compte" réglementaire de la TVB dans les documents d'urbanisme, en développant un programme d'actions priorisé et opportuniste sur le territoire de Grand Châtellerault, accompagnant ou donnant compétence aux communes pour la mise en place d'une gestion proactive et d'un suivi des corridors écologiques, indispensables à leur fonctionnalité (*élément limitant le caractère opérationnel de la politique TVB sur les territoires, trop souvent circonscrite à une approche cartographique*).
- Mettre à disposition des propriétaires, locataires et gestionnaires, privés et publics, les outils techniques et financiers nécessaires à une gestion durable des corridors écologiques existants, que ce soit en terme d'entretien ou de restauration (*renouvellement du Contrat Territorial Vienne Aval [CTVA], perspective du Paiement pour Service Environnemental [PSE], mise en place d'un programme "arbre" par le Département ; appels à projets de la Région, de l'Agence de l'Eau ou de l'Office Française pour le Biodiverité ; perspective de développement de filières bois énergie permettant d'assurer l'entretien des haies et une rente pour les propriétaires ou locataires ; diffusion d'un guide technique de sensibilisation et gestion [nombreuses sources bibliographiques existantes],etc.*).
- Engager une démarche volontariste et multisectorielle de création de corridors écologiques de type bocager, bande enherbée, jardin biodiversité et, en condition topographique favorable, de type mare (*les bords de routes et chemins publics offrent une opportunité d'envergure pour la restauration/création de haies, autorisée en limite cadastrale par la*

réglementation, et de gestion intégrée des accotements en bandes enherbées ; la restauration d'un bocage du XXIème siècle permettrait de contribuer à diminuer le stress hydrique des cultures, favoriser l'infiltration de l'eau et l'ombrage des troupeaux qui sont des éléments forts des effets du changement climatiques sur les agrosystèmes ; le "verdissement" des villes favoriserait la lutte contre les ilôts de chaleur, un autre élément fort des effets du changement climatique en milieu urbain ; etc.).

Bien évidemment l'arrêt de la destruction directe des corridors écologiques demeure un préalable (*arrasement de haies et/ou talus, rectification d'anciens cours d'eau, aménagement d'infrastructures de transport, de zones urbaines, etc.*).

- Concernant l'**écrevisse à pattes blanches**, bien que les perspectives de conservation face au changement climatique soient plus complexes à l'échelle du territoire de Grand Châtellerault (*augmentation des sécheresses, des assecs de cours d'eau, des températures de l'eau, des espèces invasives, etc.*), un enjeu se dégage des conclusions décrites dans les chapitres précédents :

Enjeu espèces invasives [prédation, compétition et contamination]

- Développer un réseau de <u>surveillance et lutte proactive</u> contre les écrevisses américaines au niveau des cours d'eau abritant des noyaux de populations en considérant les limites de gestion des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE) et la pérennité de ces cours d'eau compte-tenu de l'évolution des conditions climatiques stationnelles.
- Développer une réflexion sur le potentiel et la pertinence de <u>translocation de populations</u> en lien avec la mise en péril des cours d'eau face au changement climatique, les travaux de restauration de cours d'eau et/ou de gestion des EEE, à l'instar du cas particulier de la réserve naturelle du Pinail où l'espèce vit dans des mares.

Les stratégies de gestion adaptative de l'espèce sont plus larges, aussi bien en terme d'intervention que de territoire. Il peut être souligné la nécessité de limiter l'augmentation de la température de l'eau, en boisant les berges par exemple, sous réserve de la pérennité de l'alimentation en eau du cours d'eau et en considérant d'éventuels autres enjeux de conservation d'espèces comme l'agrion de mercure par exemple.

Pour conclure, ces différents enjeux et propositions de déclinaison opérationnelle doivent alimenter les réflexions stragégiques transversales de conservation de la biodiversité, de préservation de la ressource en eau et d'adaptation au changement climatique à l'échelle du territoire de Grand Châtellerault. La concrétisation de telles ambitions implique un développement croissant de synergie entre les politiques sectorielles et acteurs du terrioire, basée notamment sur la concertation, et de financement en faveur de la préservation des ressources naturelles. Enfin, rappelons que l'un des services rendus par la nature et par les zones humides tout particulièrement, est la régulation du climat local et le stockage du carbone, élément constitutif du principal gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone. La conservation de la biodiversité est donc un facteur clé et une solution dans l'atténuation du changement climatique, une considération insuffisamment mise en lumière aux côtés de la décarbonation de l'énergie portée par les politiques actuelles de transition écologique.

VI. Références

Agersnap, S., Larsen, W.B., Knudsen, S.W., Strand, D., Thomsen, P.F., Hesselsoe, M., Mortensen, P.B., Vralstad, T., Moller, P.R., 2017. Monitoring of noble, signal and narrow-clawed crayfish using environmental DNA from freshwater samples. PLOS ONE 12.

Anderegg, W.R.L., Prall, J.W., Harold, J., Schneider, S.H., 2010. Expert credibility in climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences 107, 12107.

Araujo, M.B., Thuiller, W., Pearson, R.G., 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. Journal of Biogeography 33, 1712-1728.

Barbet-Massin, M., Thuiller, W., Jiguet, F., 2012. The fate of European breeding birds under climate, land-use and dispersal scenarios. Global Change Biology 18, 881-890.

Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters 15, 365-377.

Bellard, C., Jeschke, J.M., Leroy, B., Mace, G.M., 2018. Insights from modeling studies on how climate change affects invasive alien species geography. Ecology and Evolution 8, 5688-5700.

Calabrese, J.M., Fagan, W.F., 2004. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. Frontiers in Ecology and the Environment 2, 529-536.

Capinha, C., Larson, E.R., Tricarico, E., Olden, J.D., Gherardi, F., 2013. Effects of climate change, invasive species, and disease on the distribution of native European crayfishes. Conservation Biology 27, 731-740.

Chessman, B.C., 2012. Biological traits predict shifts in geographical ranges of freshwater invertebrates during climatic warming and drying. Journal of Biogeography 39, 957-969.

Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S., A, Richardson, M., Winkler, B.a., Painting and, R., Way, R., Jacobs, P., Skuce, A., 2013. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. Environmental Research Letters 8, 024024.

Cushman, S.A., 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. BIOLOGICAL CONSERVATION 128, 231-240.

Duarte, H., Tejedo, M., Katzenberger, M., Marangoni, F., Baldo, D., Beltran, J.F., Marti, D.A., Richter-Boix, A., Gonzalez-Voyer, A., 2012. Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. Global Change Biology 18, 412-421.

Dunn, J.C., McClymont, H.E., Christmas, M., Dunn, A.M., 2009. Competition and parasitism in the native White Clawed Crayfish Austropotamobius pallipes and the invasive Signal Crayfish Pacifastacus leniusculus in the UK. Biological Invasions 11, 315-324.

Ficetola, G.F., De Bernardi, F., 2004. Amphibians in a human-dominated landscape: the community structure is related to habitat features and isolation. BIOLOGICAL CONSERVATION 119, 219-230.

Filipova, L., Petrusek, A., Matasova, K., Delaunay, C., Grandjean, F., 2013. Prevalence of the Crayfish Plague Pathogen Aphanomyces astaci in Populations of the Signal Crayfish Pacifastacus leniusculus in France: Evaluating the Threat to Native Crayfish. PLOS ONE 8.

Gerick, A.A., Munshaw, R.G., Palen, W.J., Combes, S.A., O'Regan, S.M., 2014. Thermal physiology and species distribution models reveal climate vulnerability of temperate amphibians. Journal of Biogeography 41, 713-723.

Grandjean, F., Jandry, J., Bardon, E., Coignet, A., Trouilhe, M.-C., Parinet, B., Souty-Grosset, C., Brulin, M., 2011. Use of Ephemeroptera as bioindicators of the occurrence of white-clawed crayfish (Austropotamobius pallipes). Hydrobiologia 671, 253-258.

Grandjean, F., Roques, J., Delaunay, C., Petrusek, A., Becking, T., Collas, M., 2017. Status of Pacifastacus leniusculus and its role in recent crayfish plague outbreaks in France: improving distribution and crayfish plague infection patterns. Aquatic Invasions 12, 541-549.

Holdich, D.M., 2002. Distrbution of crayfish in Europe and some adjoining countries. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 611-650.

Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset, C., Sibley, P.J., 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 11.

Ihlow, F., Courant, J., Secondi, J., Herrel, A., Rebelo, R., Measey, G.J., Lillo, F., De Villiers, F.A., Vogt, S., De Busschere, C., Backeljau, T., Rodder, D., 2016. Impacts of Climate Change on the Global Invasion Potential of the African Clawed Frog Xenopus laevis. PLOS ONE 11, 19.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. R.K.P.a.L.A.M.e. Core Writing Team, p. 151 pp, IPCC, Geneva, Switzerland.

Jandry, J., Brulin, M., Parinet, B., Grandjean, F., 2014. Ephemeroptera communities as bioindicators of the suitability of headwater streams for restocking with white-clawed crayfish, Austropotamobius pallipes. Ecological Indicators 46, 560-565.

Jehle, R., 2000. The terrestrial summer habitat of radio-tracked great crested newts (Triturus cristatus) and marbled newts (T-marmoratus). Herpetological Journal 10, 137-142.

Laurent, P.J., 1997. Crayfish introductions into France and in the world, history and consequences. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 345-356.

McShea, W.J., 2014. What are the roles of species distribution models in conservation planning? Environmental Conservation 41, 93-96.
Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747.

Poitou-Charentes Nature, 2016. Liste rouge du Poitou-Charentes : chapitre Amphibiens et Reptiles., Fontaine-le-Comte.

Peterson, A.T., Soberón, J., 2012. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. Natureza & Conservação 10, 102-107.

Rittenhouse, T.A.G., Semlitsch, R.D., 2007. Distribution of amphibians in terrestrial habitat surrounding wetlands. Wetlands 27, 153-161.

Souty-Grosset, C., Reynolds, J.D., 2009. Current ideas on methodological approaches in European crayfish conservation and restocking procedures. Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems.

Sunday, J.M., Bates, A.E., Kearney, M.R., Colwell, R.K., Dulvy, N.K., Longino, J.T., Huey, R.B., 2014. Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. Proceedings of the National Academy of Sciences 111, 5610.

Tarabon, S., Bergès, L., Dutoit, T., Isselin-Nondedeu, F., 2019a. Environmental impact assessment of development projects improved by merging species distribution and habitat connectivity modelling. Journal of Environmental Management.

Tarabon, S., Bergès, L., Dutoit, T., Isselin-Nondedeu, F., 2019b. Maximizing habitat connectivity in the mitigation hierarchy. A case study on three terrestrial mammals in an urban environment. Journal of Environmental Management 243, 340-349.

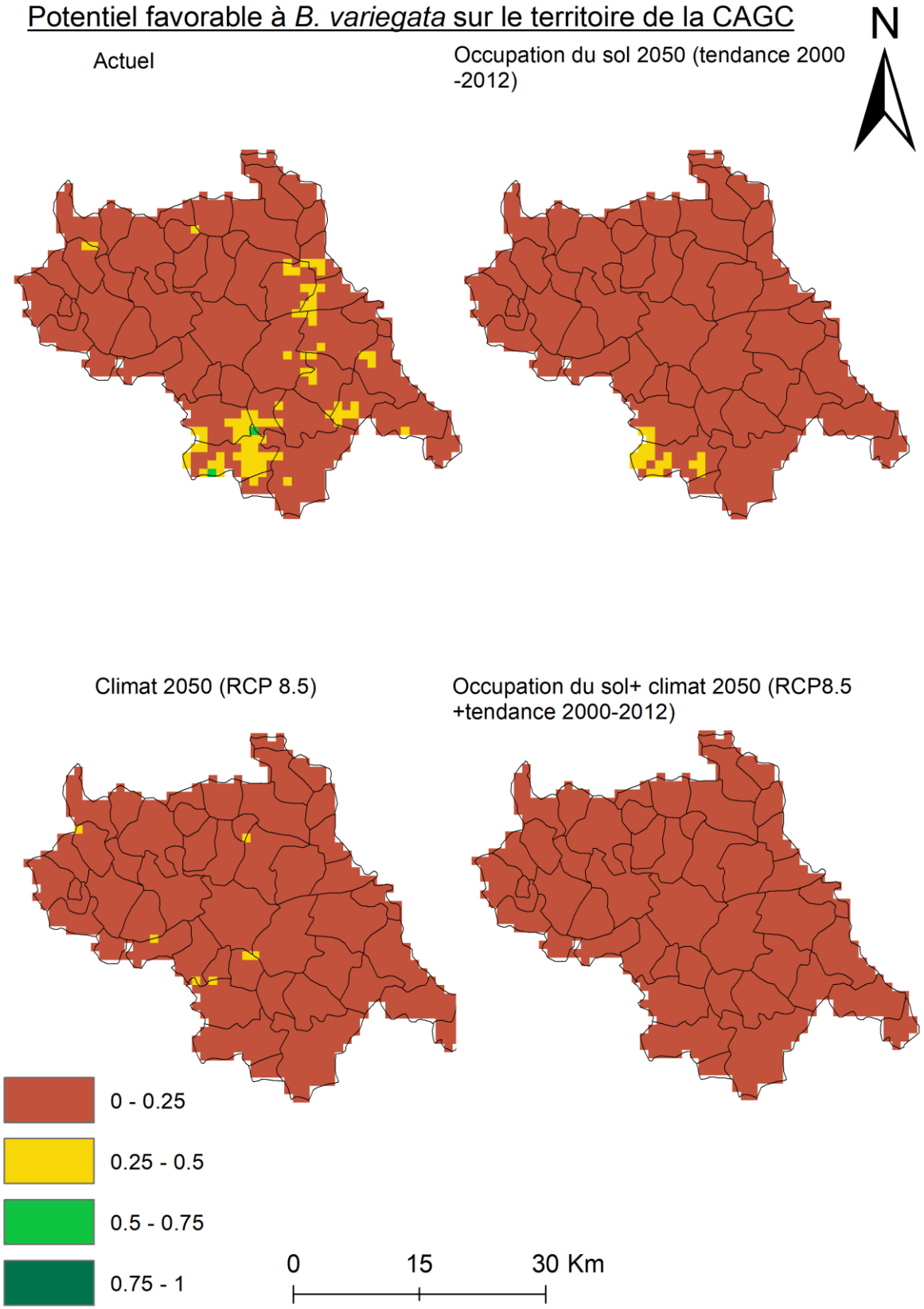
Thuiller, W., Lavergne, S., Roquet, C., Boulangeat, I., Lafourcade, B., Araujo, M.B., 2011. Consequences of climate change on the tree of life in Europe. Nature 470, 531.
Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., Prentice, I.C., 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 102, 8245.

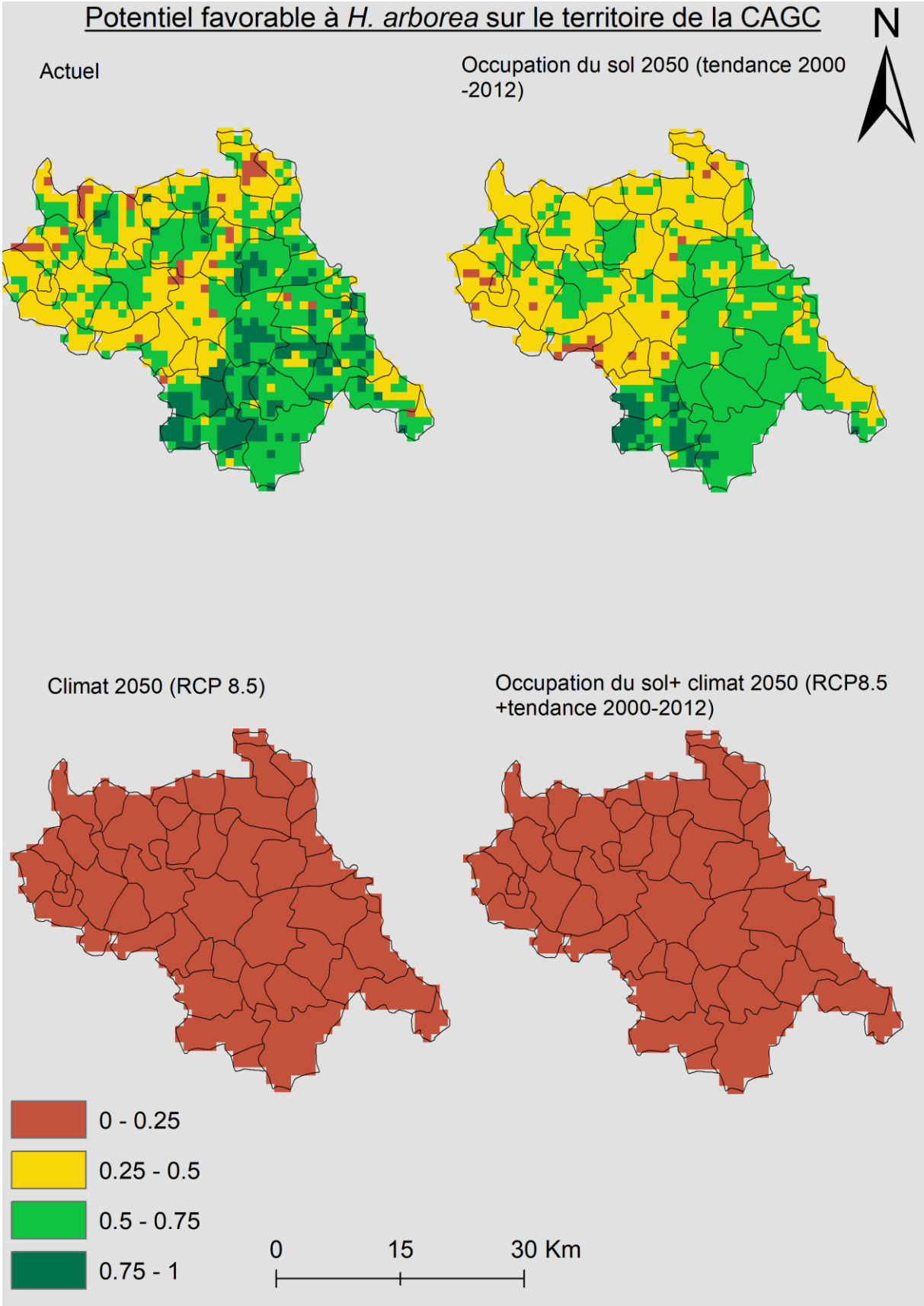
UICN France, M., 2014. Liste rouge France Crustacés d'eau douce de métropole.
Urban, D., Keitt, T., 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective Ecology 82, 1205-1218.

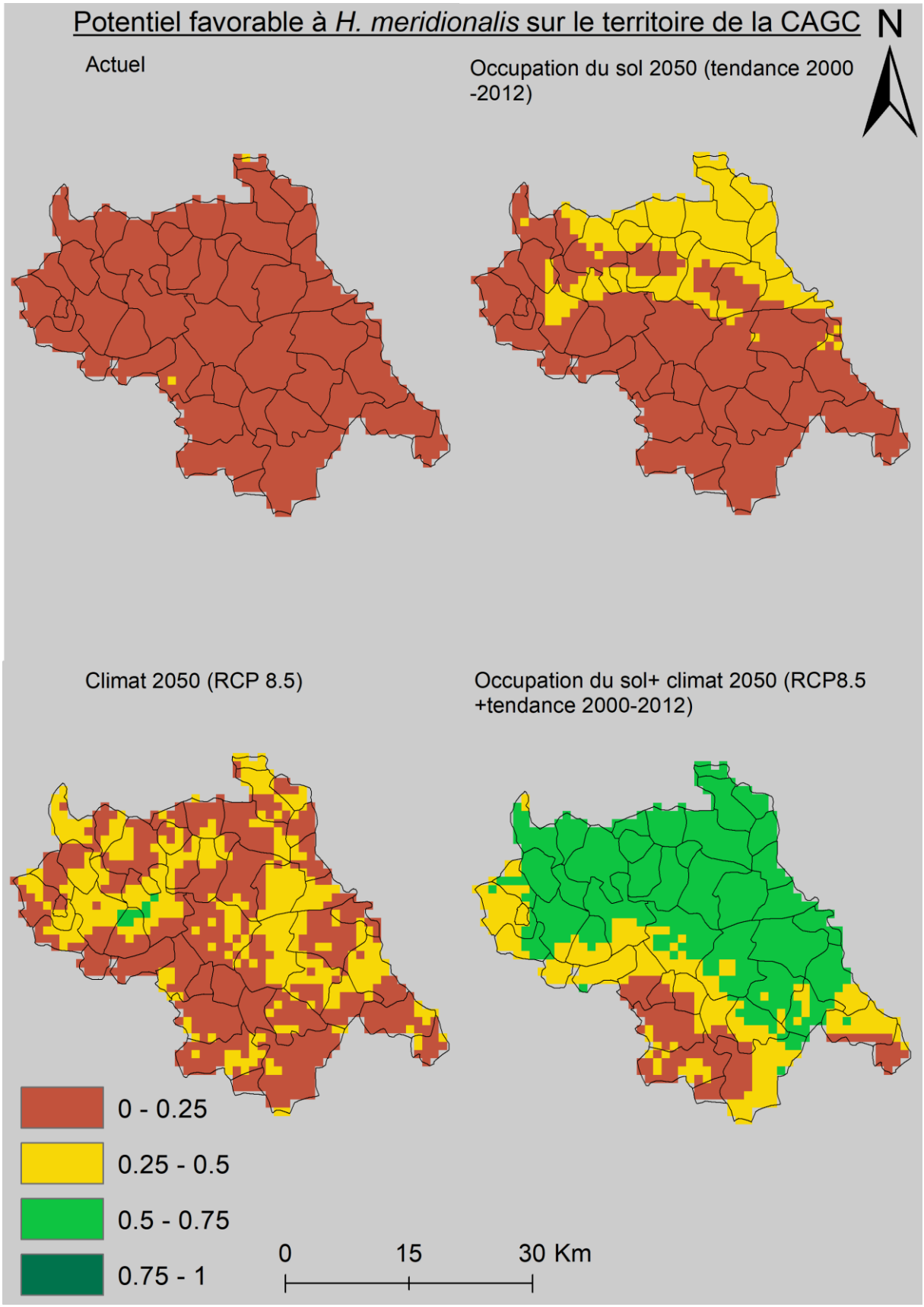
Vralstad, T., Knutsen, A.K., Tengs, T., Holst-Jensen, A., 2009. A quantitative TaqMan (R) MGB real-time polymerase chain reaction based assay for detection of the causative agent of crayfish plague Aphanomyces astaci. Veterinary Microbiology 137, 146-155.

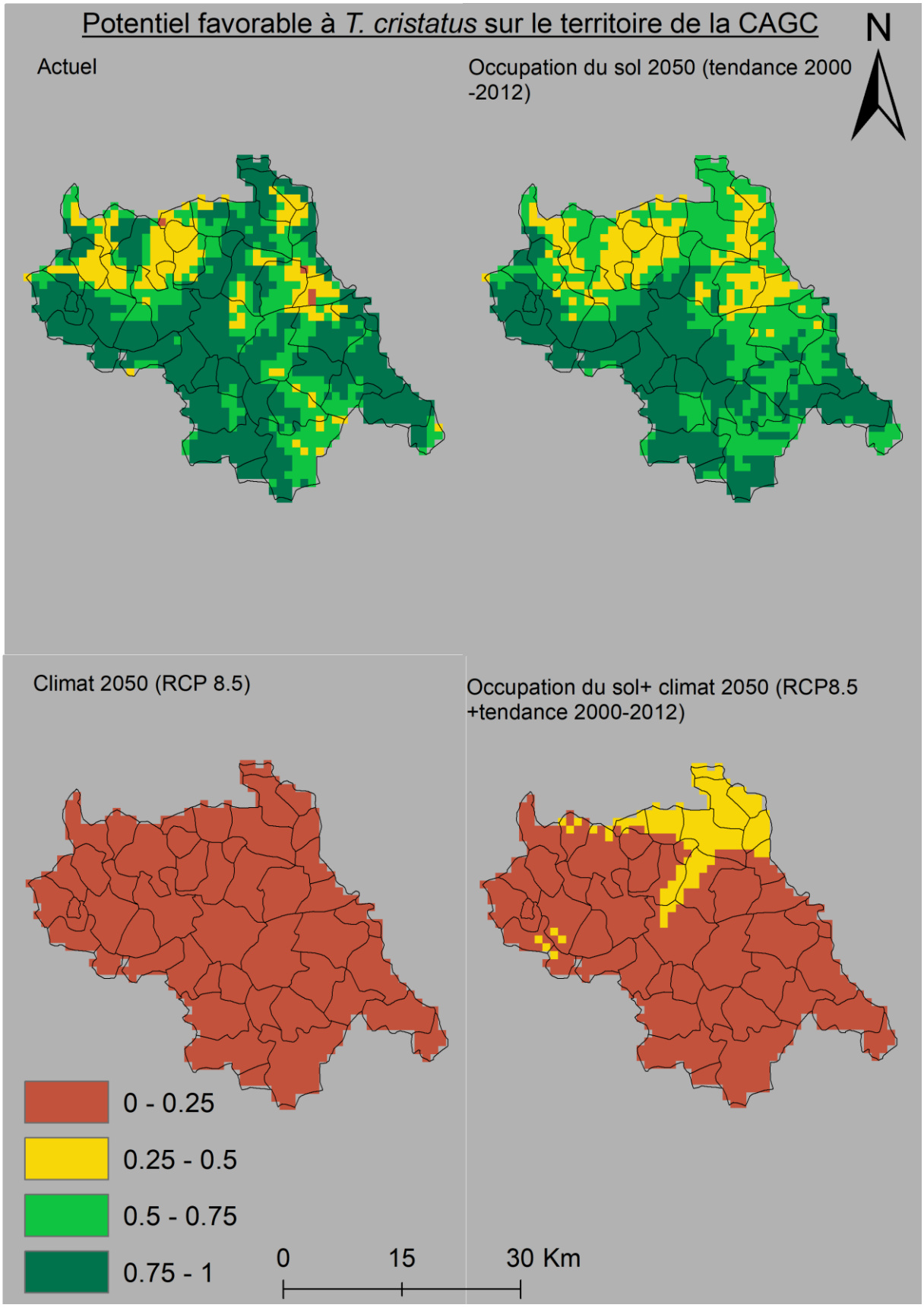
Annexe 1

Potentiel favorable à *B. variegata* sur le territoire de la CAGC



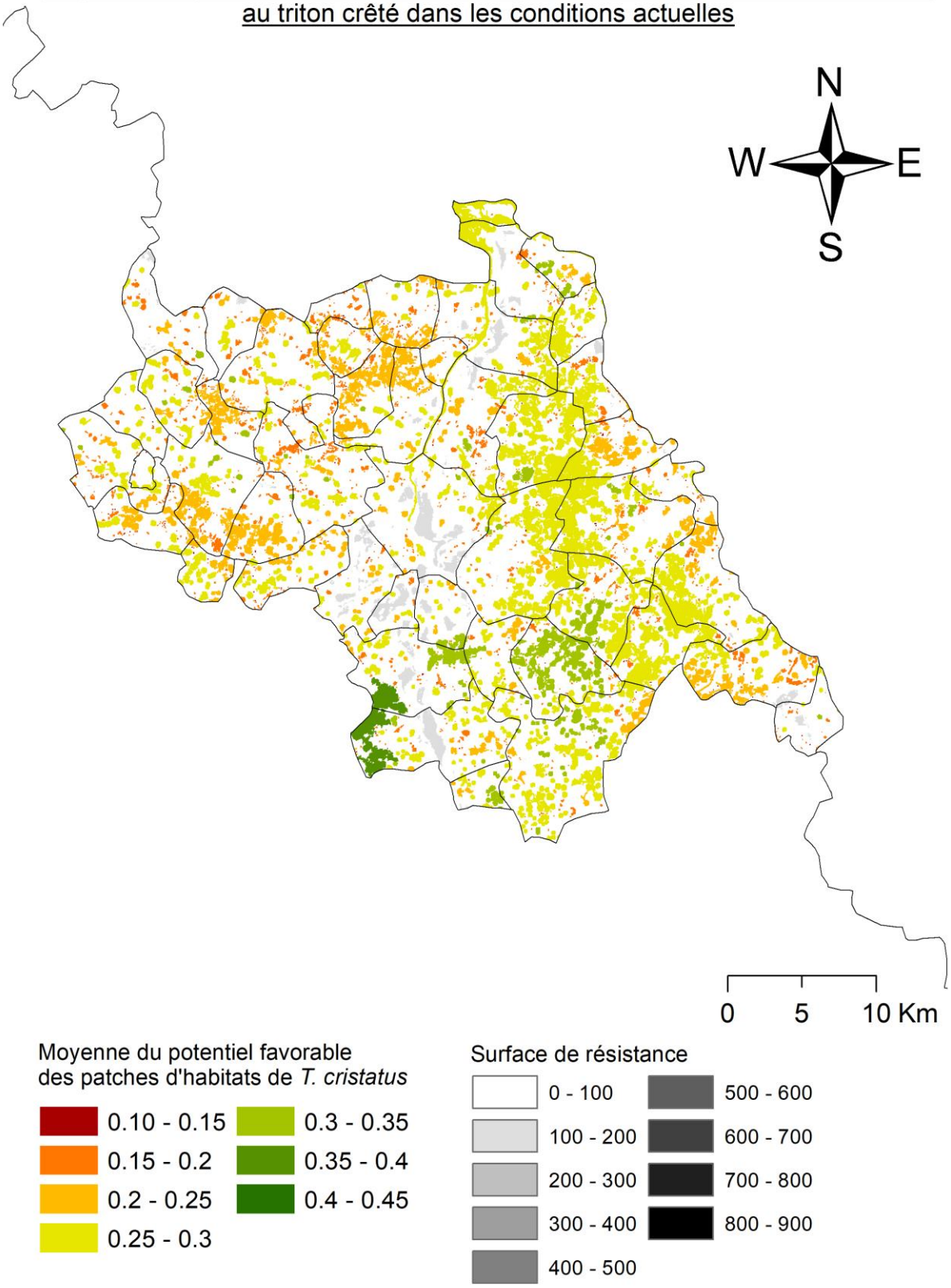

Potentiel favorable à *H. arborea* sur le territoire de la CAGC
N
Actuel
Occupation du sol 2050 (tendance 2000 -2012)
Climat 2050 (RCP 8.5)
Occupation du sol+ climat 2050 (RCP8.5 +tendance 2000-2012)
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
0
15
30 Km


Potentiel favorable à *H. meridionalis* sur le territoire de la CAGC
N
Actuel
Occupation du sol 2050 (tendance 2000 -2012)
Climat 2050 (RCP 8.5)
Occupation du sol+ climat 2050 (RCP8.5 +tendance 2000-2012)
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
0
15
30 Km

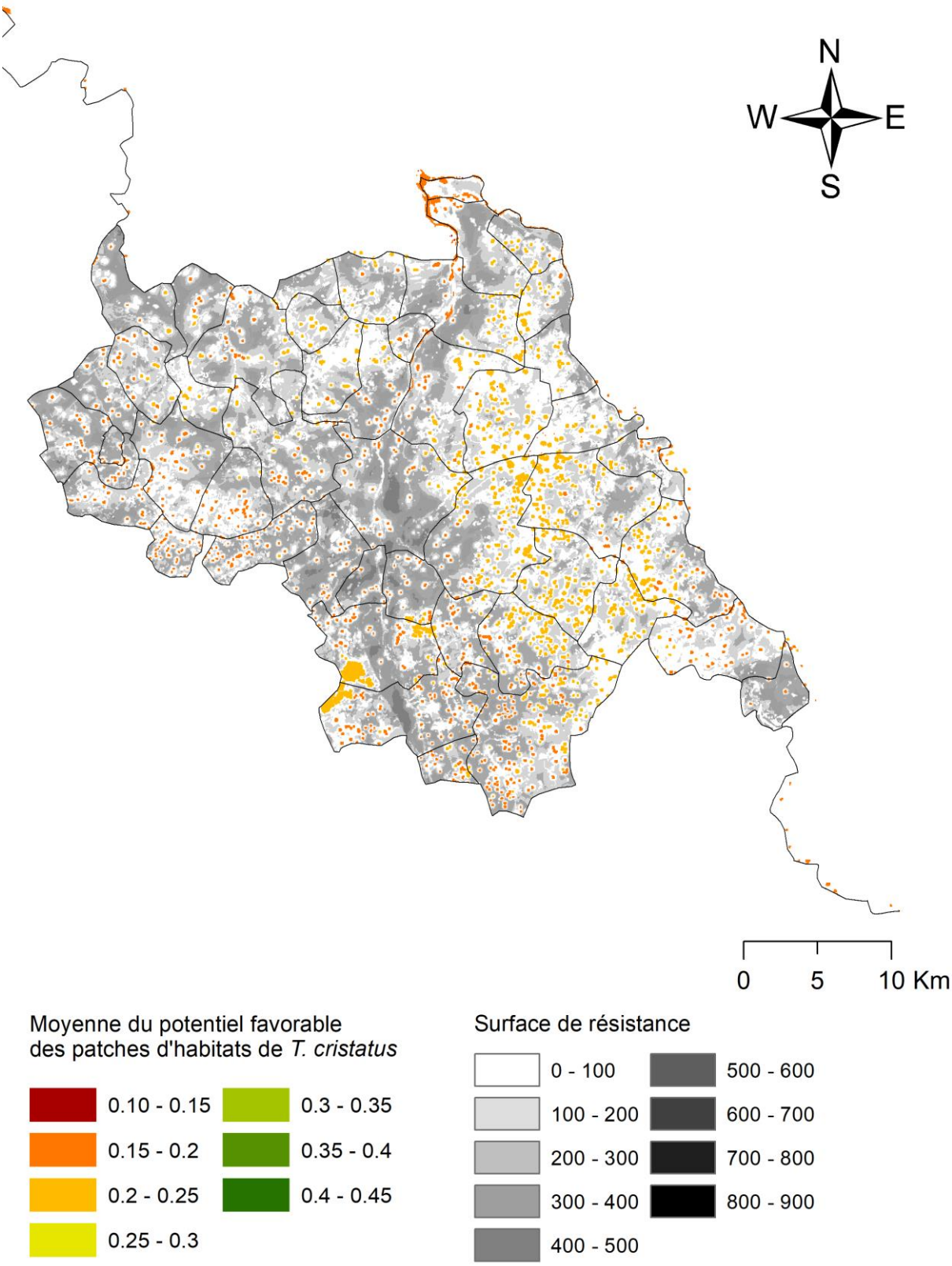

Potentiel favorable à T. cristatus sur le territoire de la CAGC
N
Actuel
Occupation du sol 2050 (tendance 2000 -2012)
Climat 2050 (RCP 8.5)
Occupation du sol+ climat 2050 (RCP8.5 +tendance 2000-2012)
0 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 0.75
0.75 - 1
0
15
30 Km

Annexe 2

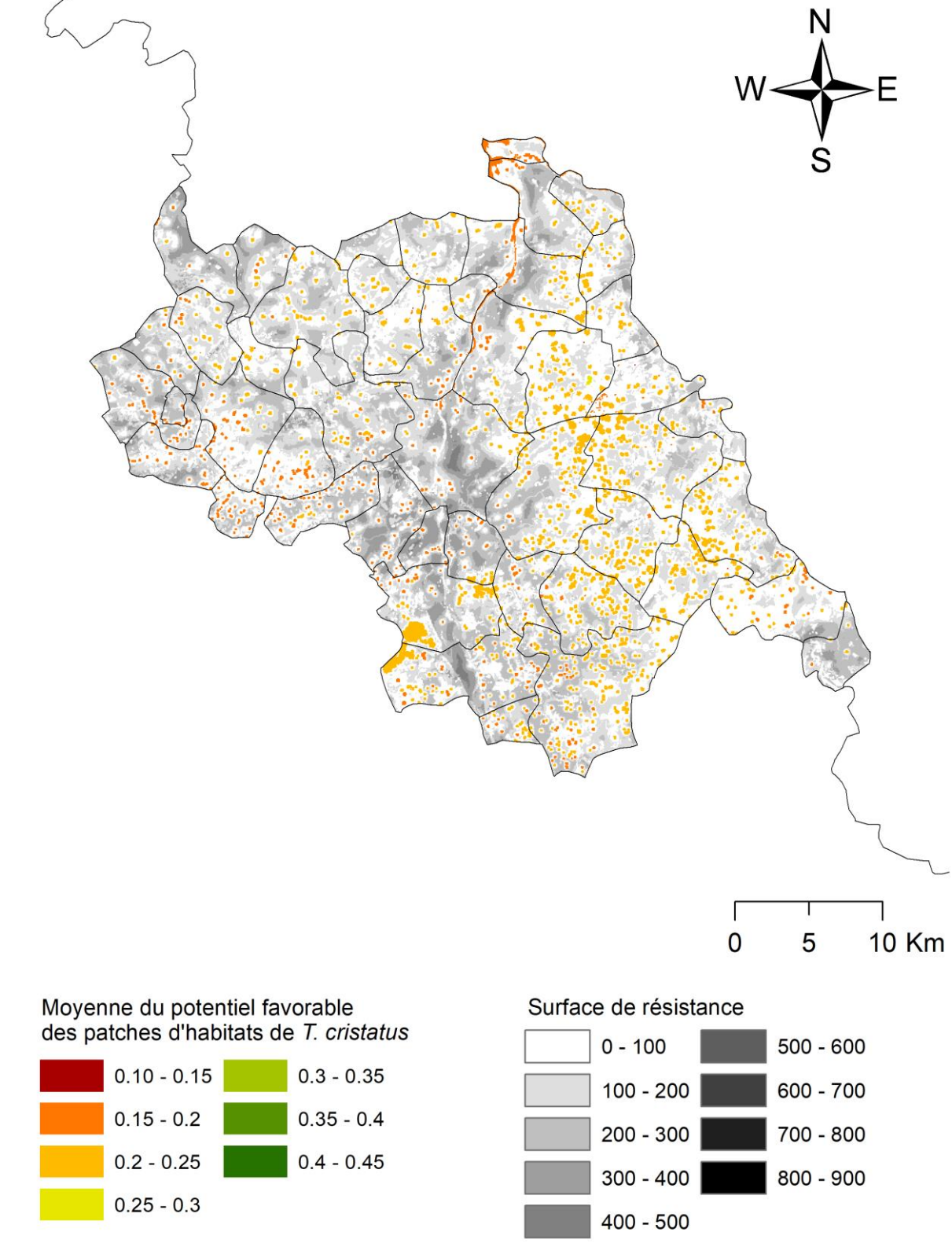
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton crêté dans les conditions actuelles



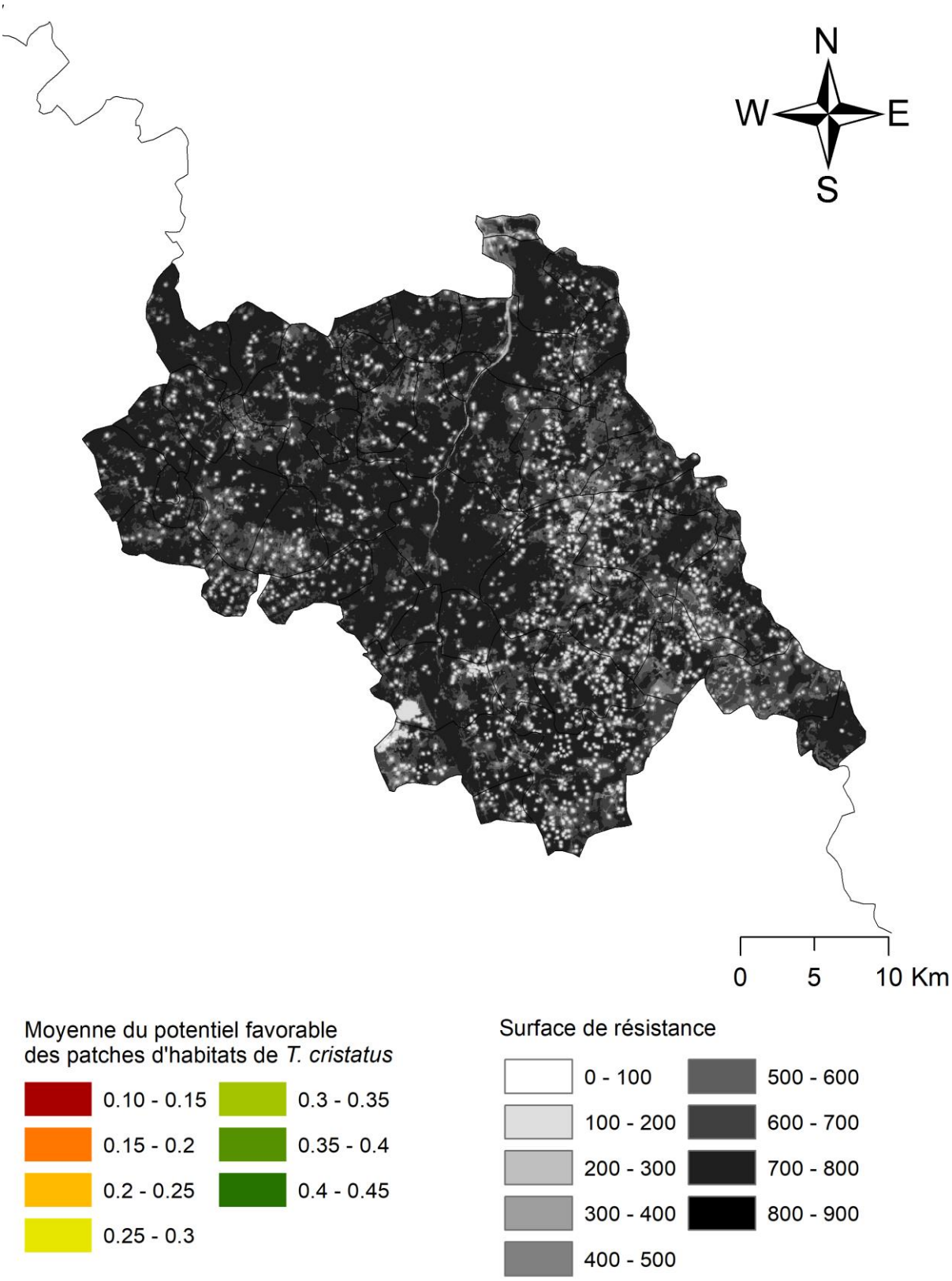
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton crêté pour le scénario RCP 2.6 pour 2050



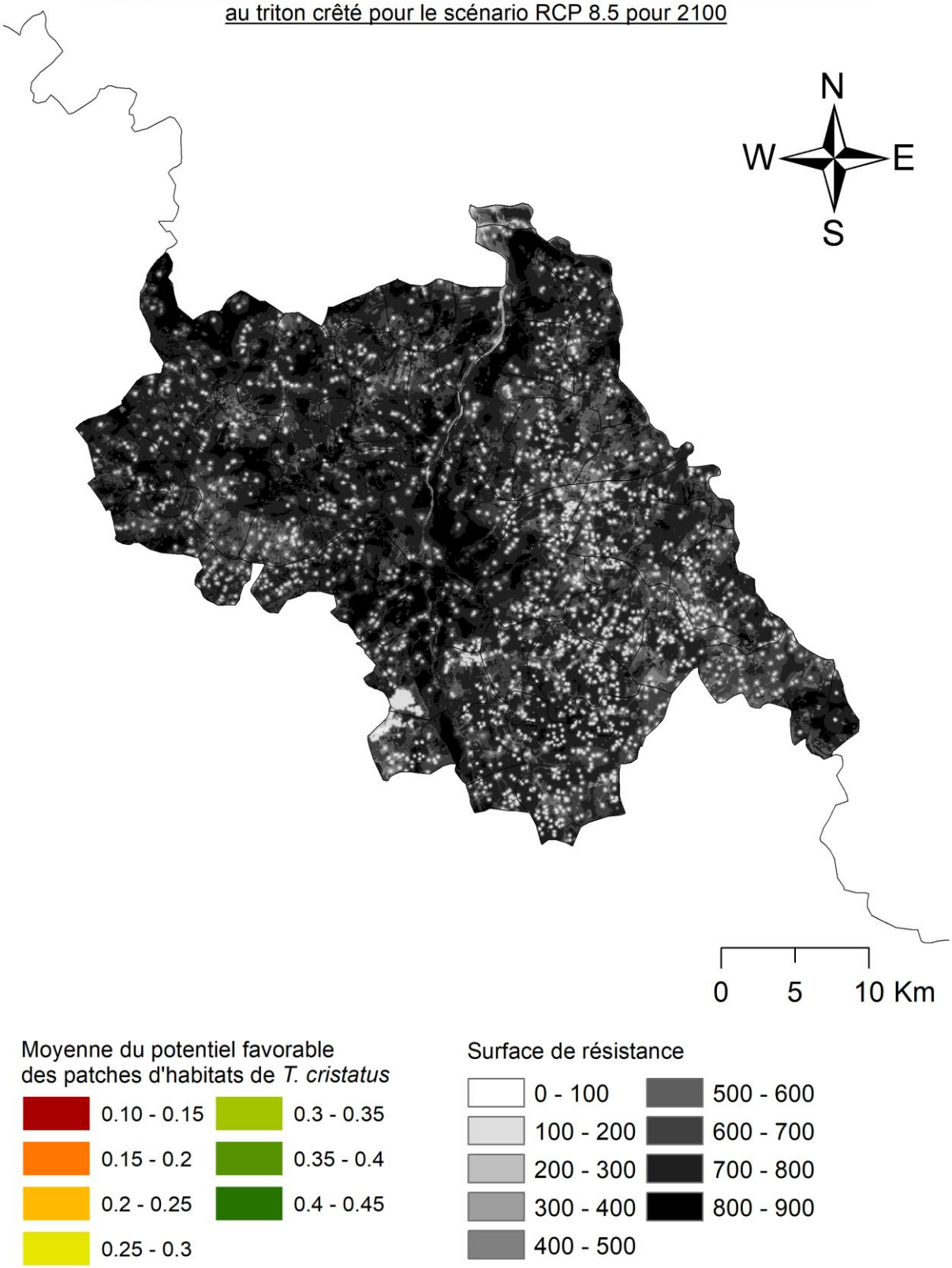
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton crêté pour le scénario RCP 2.6 pour 2100



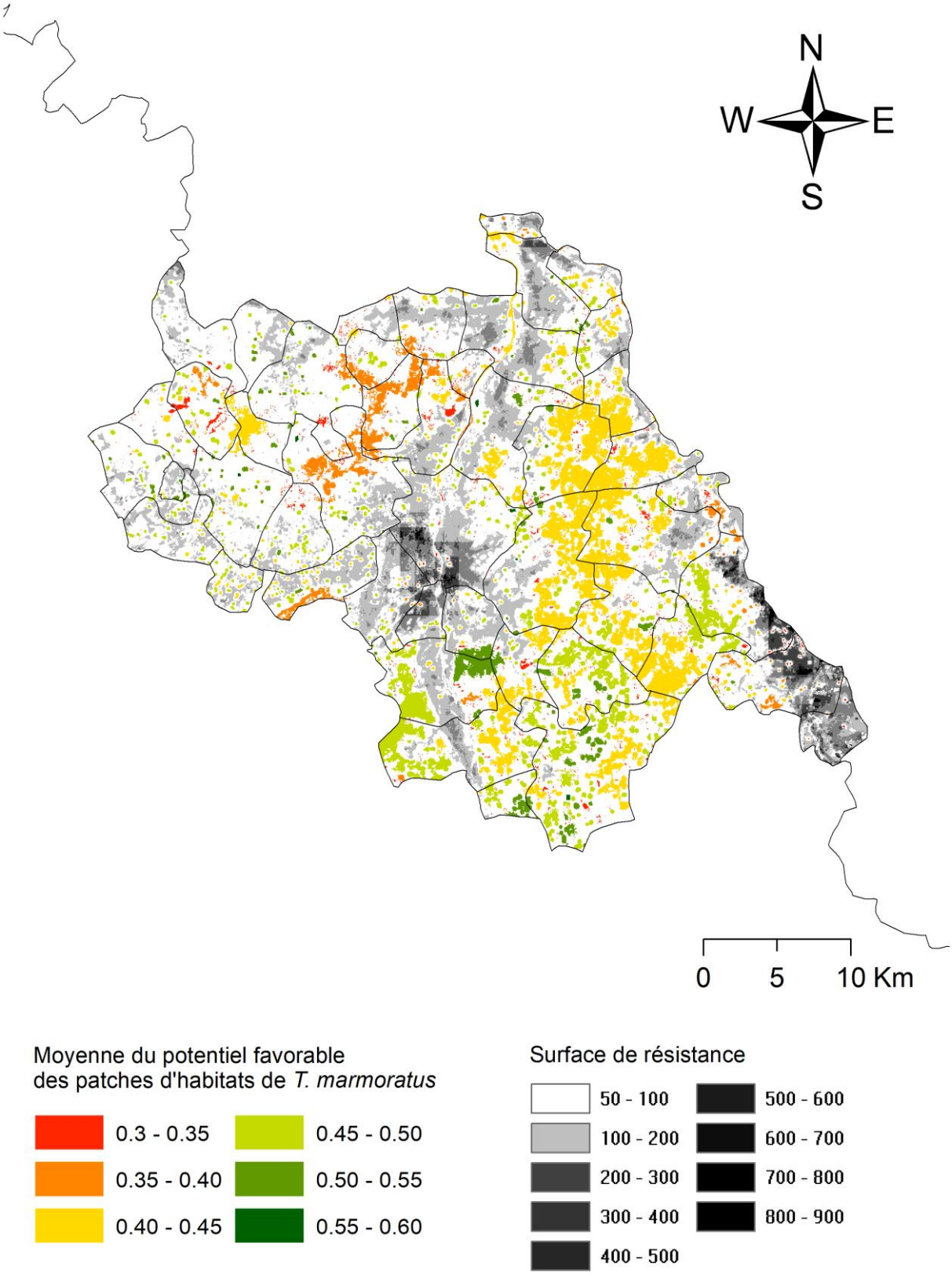
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton crêté pour le scénario RCP 8.5 pour 2050



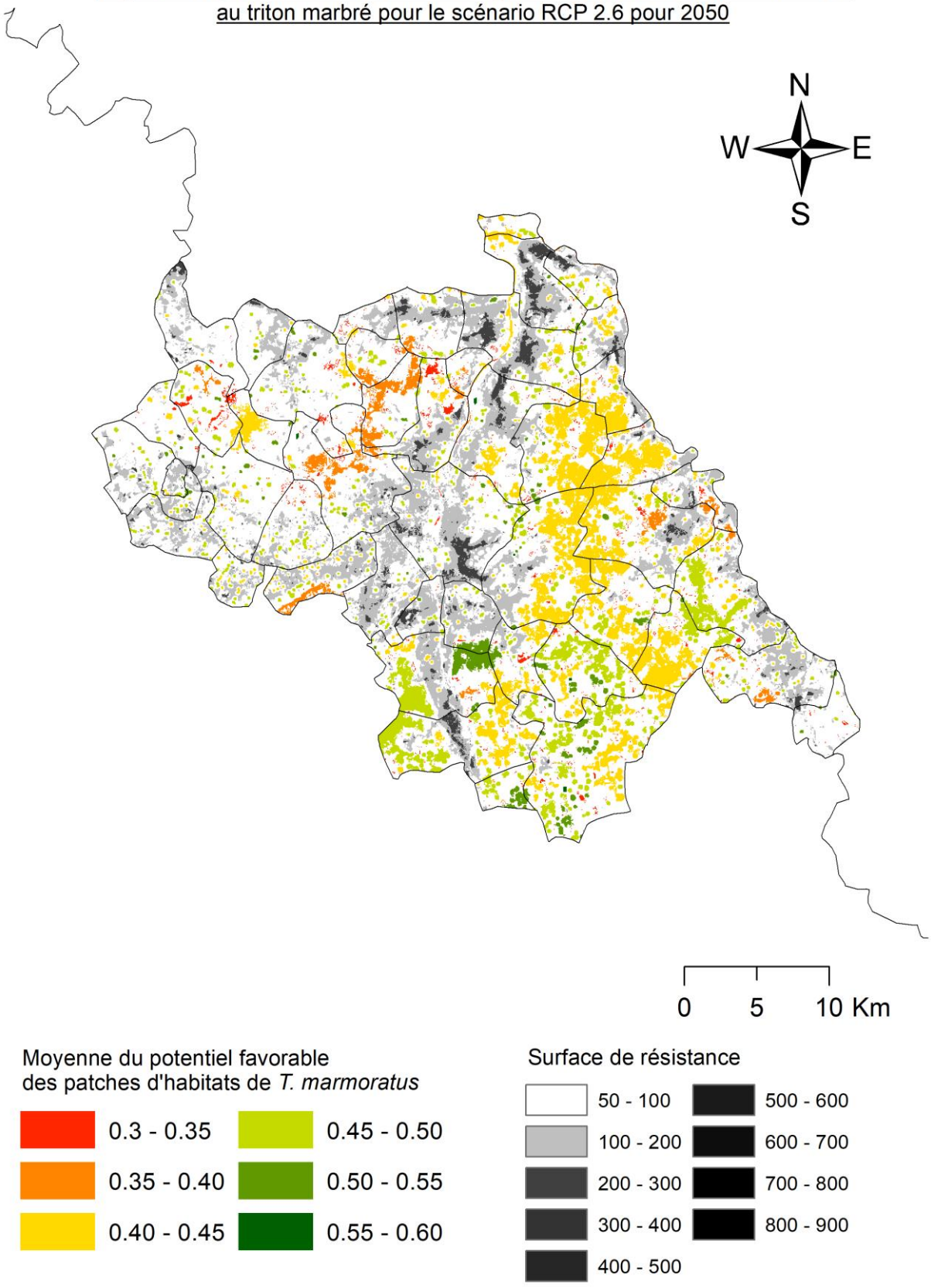
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton crêté pour le scénario RCP 8.5 pour 2100



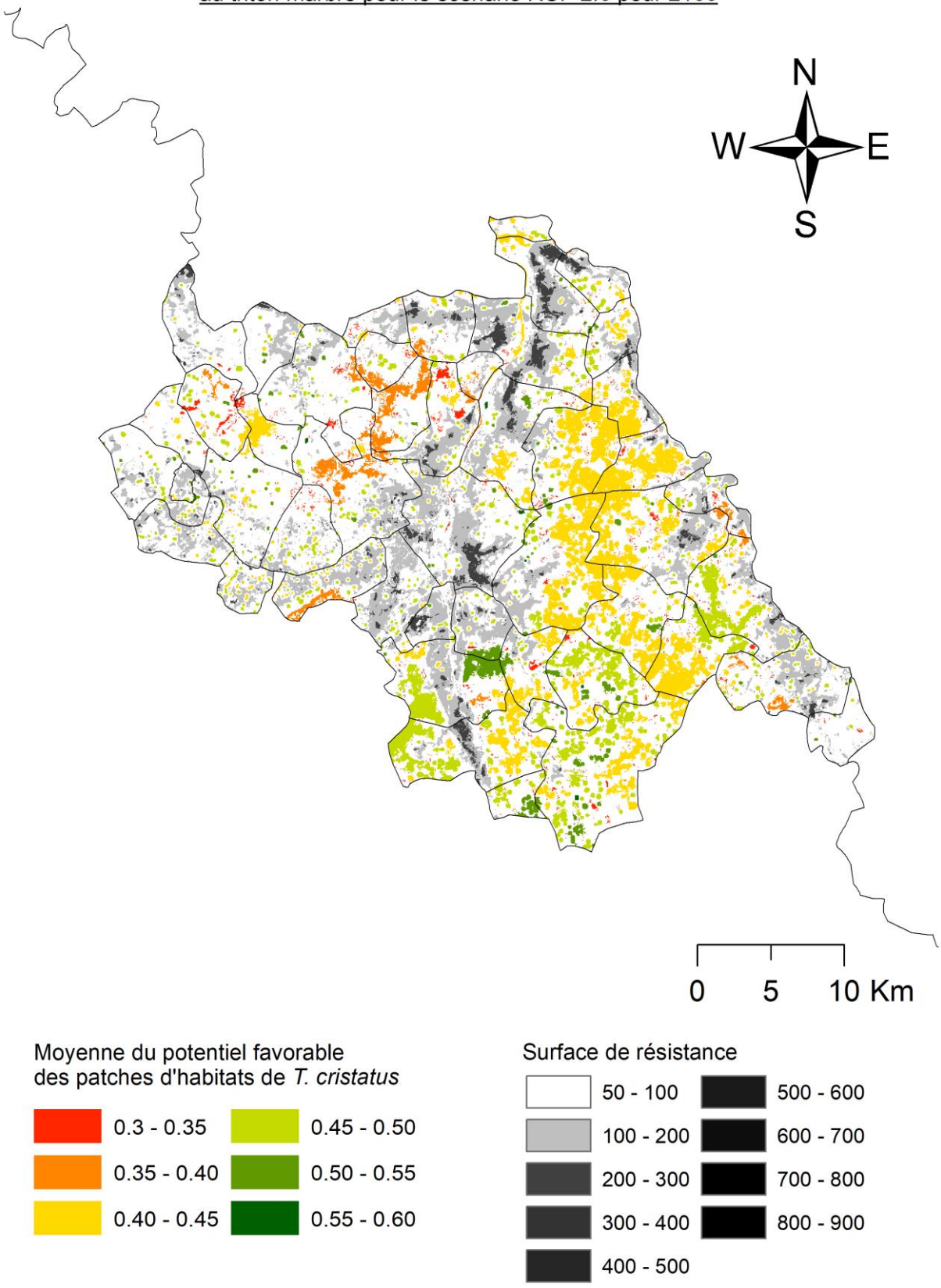
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton marbré dans les conditions actuelles



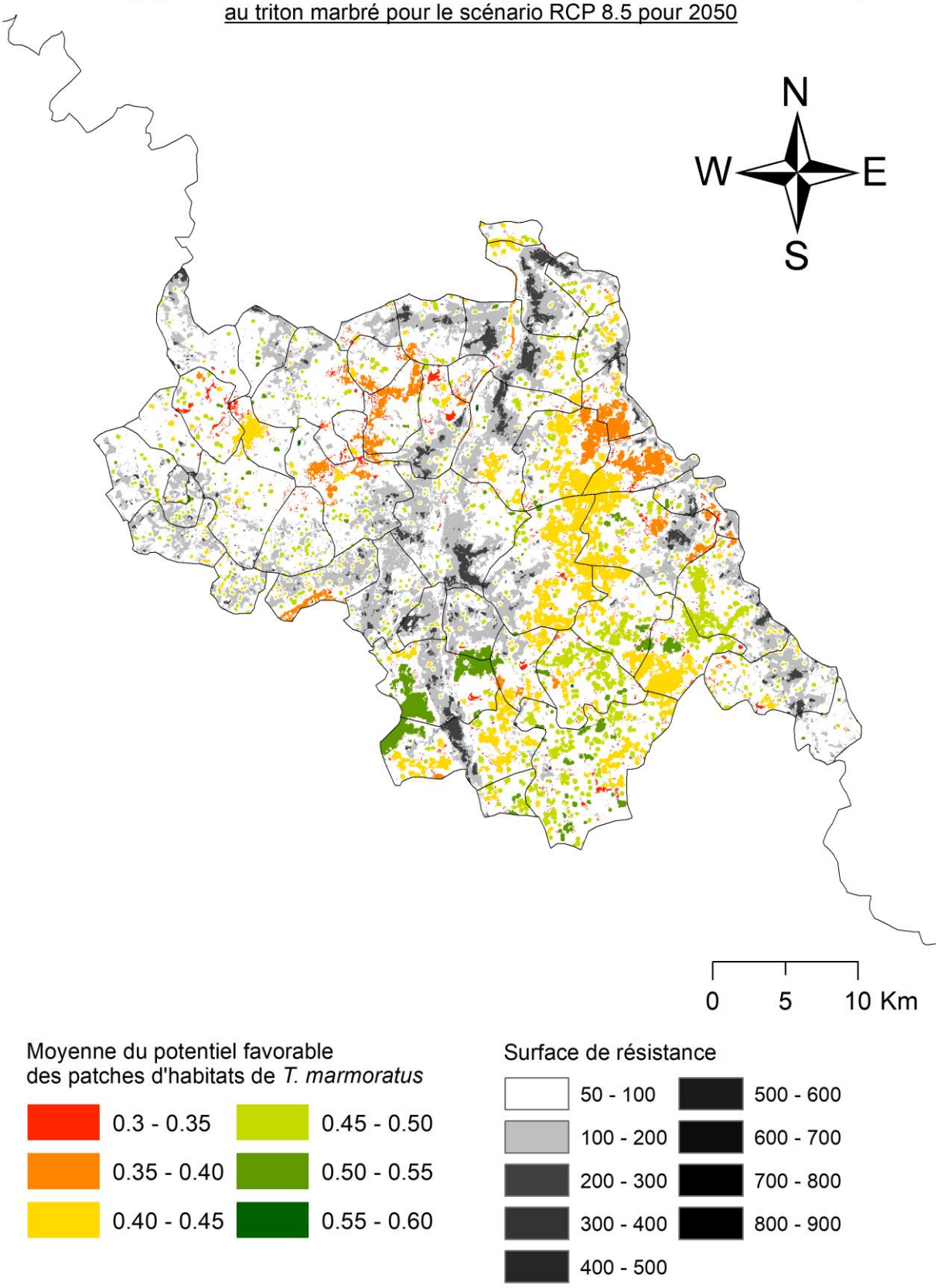
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton marbré pour le scénario RCP 2.6 pour 2050



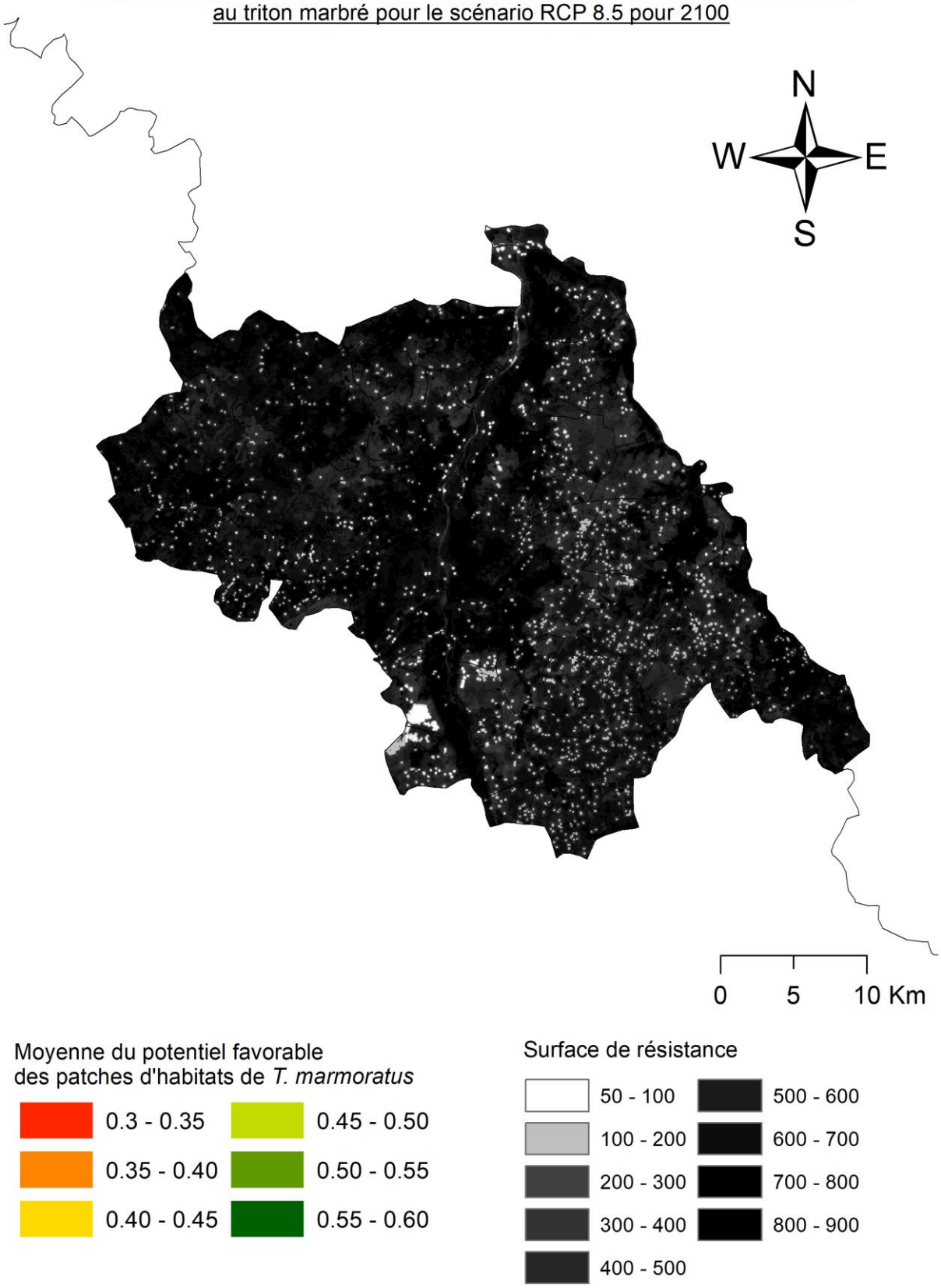
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton marbré pour le scénario RCP 2.6 pour 2100



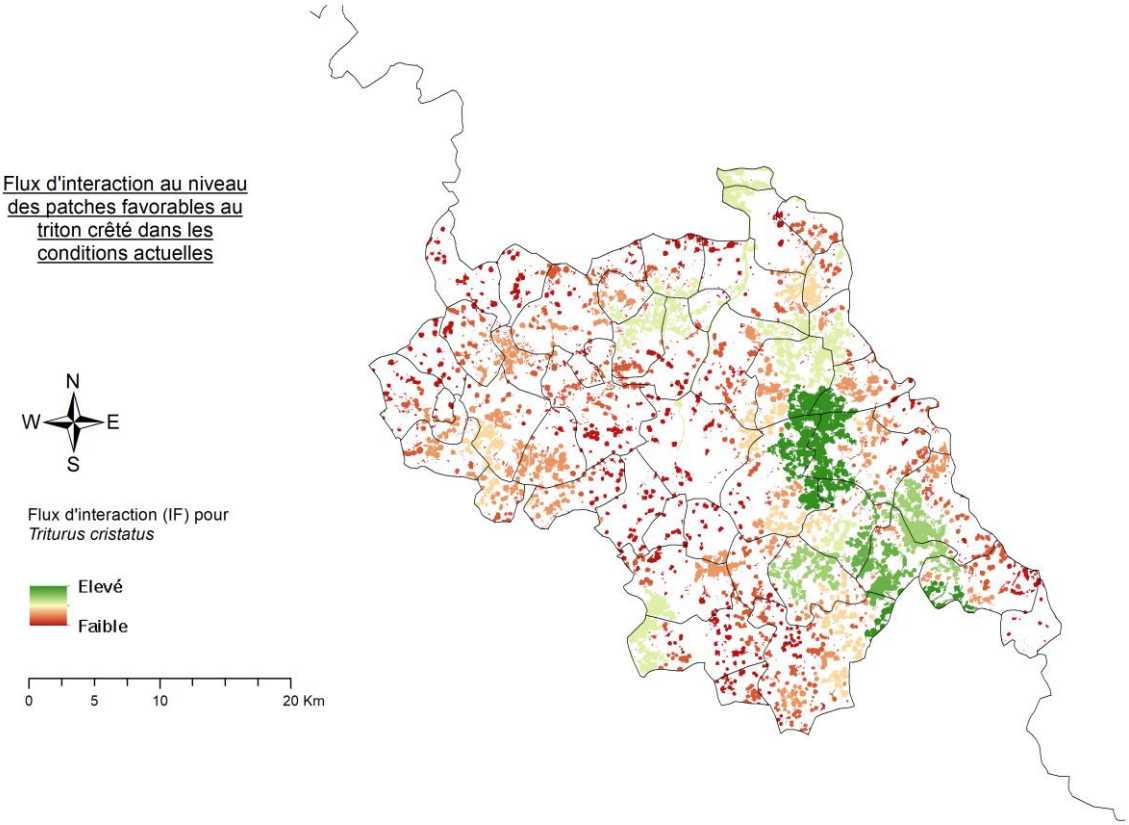
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton marbré pour le scénario RCP 8.5 pour 2050

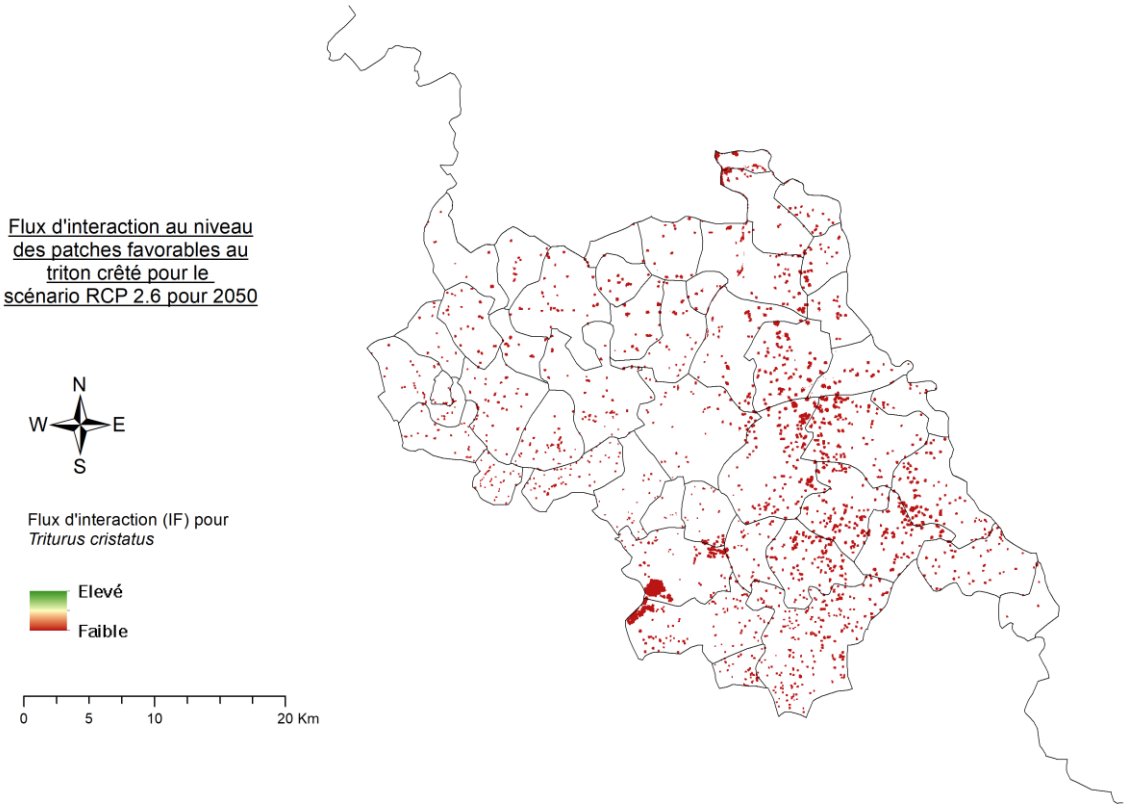


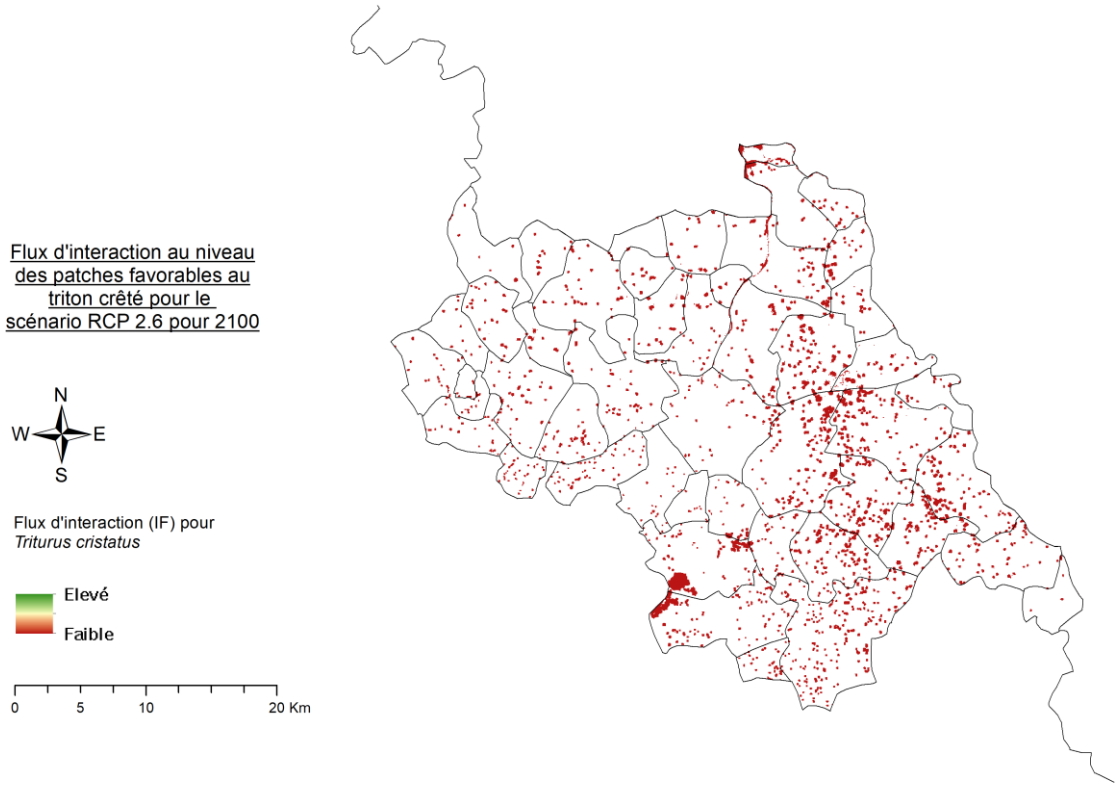
Moyenne du potentiel favorable dans les patches identifiés comme favorables au triton marbré pour le scénario RCP 8.5 pour 2100

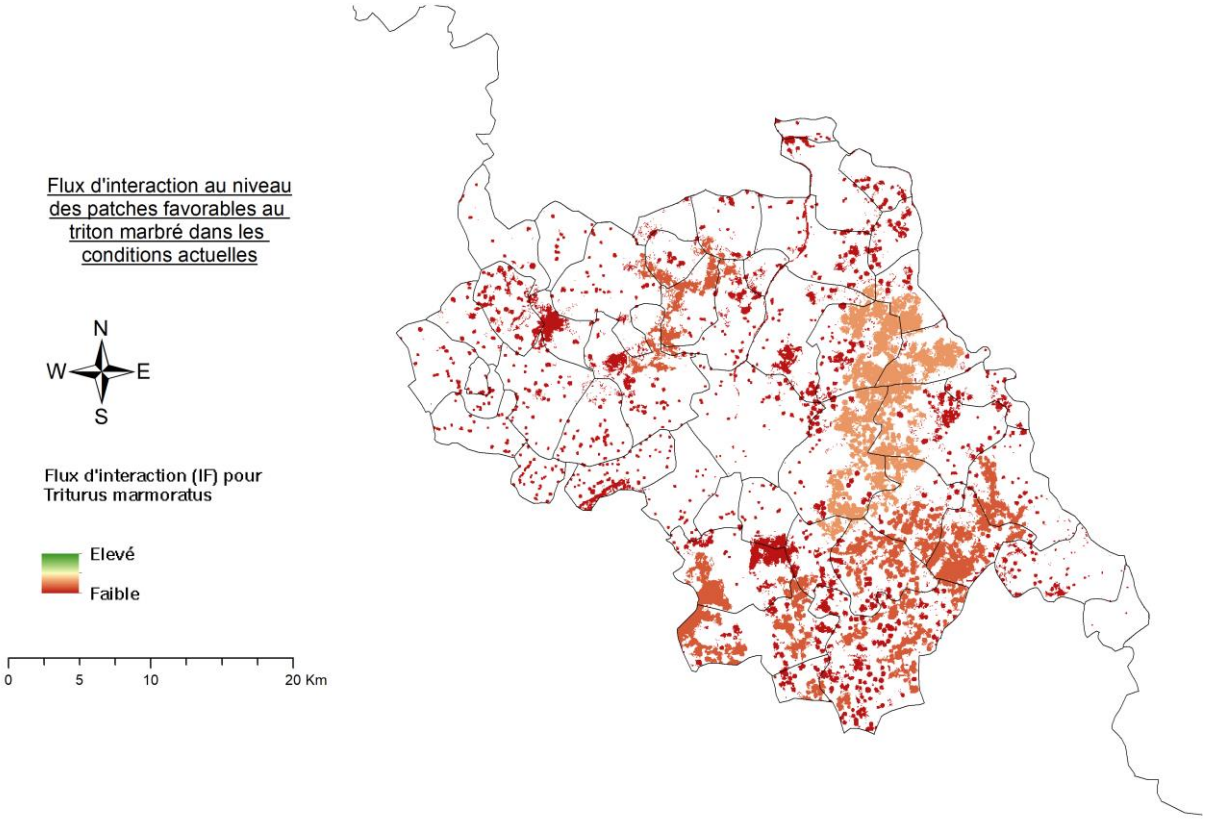


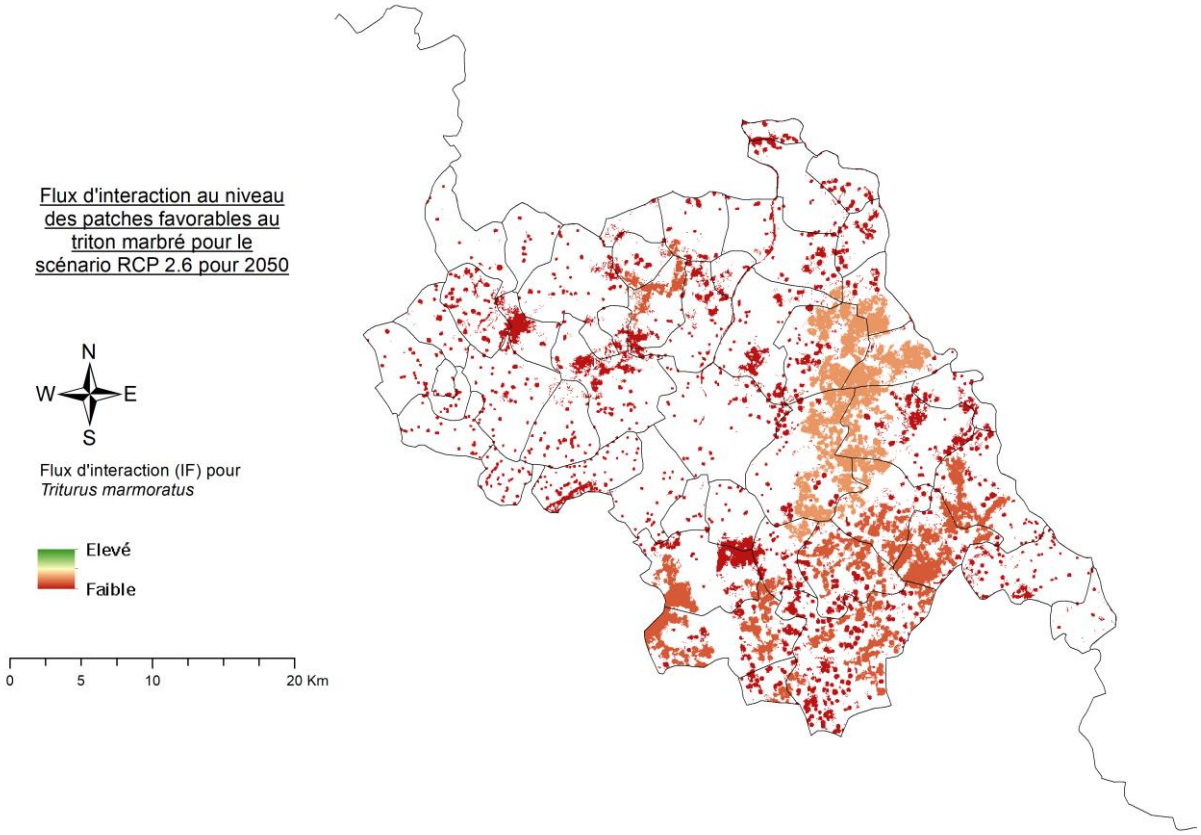
Annexe 3

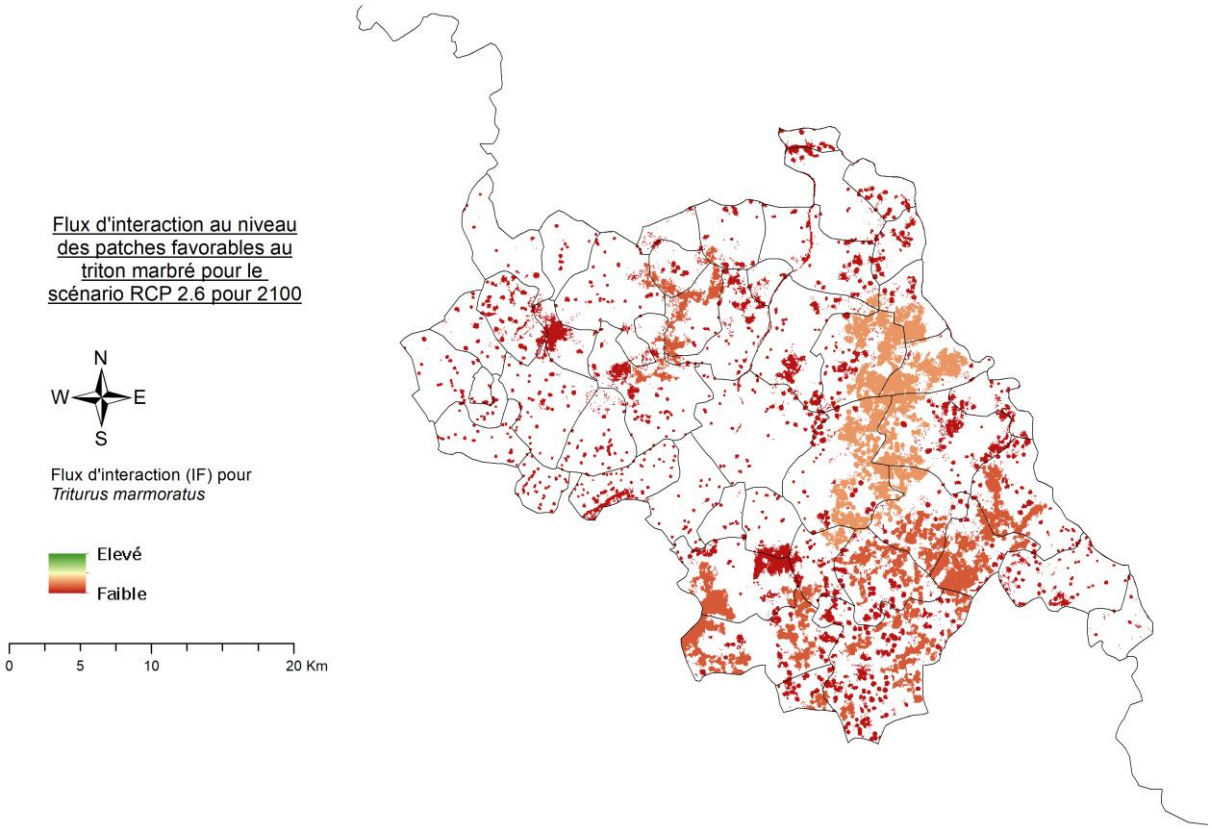

Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton crêté dans les conditions actuelles
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour *Triturus cristatus*
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km

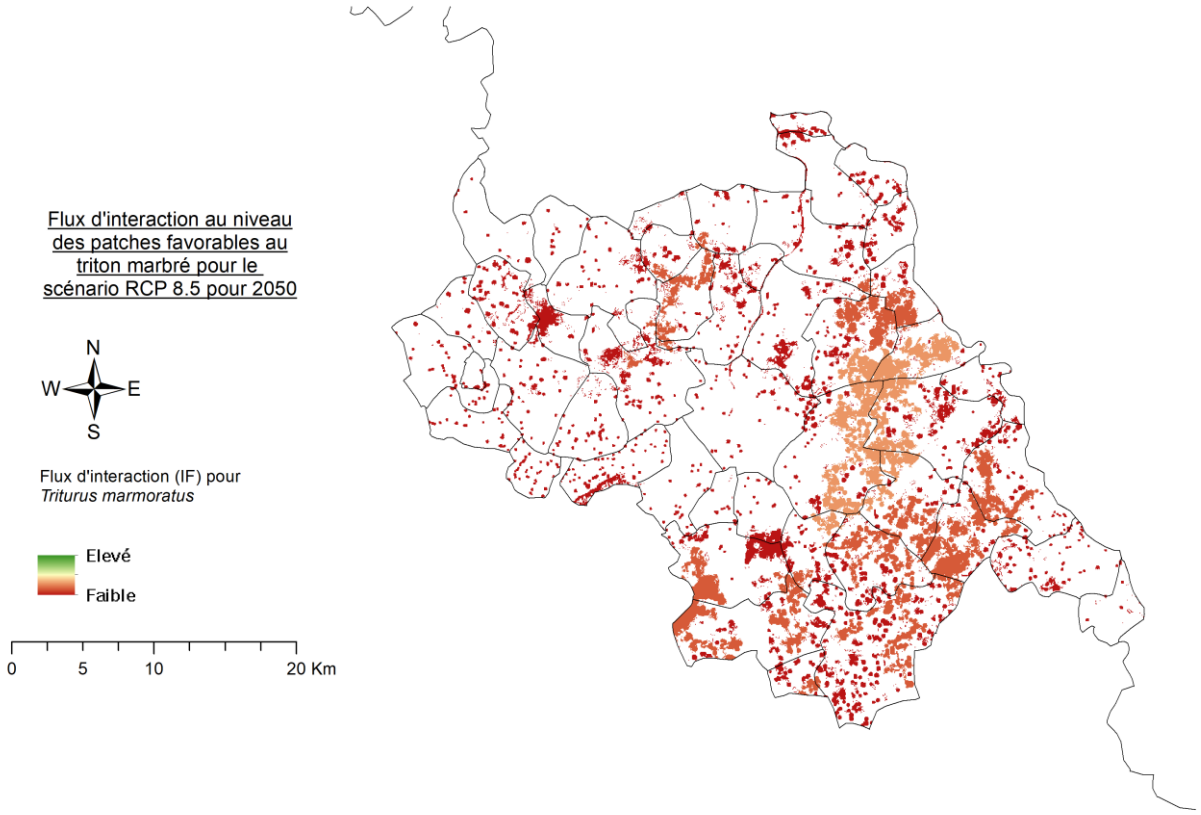

Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton crêté pour le scénario RCP 2.6 pour 2050
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour *Triturus cristatus*
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km


Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton crêté pour le scénario RCP 2.6 pour 2100
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour *Triturus cristatus*
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km


Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton marbré dans les conditions actuelles
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour Triturus marmoratus
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km

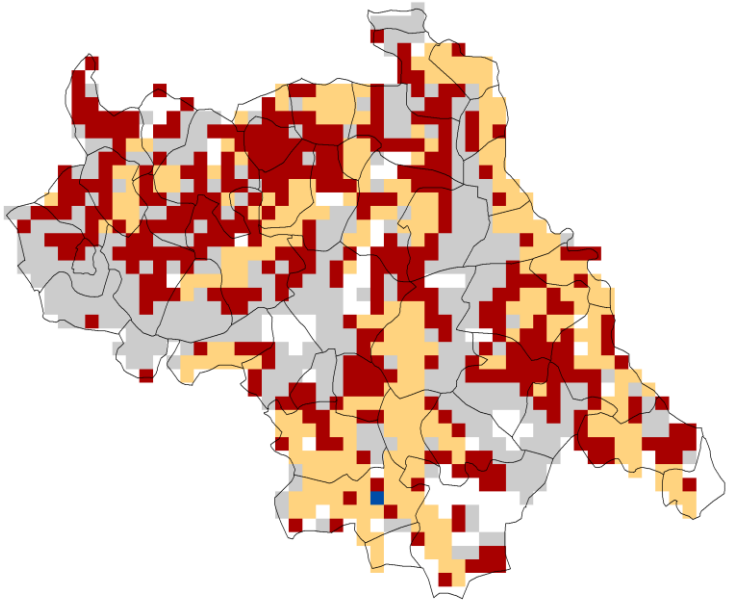

Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton marbré pour le scénario RCP 2.6 pour 2050
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour
Triturus marmoratus
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km


Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton marbré pour le scénario RCP 2.6 pour 2100
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour
Triturus marmoratus
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km

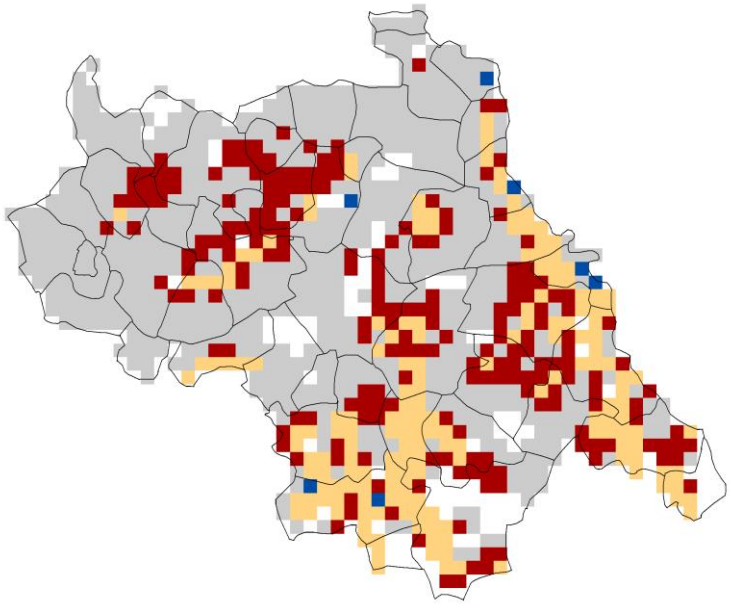

Flux d'interaction au niveau des patches favorables au triton marbré pour le scénario RCP 8.5 pour 2050
N
W
E
S
Flux d'interaction (IF) pour
Triturus marmoratus
Elevé
Faible
0
5
10
20 Km

Annexe 4

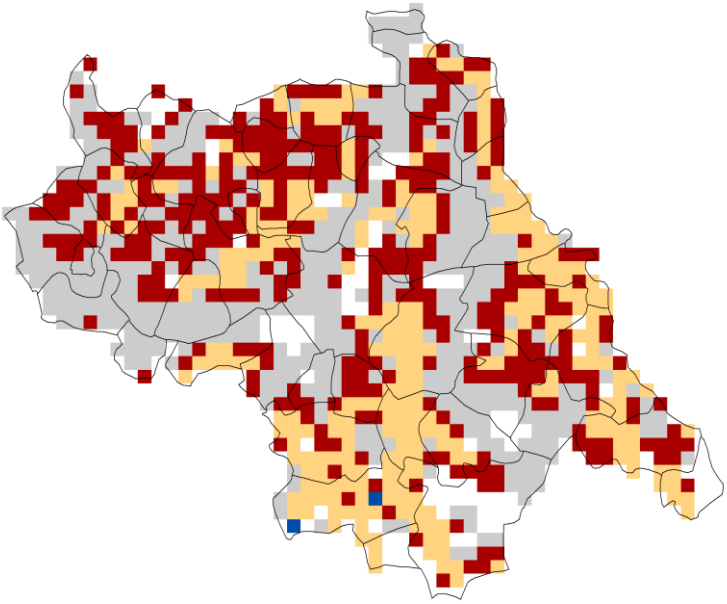
Zones identifiées comme favorables à *A. pallipes* (bleu), *P. leniusculus* (rouge), aux deux espèces (jaune), et comme défavorables aux deux espèces (gris), dans les conditions actuelles



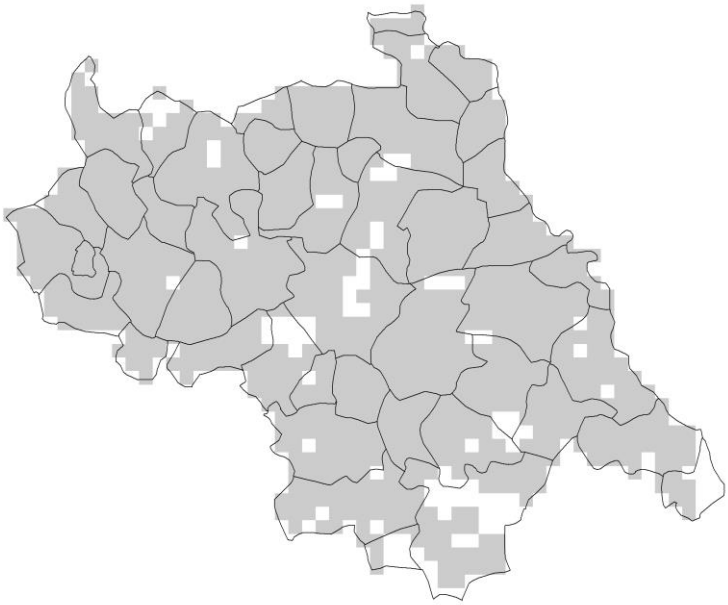
Zones identifiées comme favorables à *A. pallipes* (bleu), *P. leniusculus* (rouge), aux deux espèces (jaune), et comme défavorables aux deux espèces (gris), pour 2050 (RCP 2.6)



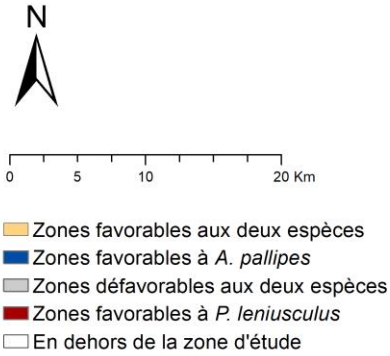
Zones identifiées comme favorables à *A. pallipes* (bleu), *P. leniusculus* (rouge), aux deux espèces (jaune), et comme défavorables aux deux espèces (gris), pour 2100 (RCP 2.6)

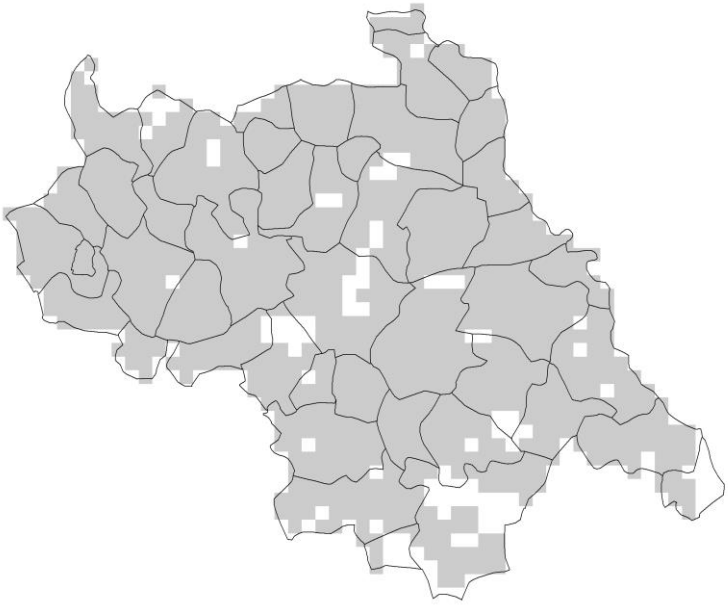


Zones identifiées comme favorables à *A. pallipes* (bleu), *P. leniusculus* (rouge), aux deux espèces (jaune), et comme défavorables aux deux espèces (gris), pour 2050 (RCP 8.5)



Zones identifiées comme favorables à *A. pallipes* (bleu), *P. leniusculus* (rouge), aux deux espèces (jaune), et comme défavorables aux deux espèces (gris), pour 2100 (RCP 8.5)





GEREPI

Moulin de Chitré
86210 Vouneuil sur Vienne

Téléphone :
05 49 02 33 47
Mail. :
contact@reserve-pinail.org