

CARACTÉRISATION DU RÉSEAU ECOLOGIQUE DE LA RAINETTE VERTE SUR DINAN AGGLOMÉRATION



GUINEL Ema

Stage effectué du 01/03 au 31/07/2022 à
Vivarmor Nature, 18 c rue du Sabot 22440, Ploufragan
sous la direction scientifique de Pierre-Alexis Rault



Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de mon étude et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, un grand merci à VivArmor Nature de m'avoir acceptée encore une fois parmi eux. Merci à Hervé Guyot, président de l'association, Franck Delisle, directeur, et aux administrateurs de m'avoir fait confiance pour mener à bien cette étude.

Evidemment, je remercie vivement mon tuteur de stage, Pierre-Alexis Rault, chargé de missions scientifiques, qui m'aura aidé tout du long. Son expérience et sa patience m'ont été bénéfique et je n'ai que pu progresser.

Je n'oublie pas non plus Charlotte Récapet, enseignante et responsable de la licence professionnelle MPGE BAEE, qui m'aura donné de précieux conseils pour le traitement de mes données.

Enfin, merci à Claire Razloznik, volontaire à VivArmor Nature, Margot Minet, apprentie à VivArmor Nature, et aux superbes bénévoles qui m'ont accompagnés sur le terrain. Sans eux, il n'y aurait pas eu de Rainettes.

Résumé :

Dans le cadre de son Atlas de Biodiversité Intercommunale, Dinan agglomération a fait appel à VivArmor Nature pour réaliser un inventaire Amphibiens sur 20 communes. Il a été décidé de s'intéresser plus particulièrement au réseau écologique de la Rainette verte afin d'apporter des éléments globaux pour une meilleure prise en compte des enjeux concernant les Amphibiens à l'échelle de l'ensemble du territoire. En effet, l'espèce étant facilement détectable grâce aux chœurs des mâles en période de reproduction, il est possible de couvrir un vaste territoire. Au total, ce sont 167 points d'eau qui ont été prospectés. Deux passages ont été réalisés afin d'attester de la présence ou non de la Rainette au risque d'erreur de 5%.

Les analyses statistiques ont permis de montrer que dans un rayon de 390m, correspondant à la distance moyenne de migration de l'espèce, la densité de mares et leur surface augmentaient la probabilité de présence. Les analyses de scénario de connectivité font ressortir un impact moins important qu'envisagé du réseau routier sur le processus de dispersion de l'espèce. Par contre, les cultures et milieux très urbanisés freinent davantage ces mouvements. Pour renforcer, voire retrouver un réseau fonctionnel aux déplacements, les zones à forte probabilité de présence ainsi que leurs corridors associés, modélisés avec Graphab, représentent les secteurs prioritaires où la collectivité devra porter son attention lors de projets d'aménagements.

Mots-clés : *Hyla arborea*, réseau écologique, matrice paysagère, migration, dispersion

Table des matières

1-Introduction.....	1
2-Matériel et méthode	3
2-1 La Rainette verte, <i>Hyla arborea</i> (Linnaeus, 1758)	3
2-2 Territoire d'étude.....	4
2-2-1 Généralités.....	4
2-2-2 Occupation du sol.....	6
2-3 Protocole d'étude.....	8
2-3-1 Description du protocole d'échantillonnage.....	8
2-3-2 Evaluation de l'effet de la matrice paysagère sur la présence de l'espèce dans les points d'eau en période de reproduction	10
2-3-3 Scénario de connectivité.....	11
3 -Résultats.....	14
3-1 Données récoltées.....	14
3-2 Effet de la matrice paysagère sur la présence de l'espèce en période de reproduction.	16
3-3 Scénario de connectivité.....	19
3-4 Outils d'aide à la décision	22
4 – Discussion	24
Bibliographie.....	26
Annexes	

Table des figures

Figure 1 : <i>Hyla arborea</i> (Linnaeus, 1758)	3
Figure 2 : Comparaison de l'occupation du sol de Dinan agglomération avec les Côtes d'Armor	4
Figure 3 : Carte représentant les 20 communes retenues pour l'ABI de Dinan agglomération .	5
Figure 4 : Nomenclature de la carte des grands types de végétation - Source : CBN Brest 2019	6
Figure 5 : Carte d'occupation du sol de Dinan agglomération	7
Figure 6 : Carte de répartition des points d'écoute de la Rainette verte	9
Figure 7 : Carte sur les connaissances actuelles de la répartition de la Rainette verte	14
Figure 8 : Carte de densité des points de présence de la Rainette verte par commune en 2022	15
Figure 9 : ACP sur les données nord/sud selon la distance de migration	16
Figure 10 : ACP Nord/Sud selon la distance de dispersion	17
Figure 11 : Distribution des probabilités d'occurrence en fonction d'un modèle	20
Figure 12 : Carte de probabilité de présence et de ses corridors associés.....	21
Figure 13 : Carte de la densité de points d'eau au km ² associée à la probabilité de présence. Zoom sur Saint-Helen	23

Table des tableaux

Tableau 1 : Scénari de connectivité	12
Tableau 2 : Résultats du GLM selon la distance de migration sur les données du sud.....	18
Tableau 3 : Résultats du GLM selon la distance de dispersion sur les données du sud.....	18
Tableau 4 : Estimation des scénarii.....	19

1-Introduction

La perte et la dégradation des habitats naturels sont les principales causes du déclin de la biodiversité. En France, sur la période 2010-2020, 41 % des sites humides emblématiques sont en dégradation (ONB, 2021). De plus, entre 20 000 et 30 000 hectares sont artificialisés chaque année. Cette artificialisation augmente presque 4 fois plus vite que la population (Marisa, 2022). Les espèces se retrouvent ainsi à vivre sur des espaces de plus en plus réduits. Cette perte des milieux naturels entraîne également une fragmentation de ceux-ci, contraignant les individus dans leurs déplacements. Or, ces déplacements sont indispensables aux individus pour accomplir leur cycle biologique. On en distingue trois types :

- Les mouvements journaliers, qui correspondent généralement à la recherche de nourriture.
- Les migrations et mouvements saisonniers entre le biotope de reproduction et de repos.
- La dispersion, qui est un déplacement plus commun chez les jeunes. Elle correspond au déplacement d'un individu soit vers une population déjà existante, soit vers un nouveau site où l'espèce s'implantera.

Ces mouvements ne sont possibles que si les exigences écologiques des espèces sont respectées.

Conscientes de ces problèmes, de nombreuses collectivités se sont engagées dans des démarches pour tenter de mieux intégrer la biodiversité dans leur stratégie d'aménagement. Elles sont aussi dans l'obligation de mettre en œuvre la politique de la Trame Verte et Bleue (TVB) dans leur document d'urbanisme. Cet outil d'aménagement du territoire a pour but d'identifier et de restaurer les réseaux écologiques à différentes échelles. Elle permet notamment de mettre en avant les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques. Les premiers correspondent à des zones à fort enjeu, accueillant une biodiversité importante et où les espèces peuvent y accomplir une partie ou la totalité de leur cycle biologique. Les seconds assurent la connexion entre ces espaces.

Cependant, les collectivités se heurtent à un frein majeur pour appliquer cette politique TVB : le manque de connaissance naturaliste sur leur territoire. Des programmes, tels que les Atlas de Biodiversité Communale (ABC), ont pour objectif d'améliorer cette connaissance et ainsi orienter la gestion au mieux.

Dinan agglomération s'est engagée depuis 2020 dans un Atlas de Biodiversité Intercommunale. Dans ce cadre, des synthèses des connaissances de différents groupes taxonomiques ont été réalisées, mettant en avant des lacunes sur la majorité des groupes traités. Afin d'atténuer ces lacunes, plusieurs études ont été lancées. Pour les Amphibiens, il a été décidé de s'intéresser au réseau écologique de la Rainette verte et ainsi permettre d'apporter une information homogène sur l'ensemble du territoire. Comme la majorité des Amphibiens, cette dernière a un mode de vie biphasique. Pendant la période de reproduction, elle rejoint des points d'eau. Une fois cette phase terminée, elle se déplace dans les habitats terrestres alentours, jusqu'à plusieurs centaines de mètres, voir kilomètres pour certains individus. Si les individus se retrouvent dans l'incapacité de migrer, le maintien d'une population peut être compromis. A plus large échelle, les barrières à la dispersion peuvent conduire à terme à l'isolement de populations pouvant provoquer leur extinction.

Afin de mieux appréhender le réseau écologique complexe de la Rainette verte, cette étude s'intéresse dans un premier temps, à caractériser les éléments du paysage qui influence la présence de l'espèce, pour, dans un second temps proposer un scénario de connectivité le plus complet possible.

L'objectif sous-jacent de cette étude est de mettre à disposition de la collectivité des outils d'aide à la décision afin de mieux prendre en compte la biodiversité dans leur stratégie d'aménagement du territoire, que ce soit pour la définition de sa Trame Verte et Bleue ou encore pour alimenter la construction d'un plan d'action en faveur de la biodiversité.

2-Matériel et méthode

2-1 La Rainette verte, *Hyla arborea* (Linnaeus, 1758)

Espèce faisant partie de l'ordre des Anoures, elle est facilement reconnaissable de par sa couleur verte et son liseré noir parcourant son flanc des narines jusqu'à l'insertion des pattes postérieures (Figure 1).

Comme la majorité des Amphibiens, son cycle biologique est en deux phases : une phase larvaire aquatique, avec une respiration branchiale et une phase terrestre après la métamorphose, avec respiration pulmonée. Ce mode de vie biphasique amène les adultes à accomplir de véritables migrations, parfois sur des distances importantes, quittant leurs habitats terrestres pour regagner leurs biotopes de reproduction. La distance de migration moyenne chez la Rainette verte est de 390m. Quant à la dispersion, elle peut atteindre les 2400 m (Trochet & al, 2014).



Figure 1 : *Hyla arborea* (Linnaeus, 1758)

La période de reproduction en Côtes d'Armor commence généralement en avril pour se terminer début juin. A cette saison, les mâles chantent pour attirer les femelles. Leur chant, très puissant, peut se faire entendre à plus d'un kilomètre.

Espèce thermophile, le site de reproduction de la Rainette verte est caractérisé par des points d'eau bien exposés au soleil avec la présence de prairies à proximité (Grosse & Günther, 1996). Elle peut même être capable de coloniser des eaux saumâtres (Bauwens & Claus, 1996). En dehors de la reproduction, la Rainette verte va privilégier des milieux ouverts tels que des prairies, fourrés et landes (Jacob et al, 2007).

Les individus se déplacent souvent le long de structures paysagères linéaires, tels que des haies, lisières et cours d'eau (Fog, 1993).

Cette espèce fonctionne en métapopulation (Jacob et al, 2007 ; Carlson & Edenhamn, 2000). Plusieurs sous-populations de Rainette verte sont réparties dans l'espace. Il existe des échanges plus au moins réguliers et importants d'individus entre les sites de reproduction. Ces flux entre individus sont indispensables pour garantir le maintien de l'espèce. Pour y parvenir, leurs habitats de prédilection doivent être interconnectés au risque de voir une population isolée.

2-2 Territoire d'étude

2-2-1 Généralités

Dinan agglomération est un territoire vaste composé de 64 communes, pour une superficie totale de 932 km².

La principale dominante de l'occupation du sol correspond aux cultures représentant 55 % du territoire (Figure 2).

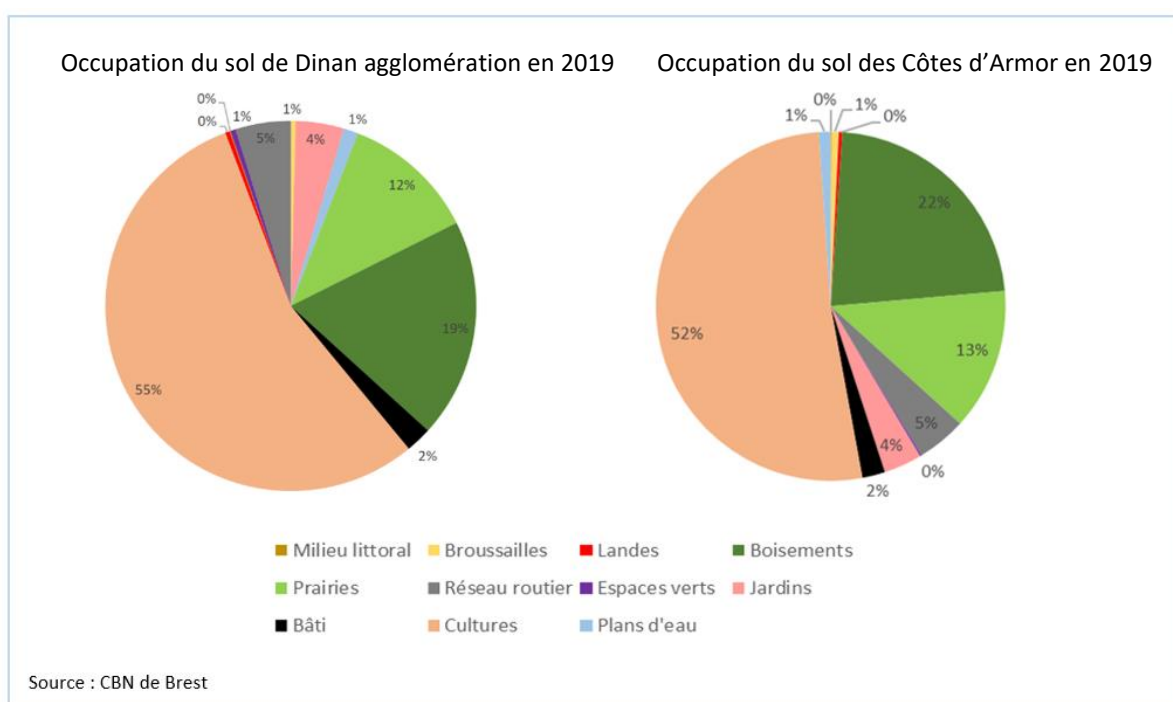


Figure 2 : Comparaison de l'occupation du sol de Dinan agglomération avec les Côtes d'Armor

Compte tenu de la taille du territoire et des moyens disponibles, la démarche d'ABI n'a pu être conduite sur l'ensemble de la collectivité. De fait, 20 communes volontaires ont été retenues pour y engager des études afin d'améliorer les connaissances naturalistes du territoire.

Cela représente 334 km² soit environ un tiers du territoire total (Figure 3).

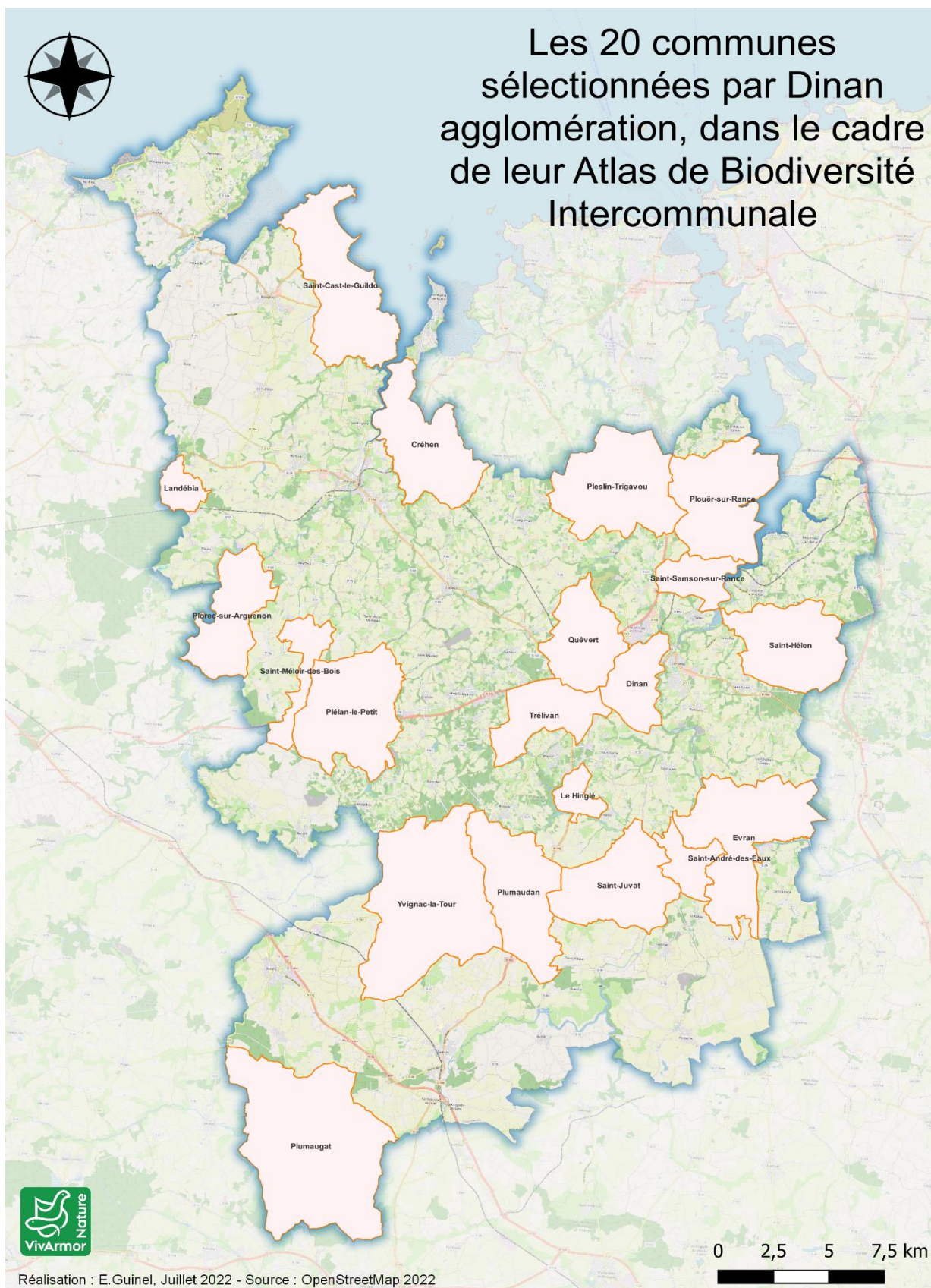


Figure 3 : Carte représentant les 20 communes retenues pour l'ABI de Dinan agglomération

2-2-2 Occupation du sol

Les analyses se basent sur la carte des grands types de végétation au 1/25000^e produite par le Conservatoire Botanique National de Brest en 2019 (Figure 4). Cette cartographie comprend trois niveaux typologiques, du plus simple au plus précis. Le premier niveau est notamment utilisé dans les cartes d'occupation du sol dans le cadre d'un Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE). Le deuxième niveau correspond aux grands types de végétation et le dernier est basé sur la nomenclature utilisé en phytosociologie (CBN Brest, 2019).

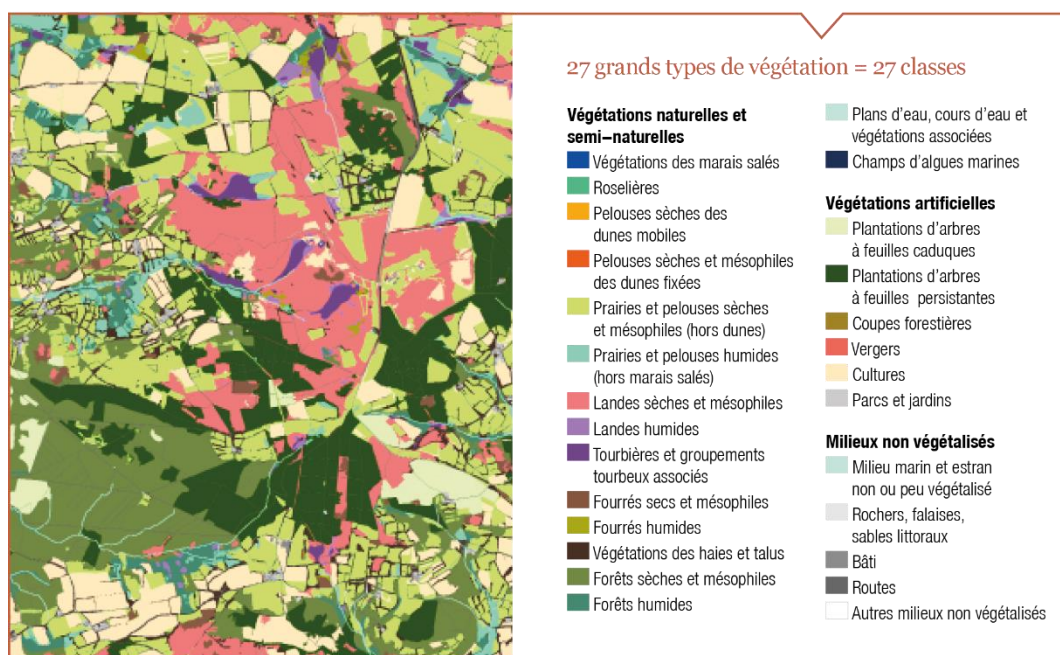


Figure 4 : Nomenclature de la carte des grands types de végétation - Source : CBN Brest 2019

Etant assez précise au vu des connaissances sur l'espèce étudiée, la physionomie de la végétation, niveau intermédiaire, a été retenue pour les analyses. En complément, une distinction a été faite entre les routes nationales à quatre voies et le réseau routier secondaire pour tester l'impact des premières sur le réseau écologique de la Rainette verte. De même, des lisières ont été ajoutés sur les espaces boisés, partant du principe que cette espèce thermophile utilise ces éléments paysagers pour se déplacer.

Ainsi, ce sont 17 postes qui ont été retenus pour les analyses (Figure 4).

En complément, des points d'eau inventoriés par l'association CŒUR Emeraude, ont été ajoutés. Un tri des pièces d'eau a également été effectué pour mettre de côté celles qui ne pourraient accueillir l'espèce (exemple : Bassin d'épuration).

Une zone tampon de 5 km au-delà des limites administratives de la collectivité est également créée pour éviter l'effet bordure lors de analyses.

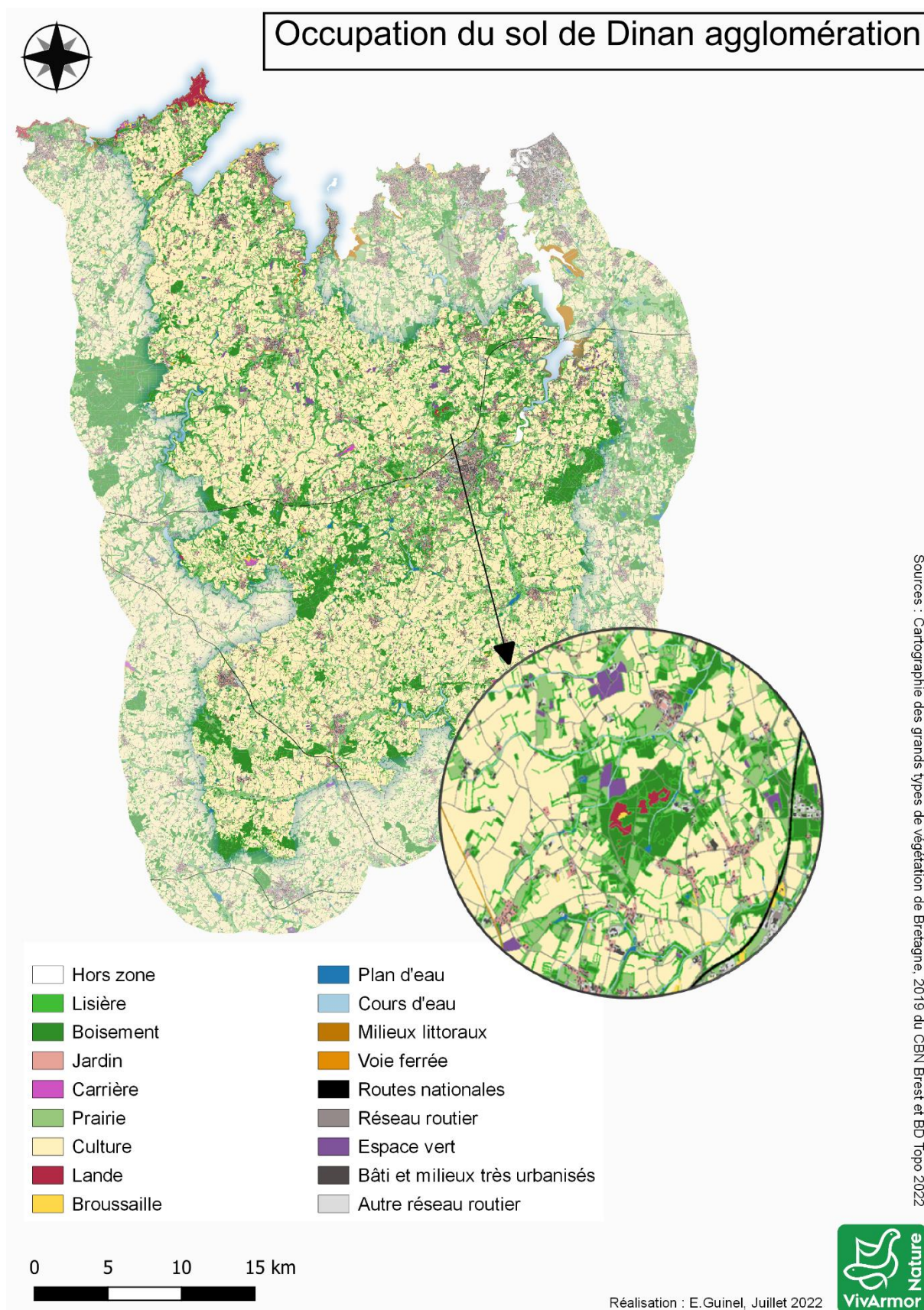


Figure 5 : Carte d'occupation du sol de Dinan agglomération

2-3 Protocole d'étude

2-3-1 Description du protocole d'échantillonnage

140 points d'eau ont été sélectionnés aléatoirement sur le territoire d'étude. Ces points d'eau sont espacés d'au moins 1km, ce qui correspond à la distance maximale de la portée d'un chœur de Rainettes vertes (Figure 6), soit entre 4 et 9 points d'eau par commune en fonction de leur superficie. La détection de l'espèce se basant sur l'écoute des mâles chanteurs en période de reproduction, des points d'écoute de 5 min (Boissinot, 2009) ont été réalisés de nuit.

Trois passages permettent d'affirmer l'absence de la Rainette verte, avec un risque d'erreur de 5% (Pellet & Schmidt, 2005). Ces prospections doivent se réaliser dans des conditions météorologiques propices à la Rainette verte. En effet, en deçà d'une certaine température (8°C en Suisse, Pellet & Schmidt, 2005), l'activité sonore de l'espèce diminue drastiquement. A l'inverse, au-delà de 20 °C, un seul passage peut suffire pour détecter l'espèce.

Compte-tenu de la superficie du territoire et de la période de reproduction relativement courte, il a été décidé de ne réaliser que deux visites aux nuits les plus chaudes. Pour renforcer la robustesse de la détectabilité, chaque visite de terrain commence et se termine sur des sites connus pour abriter l'espèce dans le secteur d'étude. Les prospections ne démarrent qu'à l'écoute du premier chœur et ne sont prises en compte que si le dernier site est positif. Ainsi, l'activité de la Rainette verte est confirmée pendant toute la prospection.

Au vu des conditions météorologiques, la session 1 s'est déroulée du 09 au 11 mai 2022 et la session 2 du 27 mai au 2 juin.

Toute autre espèce détectée est précisée afin d'alimenter les données sur l'agglomération.

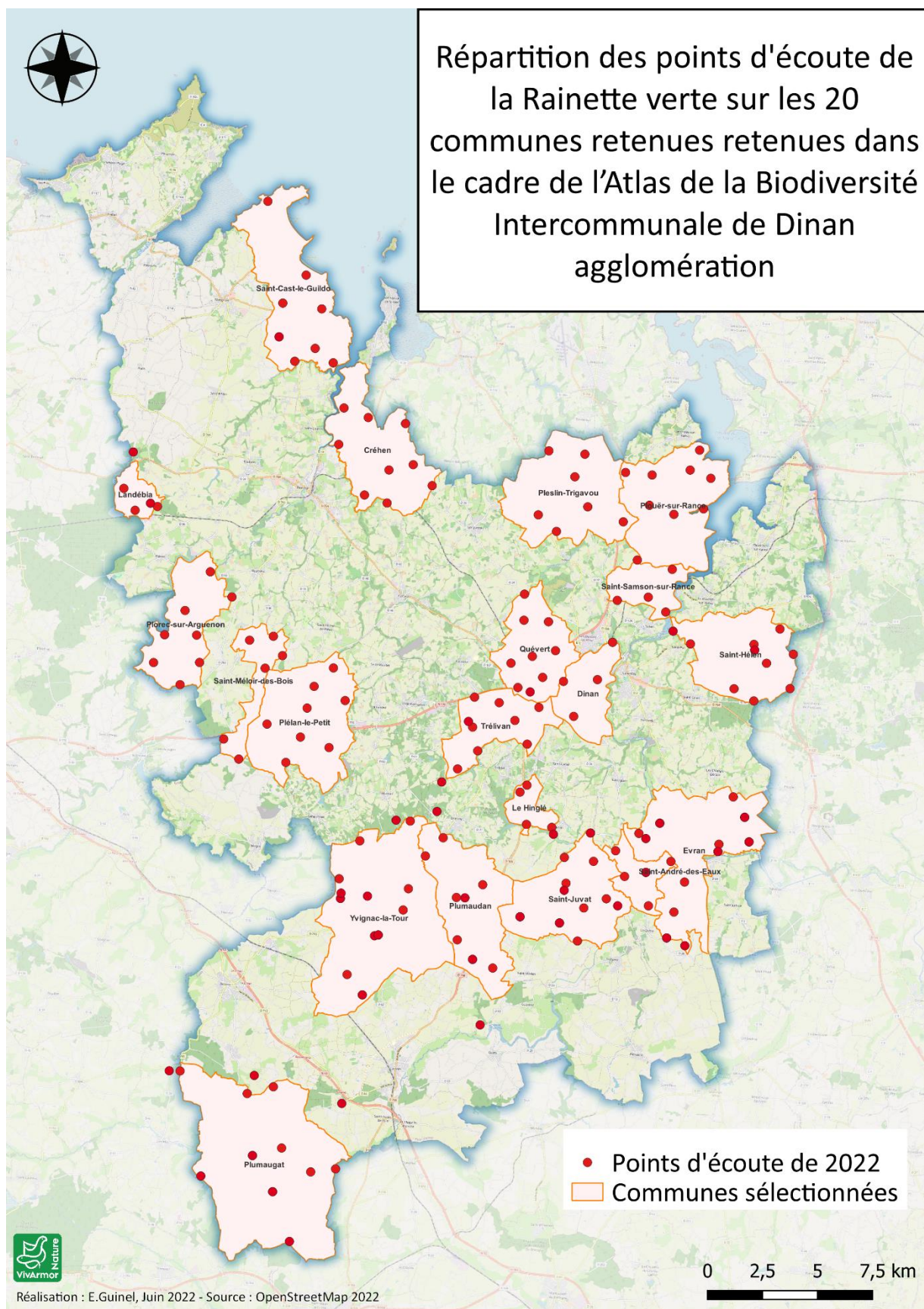


Figure 6 : Carte de répartition des points d'écoute de la Rainette verte

2-3-2 Evaluation de l'effet de la matrice paysagère sur la présence de l'espèce dans les points d'eau en période de reproduction

Deux niveaux d'analyses ont été effectués :

- L'un dans un rayon de 390 m autour du point d'eau, qui correspond à la distance moyenne de migration de la Rainette verte.
- L'autre dans un rayon de 2400 m correspondant à la dispersion maximale de l'espèce.

Pour chacun de ces niveaux, la proportion de chaque poste d'occupation du sol, la surface du point d'eau prospectée ainsi que la densité de pièces d'eau sont utilisés pour étudier l'effet sur l'occurrence de l'espèce.

Dans un premier temps, une ACP (Analyse en Composantes principales) est réalisée afin d'étudier l'environnement des points d'eau échantillonnés. Elle s'effectue à l'aide de R et du package FactoMineR (Lê, S. & al, 2008).

Dans un second temps, un GLM (Modèle Linéaire Généralisé) est effectué. Cependant, avant il faut s'assurer que les variables soient indépendantes. En effet, les analyses de corrélation ou de régression se basent sur l'hypothèse d'indépendance. Ici, les différents points étant proches, il y a un risque d'autocorrélation spatiale entre la variable présence et les variables environnement. Pour mesurer l'autocorrélation, la fonction *joincount.test* du package R *spdep* (Bivand.R-S. et al., 2013) est utilisée.

Des modèles basés sur une régression linéaire classique sont inadaptés dans le cadre de cette étude en raison des données d'occurrence binaires (présence/absence). C'est donc une régression logistique qui est utilisée. Ces analyses vont permettre d'étudier la relation entre le paysage et la présence de l'espèce, au risque de 5%.

2-3-3 Scénario de connectivité

Pour modéliser au mieux le réseau écologique de la Rainette verte, le logiciel Graphab (Foltête et al., 2012), développé par le laboratoire Théma (UMR 6049 Théoriser & modéliser pour aménager) est utilisé. Il va permettre de mettre en évidence les taches d'habitats les plus importantes dans le réseau, ainsi que les corridors et la probabilité de présence de l'espèce sur le territoire.

Ce logiciel se base sur la théorie des graphes. Un graphe paysager comprend des taches d'habitats, qu'on appelle des nœuds. Ces nœuds sont reliés par des liens, ici caractérisés par des chemins de moindre coût, c'est-à-dire le chemin qui demande le moins d'énergie à l'espèce pour se déplacer d'une tache à une autre.

Dans cette étude, le type de graphe utilisé est complet car il permet de prendre en compte tous les liens entre les taches.

Suite à l'intégration du raster de maille 5m au logiciel, chaque catégorie d'occupation du sol se voit attribuer une valeur de résistance, représentant la difficulté de franchissement par les individus.

En effet, un lien est créé entre deux taches d'habitat si on suppose que les individus sont capables de traverser l'espace qui sépare ces taches, c'est-à-dire si le coût de déplacement est jugé inférieur à un certain seuil. 1 étant le coefficient de friction le plus petit, il correspond à l'habitat de l'espèce, ici les plans d'eau. Le coefficient le plus grand est de 10 000 et est attribué aux éléments du paysage infranchissables. Ce réseau de chemins de moindre coût se définit également selon les capacités de déplacement de l'espèce, en l'occurrence la distance de dispersion de 2400 mètres. En effet, la migration ne peut être modélisée pour les Amphibiens dans cet outil, car il n'y a pas de possibilité d'étudier les relations entre taches d'habitat de natures différentes. Ce processus est tout de même pris en compte dans le calcul de la capacité des taches. Ce paramètre, servant dans le calcul de plusieurs métriques, correspond au potentiel d'accueil de la tache. Par défaut, il est égale à la superficie de celle-ci (plus une tache est grande, plus elle est susceptible d'accueillir d'individus), mais il est possible de la pondérer en fonction des habitats environnants.

Les éléments du paysage considérés comme plutôt favorables au déplacement de la Rainette sont les suivants :

- Les plans d'eau et cours d'eau
- Les landes
- Les jardins et espaces verts
- Les lisières
- Les prairies
- Les broussailles
- Les carrières

A l'inverse, les suivants sont jugés comme limitant plus ou moins la migration de l'espèce :

- Les bâtiments et autres milieux très urbanisés
- Le réseau routier et autres
- Les boisements
- Le milieu littoral

Trois métriques locales sont utilisées ici, elles vont permettre de mesurer la connectivité au sein du graphe :

- L'indice de centralité intermédiaire (BC) va indiquer le potentiel flux traversant les liens et les taches. Plus la valeur de BC est forte et plus la tache est parcourue par un grand nombre de liens.
- La métrique Flux (F) quant à elle va permettre d'estimer la dispersion potentielle à partir d'une tache.
- La métrique Flux d'interaction (IF) va représenter les interactions potentielles entre une tache et toutes celles du réseau. Elle permet de faire ressortir le cœur du réseau. Elle prend en compte la distance et la capacité de chaque tache. Plus la valeur de IF est élevée, plus la tache tient un rôle important dans le réseau.

Pour être le plus proche de la réalité, les données de terrain sont importées. Elles vont permettre d'évaluer la pertinence des modèles réalisés. Seul 1 point de présence par maille de 5km² est sélectionné pour limiter l'autocorrélation spatiale. Des points de pseudo-absence seront ainsi générés.

14 scénarii sont testés afin d'obtenir le modèle le plus ajusté aux données d'occurrence (Tableau 1) : 7 avec la capacité des taches d'habitat par défaut (soit la surface de la tache) et 7 autres avec la capacité de la tache en fonction de la densité des mares dans un rayon de 390m.

Tableau 1 : Scénarii de connectivité

Code habitat	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7
Lisière	10	10	10	10	10	10	10
Boisement	100	100	100	100	10	100	100
Jardin	10	10	10	10	10	10	10
Carrière	10	10	10	10	10	10	10
Prairie	10	10	10	10	10	10	10
Culture	1000	100	1000	1000	1000	1000	100
Lande	10	10	10	10	10	10	10
Broussaille	10	10	10	10	10	10	10
Plan d'eau	1	1	1	1	1	1	1
Cours d'eau	10	10	10	10	10	10	10
Milieux littoraux	100	100	100	100	100	100	100
Voie ferrée	100	100	100	100	100	100	100
Routes nationales	1000	1000	10000	1000	1000	100	100
Réseau routier	1000	1000	1000	100	1000	100	100
Espace vert	10	10	10	10	10	10	10
Bâti et milieux urbanisés	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Autre réseau routier	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

La sélection du meilleur modèle se fait en deux temps.

Pour estimer les meilleurs paramètres pour chaque scénario, le Critère d'Information d'Akaike (AIC) est utilisé. Plus cette valeur est faible, plus la plausibilité biologique est satisfaisante.

Pour choisir le meilleur scénario, c'est le coefficient de détermination linéaire de Pearson (R^2) qui est étudié. Plus il est proche de 1, plus le modèle et les données observées sont en adéquation.

Si des scénarii ont les mêmes valeurs de R^2 , un test de comparaison des moyennes est effectué sur les probabilités d'occurrence obtenues pour les points d'eau retenus par le sous-échantillonnage à la maille de 5km pour l'estimation des modèles.

Il est ensuite possible d'obtenir une carte de probabilité de présence de l'espèce via une extrapolation. La fonction « corridor » permet ensuite de faire ressortir les liens entre tache pour le modèle retenu.

3 -Résultats

3-1 Données récoltées

Les données de Rainette verte, avant cette étude sur Dinan agglomération, étaient peu nombreuses. La plupart de ces données dataient de plus de 10 ans, nécessitant une actualisation pour vérifier que l'espèce est toujours présente. Cette actualisation a permis de reconfirmer la présence de l'espèce sur 9 points (Figure 7).

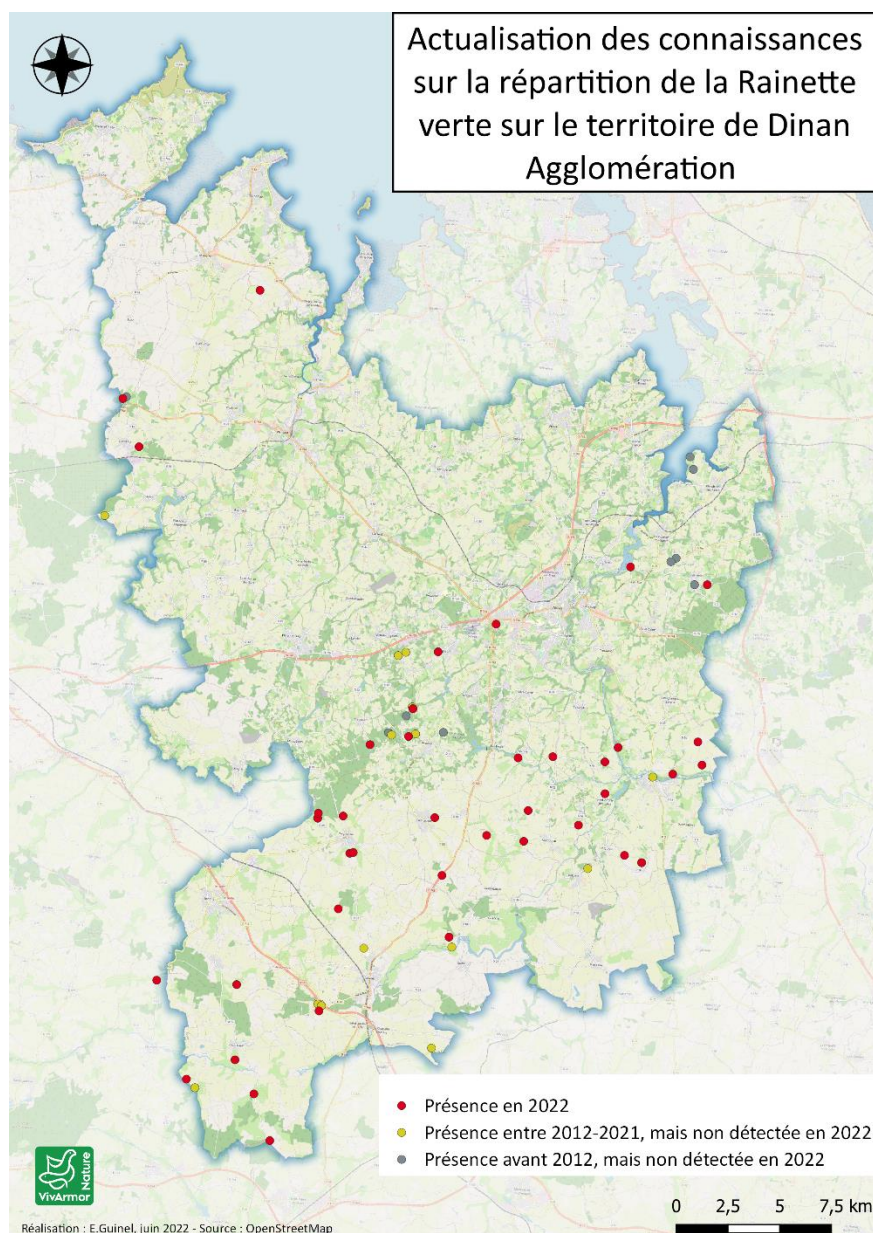


Figure 7 : Carte sur les connaissances actuelles de la répartition de la Rainette verte

Sur le territoire d'étude, ce sont donc 167 pièces d'eau qui ont été échantillonnées, dont 40 sont occupées par la Rainette verte, soit 24%. Ces points positifs sont surtout concentrés au sud du territoire (Figure 8).

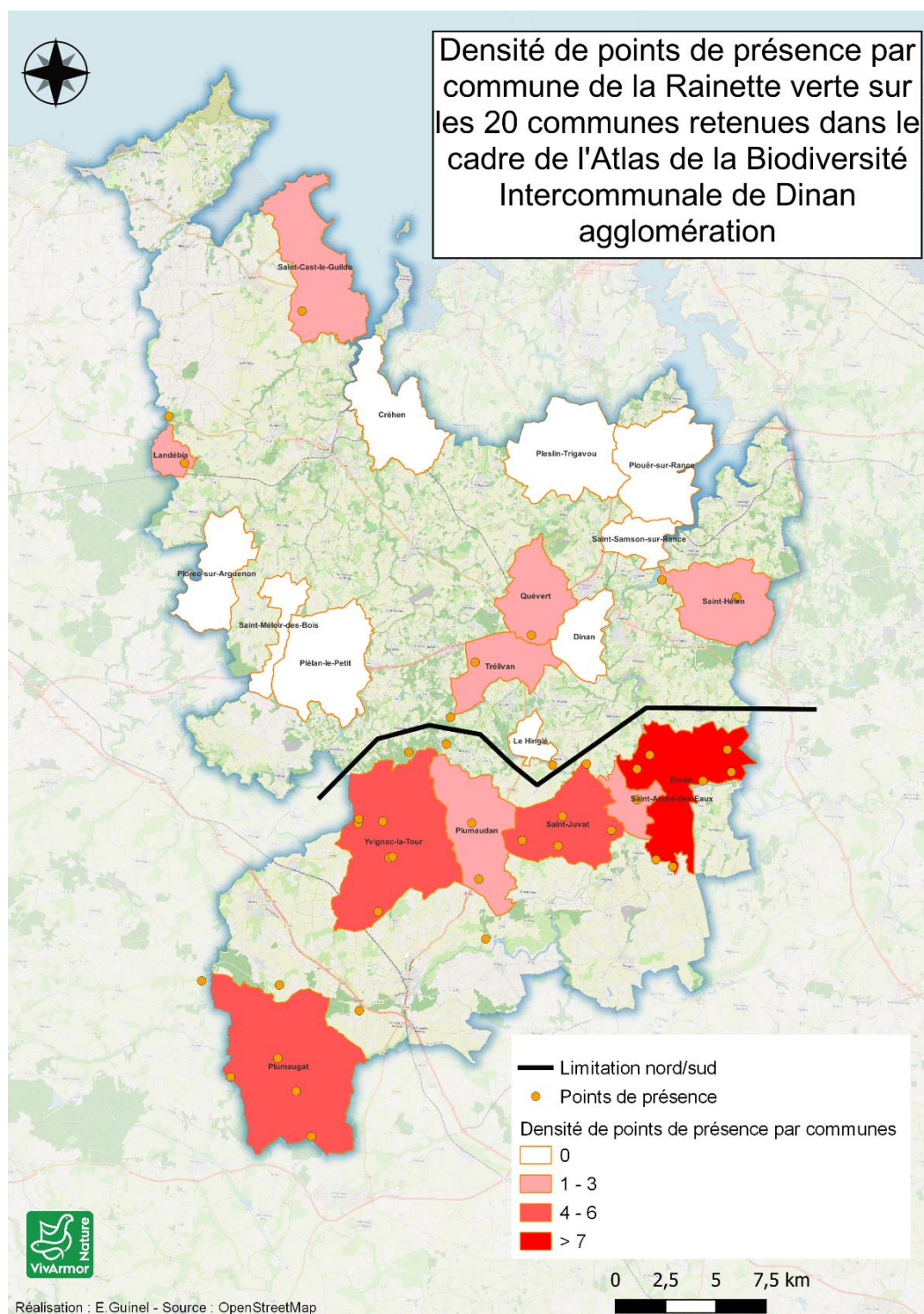


Figure 8 : Carte de densité des points de présence de la Rainette verte par commune en 2022

3-2 Effet de la matrice paysagère sur la présence de l'espèce en période de reproduction

Selon la distance de migration, les nuages de points se superposent en partie (Figure 9). La dimension 1, qui porte 23,9 % de la variance, suit un gradient de densité de routes. L'axe 2, lui, suit un gradient d'ouverture des milieux. Entre le nord et le sud, la principale différence se situe au niveau de la proportion de réseaux routiers. Dans le secteur sud, les mares se situent dans un contexte où le réseau routier est assez homogène et en partie moins dense qu'au nord. De même, à cette échelle, le paysage paraît légèrement plus ouvert au sud (cultures) qu'au nord.

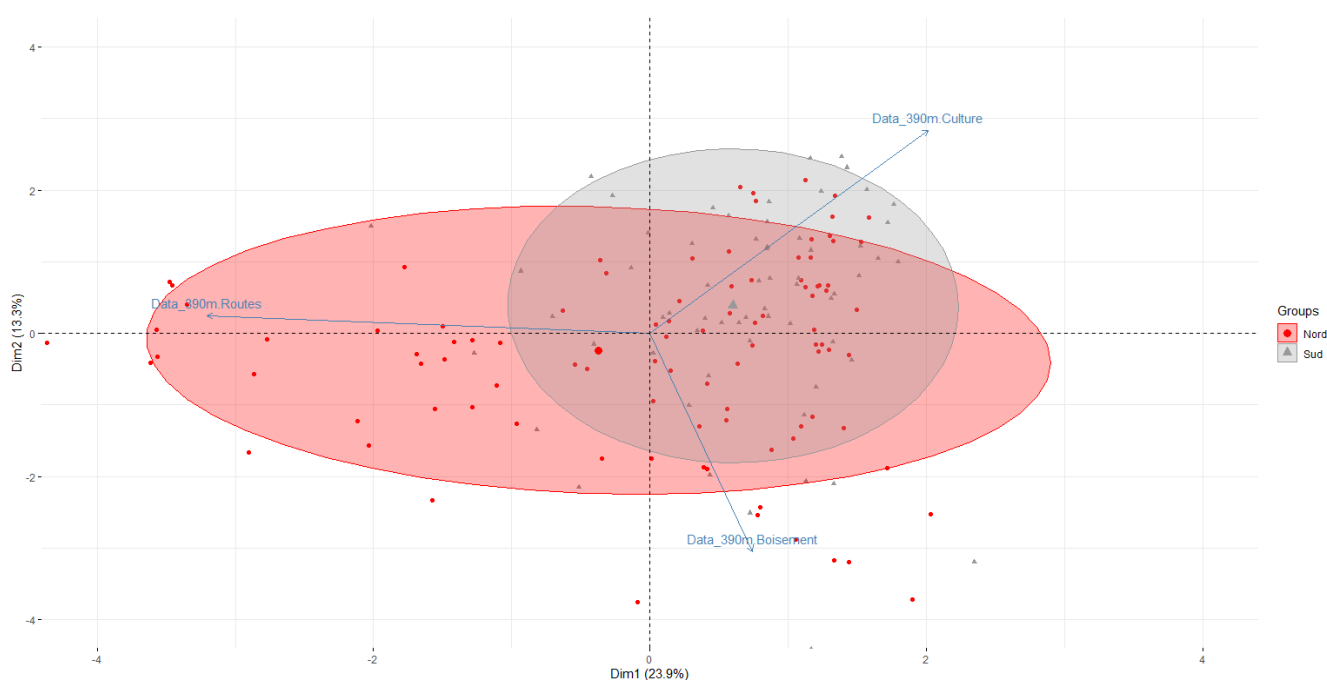


Figure 9 : ACP sur les données nord/sud selon la distance de migration

En prenant en compte la distance de dispersion, un gradient d'urbanisation sur la dimension 1 ressort (Figure 10). Cet axe porte 35,2 % de la variance, plus que pour l'ACP précédente. On retrouve le même gradient sur l'axe 2. Le contraste entre le nord et le sud est ici encore plus marqué. L'environnement des mares au sud est caractérisé par un degré d'urbanisation moindre.

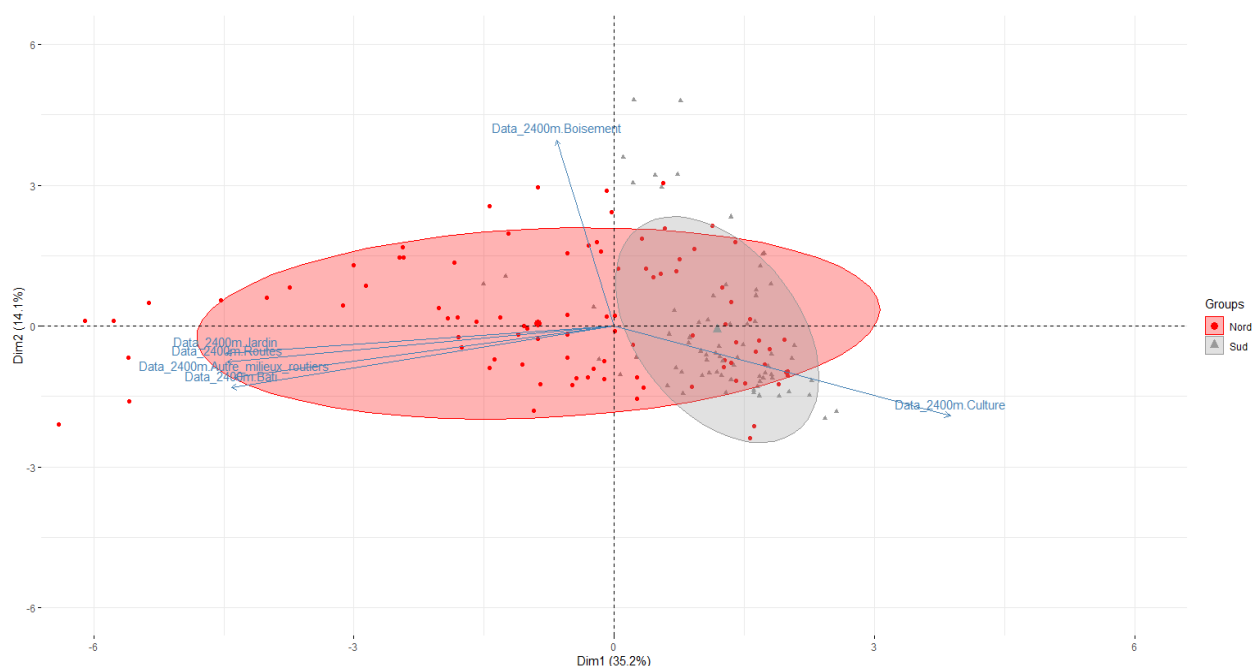


Figure 10 : ACP Nord/Sud selon la distance de dispersion

Etant donné le contraste entre les deux secteurs et le peu de données de présence au nord, il a été décidé de se concentrer sur le secteur sud pour la suite des analyses.

Les données d'occurrence au sud ne semblent pas être autocorrélées permettant d'appliquer la GLM. En effet, la P-valeur des données de non-détection est de 0.56 soit bien supérieur au seuil de 5%. La P-valeur sur les données de présence est 0.95, soit également supérieur à 0.05.

Les résultats de la GLM pour les données au sud dans un rayon de 390m, indiquent que seules la densité de points d'eau et leur surface ont un effet positif sur la présence de la Rainette (coefficients estimés positifs). Ces relations sont significatives puisque les P-valeurs sont inférieures à 0.05. (Tableau 3).

Le GLM dans un rayon de 2400m, montre qu'aucune variable n'est corrélée avec la présence de la Rainette verte au risque de 5 %. Toutes les P-valeurs sont supérieures à ce seuil (Tableau 2).

Tableau 3 : Résultats du GLM selon la distance de migration sur les données du sud

Signif codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

	Estimate	Std Error	z value	Pr(> z)
Culture	5.814e+01	3.846e+01	1.512	0.1305
Prairie	5.786e+01	3.885e+01	1.489	0.1364
Bâtis et milieux très urbanisés	6.103e+01	5.712e+01	1.068	0.2854
Boisement	5.846e+01	3.881e+01	1.506	0.1320
Jardin	4.806e+01	4.060e+01	1.184	0.2365
Broussaille	2.260e+02	1.880e+02	1.202	0.2294
Cours d'eau	5.282e+01	5.390e+01	0.980	0.3271
Espace vert	8.429e+01	4.714e+01	1.788	0.0737
Autres milieux routiers et urbanisés	2.822e+01	3.555e+01	0.794	0.4272
Réseau routier	8.587e+01	5.231e+01	1.642	0.1007
Surface de la mare	2.941e-04	1.470e-04	2.000	0.0455 *
Densité de mares	7.236e-01	3.074e-01	2.354	0.0186 *

Tableau 2 : Résultats du GLM selon la distance de dispersion sur les données du sud

Signif codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

	Estimate	Std Error	z value	Pr(> z)
Culture	4.940e+01	7.608e+01	0.649	0.516
Prairie	4.735e+01	8.907e+01	0.532	0.595
Lande	-5.130e+02	6.655e+02	-0.771	0.441
Bâtis et milieux très urbanisés	2.682e+02	2.796e+02	0.959	0.337
Boisement	5.581e+01	7.863e+01	0.710	0.478
Jardin	-6.062e+01	1.316e+02	-0.461	0.645
Broussaille	1.722e+02	2.684e+02	0.642	0.521
Cours d'eau	1.530e+02	1.710e+02	0.895	0.371
Espace vert	1.611e+02	1.887e+02	0.854	0.393
Autres milieux routiers et urbanisés	-2.019e+01	1.829e+02	-0.110	0.912
Réseau routier	4.010e+01	1.424e+02	0.282	0.778
Surface de la mare	1.561e-04	1.050e-04	1.486	0.137
Densité de mares	1.286e-02	2.990e-02	0.430	0.667

3-3 Scénario de connectivité

Compte-tenu des résultats précédents, la densité de mare est pris en compte dans l'estimation de la capacité des points d'eau (la surface l'étant par défaut). Les différents scénarii ainsi que leurs variables ont été testés (Tableau 4) :

Tableau 4 : Estimation des scénarii

Capacité brute : Capacité de la tache d'habitat par défaut

Capacité recalculée : Densité de mares intégrée dans la capacité de la tache

	Scénario	Variables retenues dans le meilleur modèle					p-value
		Capacité	BC	F	IF	R ²	
Capacité brute	CC1	X				0,24	<0,001
	CC2	X				0,22	<0,001
	CC3	X				0,21	<0,001
	CC4	X	X		X	0,40	<0,001
	CC5	X				0,36	<0,001
	CC6	X	X		X	0,34	<0,001
	CC7	X		X	X	0,26	<0,001
Capacité recalculée	CC1	X		X	X	0,25	<0,001
	CC2	X			X	0,25	<0,001
	CC3	X			X	0,28	<0,001
	CC4	X	X			0,36	<0,001
	CC5	X	X		X	0,30	<0,001
	CC6	X	X		X	0,40	<0,001
	CC7	X	X		X	0,26	<0,001

Deux modèles ont des R² similaires : Le 4 avec la capacité brute ainsi que le 6 avec la capacité recalculée.

Un test non-paramétrique (ici le Wilcoxon test) est utilisé pour comparer les deux modèles. En effet, un test paramétrique ne peut être effectué car les résidus ne suivent pas une loi normale (P-valeur inférieure à 0.05 pour le résultat du Shapiro–Wilk Test).

La P-value étant égale à 0.05 pour le Wilcoxon test, la moyenne de la probabilité d'occurrence observée sur CC6 est donc effectivement supérieur à CC4 au seuil de risque de 5% (Figure 11).

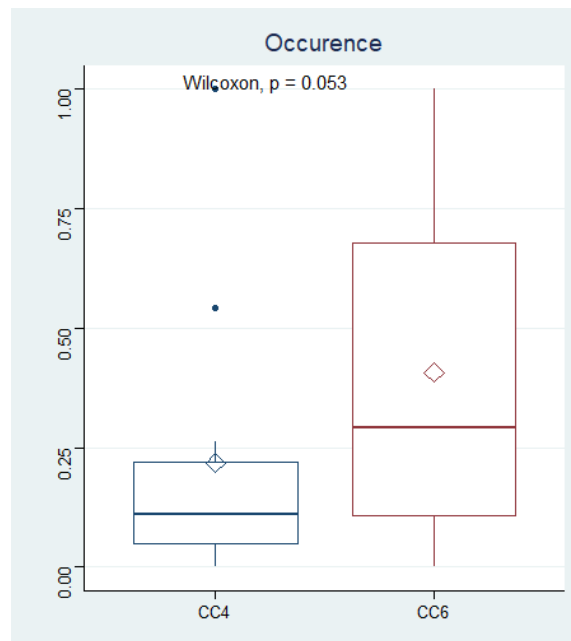


Figure 11 : Distribution des probabilités d'occurrence en fonction d'un modèle

Le modèle 6 est celui qui ne considère pas les routes comme obstacles limitants fortement la dispersion (Coût de 100) et qui prend en compte la densité de mares dans le rayon de migration moyen pour l'espèce.

L'extrapolation du modèle permet d'obtenir une carte de probabilité de présence sur l'ensemble du territoire (Figure 12), montrant un territoire fortement fragmenté pour cette espèce.

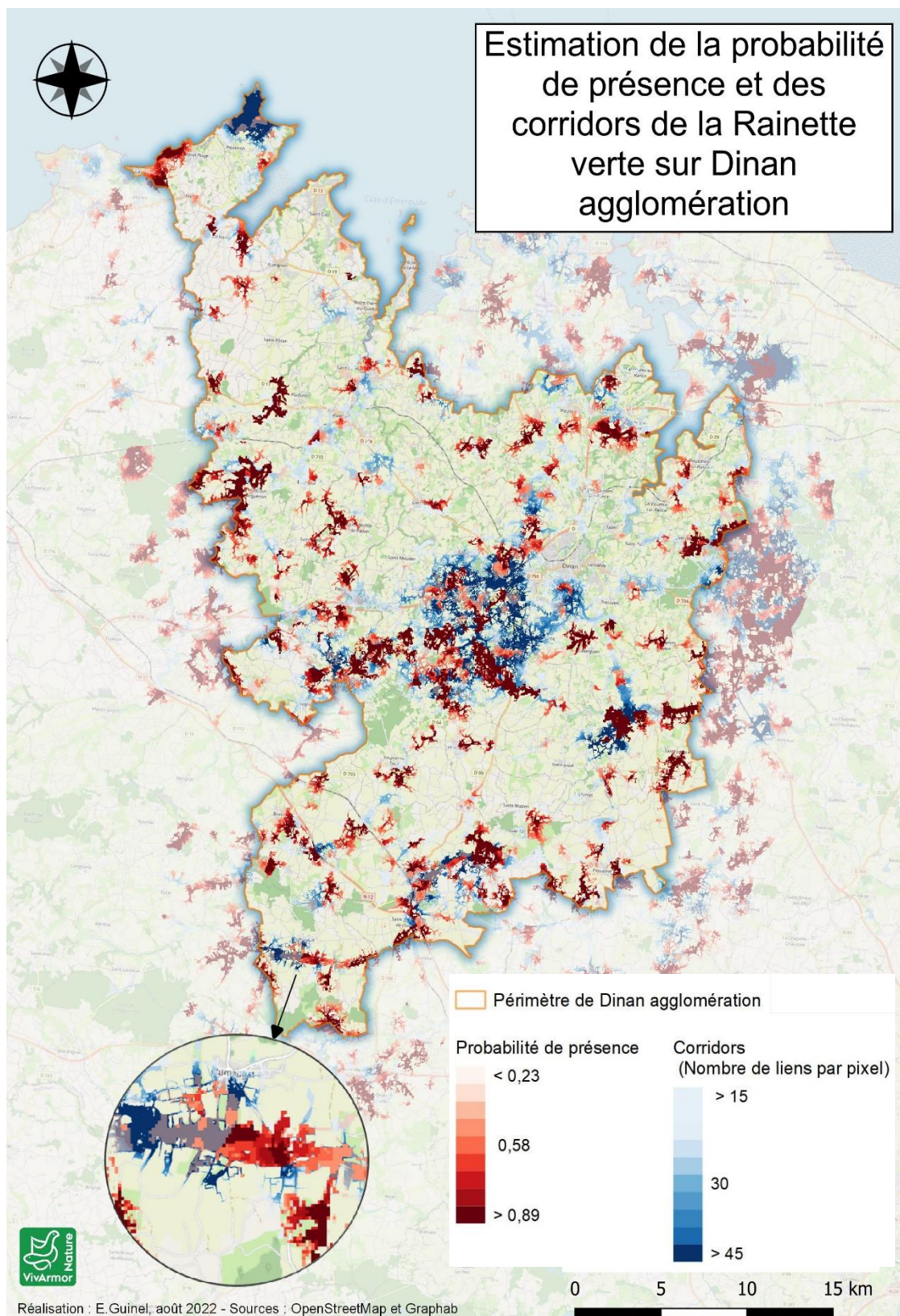


Figure 12 : Carte de probabilité de présence et de ses corridors associés

3-4 Outils d'aide à la décision

En plus des résultats précédents obtenus, une carte de densité de points d'eau sur l'ensemble du territoire a été réalisée (Figure 13). Cette densité peut être mise en relation avec les secteurs où la Rainette verte est le plus susceptible d'être présente. En général, les zones à forte probabilité de présence coïncident avec une densité de mares élevée mais il arrive que ce ne soit pas totalement le cas comme à Saint-Helen (Zoom de la Figure 13).

Densité de points d'eau au km² et probabilité de présence de la Rainette verte sur Dinan agglomération

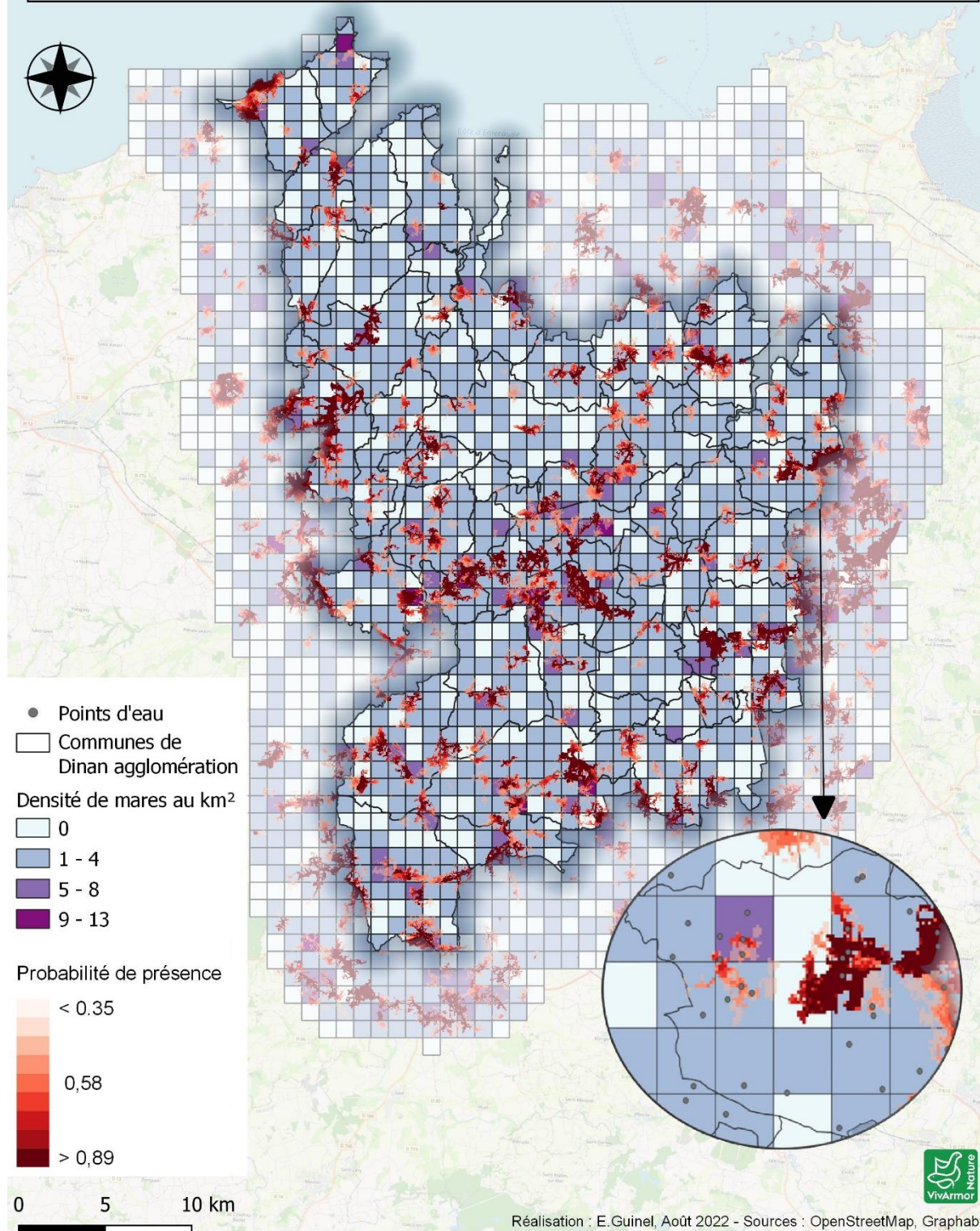


Figure 13 : Carte de la densité de points d'eau au km² associée à la probabilité de présence. Zoom sur Saint-Helen

4 – Discussion

Cette étude a mis en évidence que la densité de points d'eau et la surface de la mare, dans le périmètre de migration moyen de la Rainette verte (390 m) influençait positivement la présence de l'espèce sur Dinan agglomération. Ces résultats se retrouvent également dans d'autres études. Vos et Stumpel en 1996, ont mis en évidence que les mares occupées par la Rainette verte, présentent une densité de points d'eau avoisinants plus importante par rapport à une mare inoccupée (rayon de 750m). Boissinot en 2009, quant à lui, a montré que dans les Deux-Sèvres, la probabilité de présence moyenne de l'espèce dépasse 0,9 dans les pièces d'eau supérieures à 400 m².

Il a également démontré qu'une densité importante de prairies permettaient d'augmenter la probabilité de présence de l'espèce jusqu'à 0.9. Dans le cas présent, aucune corrélation n'a été constatée. Ceci peut s'expliquer par la difficulté à caractériser les milieux prairiaux à large échelle, notamment au travers des techniques de télédétection utilisées pour la carte des grands types de végétation. Afin d'affiner nos résultats, il serait intéressant de réaliser un inventaire fin de ces milieux en distinguant par exemple :

- Les prairies permanentes ou temporaires
- Les prairies en fonction du mode de gestion appliqué : Fauche avec exportation ou non, pâturage tournant ou non
- Ou encore leur caractère hygrophile : prairies sèches, mésophiles ou humides

Dans la même logique, les cultures pourraient être caractérisées de manière plus précise. Chaque année, les cultures sont parfois remaniées, ainsi il pourrait être juste de les différencier en fonction :

- Du type d'agriculture : Conventionnel, biologique, extensive, intensive
- Du type de cultures : Céréalière, maraichère, arboriculture, viticulture, etc. Ces données peuvent se récolter, entre autres, auprès du Registre parcellaire graphique (RPG).

De plus, d'autres paramètres peuvent influencer la présence de l'espèce, comme le microclimat mais aussi des paramètres intrinsèques à la mare. En effet, la qualité de l'eau et notamment le phénomène d'eutrophisation (Bogula, 1993 in Pellet & Neet, 2001), ou encore la présence de poissons (ACEMAV, 2003) et d'écrevisses américaines (Biotope, 2001) dans la mare, peuvent avoir un impact sur la reproduction de l'espèce. Or, le principal problème est dans le recueil de ces paramètres. En effet, la plupart des mares et parcelles sont privées et obtenir des dérogations demandent du temps et l'échantillon serait bien moindre. Ces différentes variables seraient à investiguer pour tenter d'expliquer la différence constatée entre le nord et le sud et améliorer les analyses.

Les cultures et les milieux très urbanisés occupent une part importante du territoire (60 %). Or ils constituent également des milieux difficilement franchissables pour l'espèce, rendant le paysage de la Rainette verte très fragmenté.

Certains secteurs ont une forte probabilité de présence sans que l'espèce y soit contactée. Bien que tous les habitats nécessaires au déplacement et à l'accomplissement du cycle biologique de l'espèce semblent présents, il se peut que ces secteurs soient déconnectés du réseau. De ce fait,

la reconnexion de ces zones est primordiale pour renforcer la conservation de la Rainette verte sur ce territoire.

Certaines communes, au cœur du réseau, n'ont pas été prospectées comme Trébédan ou Brusvily. Il serait intéressant d'aller compléter les inventaires en priorisant les zones où la probabilité d'occurrence est la plus forte.

Puisque la présence de la Rainette verte est corrélée avec la densité de points d'eau et leur surface, la création de mares est fortement conseillée afin de renforcer ce réseau. A ce jour, aucunes études n'indiquent une densité de mares optimale pour la Rainette verte. Par contre, la présence d'un site occupé à moins de 2000 m semble davantage attirée l'espèce (Grosse et Nöllert, 1993 in Pellet & Neet, 2001).

Les secteurs à prioriser sont ceux avec des mailles où la probabilité de présence est forte mais ayant peu de mares. Toutefois, la réglementation concernant la création de points d'eau est encadrée. Les deux principaux Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du territoire d'étude (Le SAGE Rance-Frémur-Baie de Beaussais et le SAGE Arguenon - Baie de la Fresnaye) interdisent de créer de nouveaux plans d'eau peu importe la superficie et même s'ils sont soumis à déclaration ou autorisation. Cette réglementation n'est pas compatible avec le maintien de l'espèce à long terme vu la disparition continue de leur biotope de reproduction par comblement, d'origine anthropique ou naturelle. Ce point devra être discuté avec les autorités compétentes.

En cas de projets d'urbanisme, on va donc éviter les secteurs où la Rainette est potentiellement présente pour ne pas davantage détériorer et fragmenter les habitats.

Afin de renforcer (ou recréer) les liens entre les populations, la création de haies, notamment dans les parcelles agricoles, serait bénéfique. Elles amélioreraient en particulier la dispersion de l'espèce (Angelone et al., 2011).

En l'état des connaissances actuelles, Dinan agglomération peut donc répondre aux objectifs suivant :

- Maintenir les populations existantes en préservant leurs habitats
- Aménager de nouvelles tache d'habitat pour renforcer les populations existantes et attirer de nouvelles
- Assurer la connectivité de ces réservoirs de biodiversité en préservant et en créant des corridors écologiques

Si ces objectifs sont atteints, non seulement l'état des populations de Rainette verte s'améliorerait mais ils permettraient également d'attirer d'autres cortèges d'Amphibiens tel que le Triton crêté, Crapaud commun ou encore Grenouille rousse (Grosse & Günther, 1996).

Bibliographie

Articles de revues :

Bivand, R. S., Pebesma, E., & Gómez-Rubio, V., 2013. Applied spatial data analysis with R, Second edition. Springer, NY. 10 vol.

Borgula A., 1993. Causes of the decline in *Hyla arborea* In Pelle J., Neet C., 2001. La Rainette verte (*Hyla arborea* ; Anura) dans le canton de Vaud : un état des lieux. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 87.4 : 287-303.

Carlson A. & Edenhamn P., 2000. Extinction dynamics and the regional persistence of a tree frog metapopulation. Proceedings of the Royal Society of London. Series B : Biological Sciences, 267(1450), 1311–1313.

Fog K., 1993. Migration in the tree frog *Hyla arborea*. In Stumpel A.H.P. & Tester U eds., 1993. Ecology and Conservation of the European Tree Frog. Proceedings of the 1st International Workshop on *Hyla arborea*. 105 : 55-64.

Foltete J.C., Clauzel C., Vuidel G., 2012. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. Environmental Modelling & Software. 38 vol.

Grosse W-R. & Nöllert A, 1993. The aquatic habitat of the European tree frog, *Hyla arborea*. In Pelle J., Neet C., 2001. La Rainette verte (*Hyla arborea* ; Anura) dans le canton de Vaud : un état des lieux. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 87.4 : 287-303.

Lê, S., Josse, J., & Husson, F., 2008. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. Journal of Statistical Software, University of California, Los Angeles, 25 (1).

Pellet, J. Schmidt, B.K., 2005. Monitoring distribution using call surveys : estimating site occupancy, detection probabilities and inferring absence. Biological Conservation, 123, pp 27 – 35.

Trochet A, Moulherat S, Calvez O, Stevens V, Clobert J, Schmeller D., 2014. A database of life-history traits of European amphibians. Biodiversity Data Journal 2: e4123.

Livres :

ACEMAV coll., Duguet R., Melki F., 2003. Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. (Collection Parthénope), éditions Biotope, Mèze (France). 480p.

Bauwens D. & Claus K., 1996. Verspreiding van amfibieën en reptielen in Vlaanderen. De Wielewaal Natuurvereniging. 192p.

Biotope, 2001. Inventaire des reptiles et des amphibiens de la Réserve naturelle du Courant d'Huchet (Landes). DREAL Aquitaine. Rapport interne. In ACEMAV coll., Duguet R., Melki F., 2003. Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. (Collection Parthénope), éditions Biotope, Mèze (France). 480p.

Conservatoire Botanique National de Brest., 2019. La plaquette de présentation du programme de cartographie. Programme 2018-2020. 2p.

Grosse W. R., & Günther R., 1996. Laubfrosch-Hyla arborea (Linnaeus, 1758). Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. 364p.

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 – Râinne et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW - DGRNE), Série « Faune - Flore - Habitats » n° 2, Namur. 384 p.

Thèses :

Boissinot A., 2009. Influence de la structure du biotope de reproduction et de l'agencement du paysage, sur le peuplement d'amphibiens d'une région bocagère de l'ouest de la France. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. 192p.

Sites internet :

Marisa, V. (2022, 31 janvier). Artificialisation des sols. Ministères Écologie Énergie Territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols>. Consulté le 11 août 2022.

Observatoire National de la Biodiversité. (2021, 2 février). Évolution de l'état général des zones humides. naturefrance. <https://naturefrance.fr/indicateurs/evolution-de-letat-general-des-zones-humides>. Consulté le 11 août 2022.

Annexes

Annexe 1 : Tableau des tâches durant le stage

Intervenants	Idée originale	Bibliographie	Mise en place du protocole	Collecte des données	Analyses statistiques	Rédaction
Principal	PAR	PAR et EG	EG	EG, PAR, CR, B	EG	EG
Secondaire					PAR	PAR

EG : Ema Guinel, stagiaire

PAR : Pierre-Alexis Rault, maitre de stage

CR : Claire Razloznik, service civique

B : Bénévoles

Annexe 2 : Calendrier du stage

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Bibliographie						
Réalisation de la carte d'occupation du sol						
Préparation du terrain						
Récolte des données de terrain						
Préparation des jeux de données						
Analyses statistiques						
Analyses Graphab						
Rédaction						