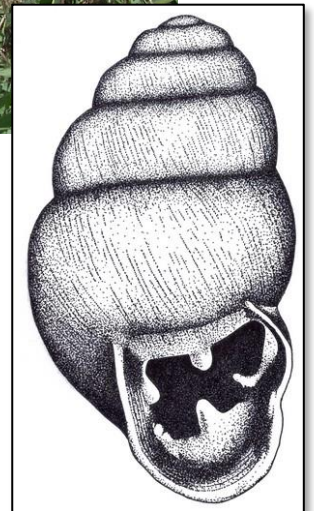




Suivi des Vertigos de Des Moulins et étroit
sur le site natura 2000 de la « Haute vallée
de l'Essonne »



Année 6 (2019)

Juin 2019

Sylvain VRIGNAUD – 7, Clos Joseph Laurent
03000 Neuvy
06-52-87-80-10 - vrignaud.sylvain@free.fr



Table des matières

Introduction	3
1. Méthodologie	4
1.1. Zone d'étude	4
1.2. Les zones potentielles et avérées.....	5
1.3. Points d'échantillonnage	7
1.4. Dates de prospection et météorologie	7
1.5. Recherche du Vertigo étroit	7
1.6. Recherche du Vertigo de Des Moulins	9
1.7. Autres variables.....	10
1.7.1. Malacofaune associée	10
1.7.2. Hauteur de la strate herbacée.....	10
1.7.3. Nature de la strate herbacée.....	10
1.7.4. Recouvrement des différentes strates végétales.....	10
1.7.5. Arbres	10
1.7.6. Humidité du sol	11
1.8. Modèles statistiques pour le suivi des probabilités de présence de <i>Vertigo angustior</i> 11	
1.9. Modèles statistiques pour le suivi des effectifs estimés de <i>Vertigo moulinsiana</i>	12
1.10. Limite de la méthodologie.....	16
2. Résultats	16
2.1. Vertigo étroit	16
2.1.1. Résultats globaux.....	16
2.1.2. Résultats par zones potentielles et avérés.....	17
2.2. Vertigo de Des Moulins	21
2.2.1. Résultats globaux.....	21
2.2.2. Résultats par zones potentielles ou avérées.....	21
3. Discussions	36
Résumé.....	39
Références bibliographiques.....	40
Annexe 1 : modèles prédictifs (modèle linéaire généralisé binomial en présence/absence) de la probabilité de présence de <i>Vertigo angustior</i> sur une échelle logistique	41
Annexe 2 : échantillons comportant des <i>Vertigo moulinsiana</i> adultes (sur la végétation et/ou dans la litière)	42
Annexe 3 : localisation des tirages aléatoires des litières de 25 x 25 cm	44
Annexe 4 : Liste des espèces accompagnatrices de <i>Vertigo angustior</i>	46

Introduction

Les Vertigos de Des Moulins (*Vertigo moulinsiana*) et étroit (*Vertigo angustior*) figurent dans l'annexe 2 de la directive 92/43/CEE dite Habitats-faune-flore. En outre, ces espèces sont considérées comme vulnérables par l'UICN (CUTTELOD *et al.*, 2011). Bien que *Vertigo moulinsiana* soit présent de façon plus ou moins régulière le long des zones humides du bassin parisien (dont l'Île-de-France), il n'en demeure pas moins que cette espèce reste rare. La situation est pire pour *Vertigo angustior* qui ne possède que quelques localités où l'espèce est encore présente dans la région. Des coquilles fossiles / subfossiles sont régulièrement trouvées dans les zones humides, mais sans population actuelle. Ces espèces ont ainsi fait l'objet de recherches spécifiques en 2012 (VRIGNAUD 2013). Plusieurs secteurs les abritant ont ainsi été cernés plus finement.

Cette première étude a fait ressortir que la population de *Vertigo moulinsiana* y est particulièrement importante. Bien que l'exercice de dénombrement soit délicat pour ce type d'espèces et qu'il n'ait pas été effectué ailleurs, ce site héberge probablement la population la plus importante d'Île-de-France. D'autres marais hébergent des populations avec de belles densités mais sur des surfaces plus petites. Qui plus est, et comme nous l'avons vu plus haut, la Haute vallée de l'Essonne est l'une des rares localités actuellement connues en Île-de-France où subsiste encore *Vertigo angustior*. L'intérêt de la zone Natura 2000 pour ces deux espèces est donc conséquent, il peut lui être attaché une importance suprarégionale.

Cinq années de suivi ont déjà eu lieu en 2013 (VRIGNAUD 2013), 2014 (VINCENT 2015a), 2015 (VINCENT 2015b), 2017 (VRIGNAUD 2018) et 2018 (VRIGNAUD 2019). Pour des raisons de niveau d'eau trop élevé, il n'y a pas eu de prospections menées en 2016.

L'objectif de cette étude est de contribuer au suivi de *Vertigo moulinsiana* et *V. angustior* pour commencer à détecter des tendances des populations. La méthodologie suivie pour *Vertigo moulinsiana* repose sur KILLEEN & MOORKENS (2003). Elle a ensuite fait l'objet de quelques aménagements à la marge (VRIGNAUD 2013).

On notera de plus qu'afin de connaître l'ensemble de la population sur une surface donnée, il faut prendre en compte les individus présents sur la végétation et ceux présents au niveau du sol. Cela est d'autant plus vrai pour une espèce telle que *Vertigo angustior* qui se développe préférentiellement au niveau de la litière. Pour ce faire, il y a nécessité d'échantillonner la litière, de la faire sécher, de la tamiser et d'identifier les coquilles présentes et de juger de leur état de fraîcheur (afin de ne prendre en compte que les individus considérés comme vivants au moment de l'échantillonnage). Or cette opération prend un temps considérable (de l'ordre de 30 minutes à 45 minutes pour un échantillon de 25cm X 25cm juste pour le tamisage, soit de l'ordre 1h30 à 2h00 pour l'ensemble de l'opération). Ainsi, l'objectif de l'expérimentation est de pouvoir cerner (avec un intervalle de confiance le plus précis possible) la population totale à partir du nombre d'individus présents sur la végétation et des variables environnementales simples. Les résultats déjà acquis permettent d'appréhender ce ratio pour *Vertigo moulinsiana*. Les éléments acquis dans le cadre de cette nouvelle campagne d'échantillonnage permettent de consolider ces résultats.

1. Méthodologie

1.1. Zone d'étude

La zone d'étude concernée se situe en Ile-de-France à la limite entre le département de l'Essonne et de la Seine-et-Marne à environ 70 km au sud de Paris. Elle est dans le périmètre du Parc Naturel Régional du Gâtinais Français et au sein du site Natura 2000 « Haute vallée de l'Essonne » (FR 1100799) (Figure 1).

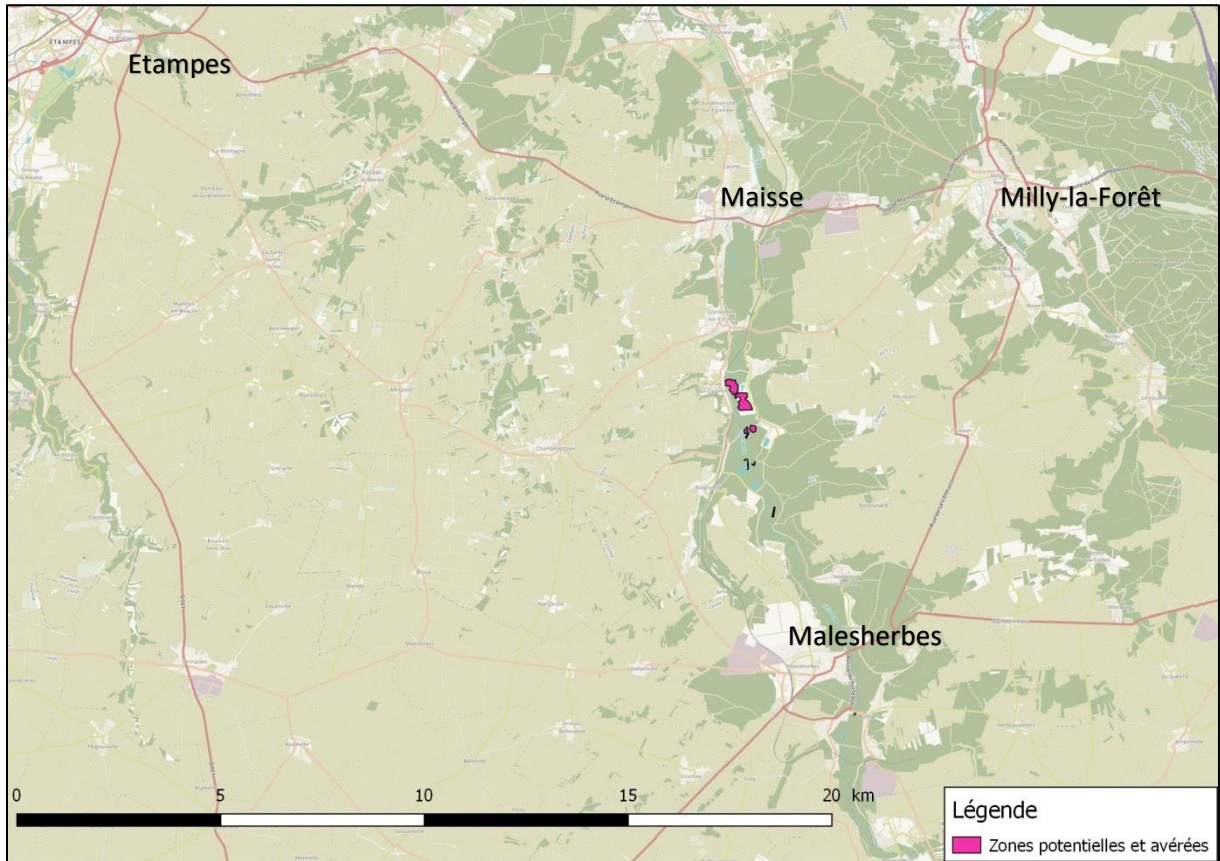


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

1.2. Les zones potentielles et avérées

Lors de l'étude de 2012 (VRIGNAUD 2013), il avait été proposé une zonation dénommée « zones potentielles et avérées » (Figure 2). En effet, les vertigos de Des Moulins et étroit avaient été trouvés dans certains secteurs et fortement suspectés sur d'autres (Tableau 1). Ainsi, tous les sites avec une présence avérée ou potentielle au regard de l'étude de 2012 font l'objet d'un suivi.

Tableau 1 : Descriptif des zones potentielles et avérées

Station	Type de station	Surface
ZP1	Linéaire (berge)	80 m ²
ZP2	Linéaire (sentier)	520 m ²
ZP3	Linéaire (berge)	7 200 m ²
ZP4	Surfacique	3 800 m ²
ZP5	Surfacique	2 ha
ZP6	Surfacique	9 400 m ²
ZP7	Surfacique	11 ha
ZP8	Surfacique	7,3 ha
ZP9	Linéaire (sentier)	6 800 m ²

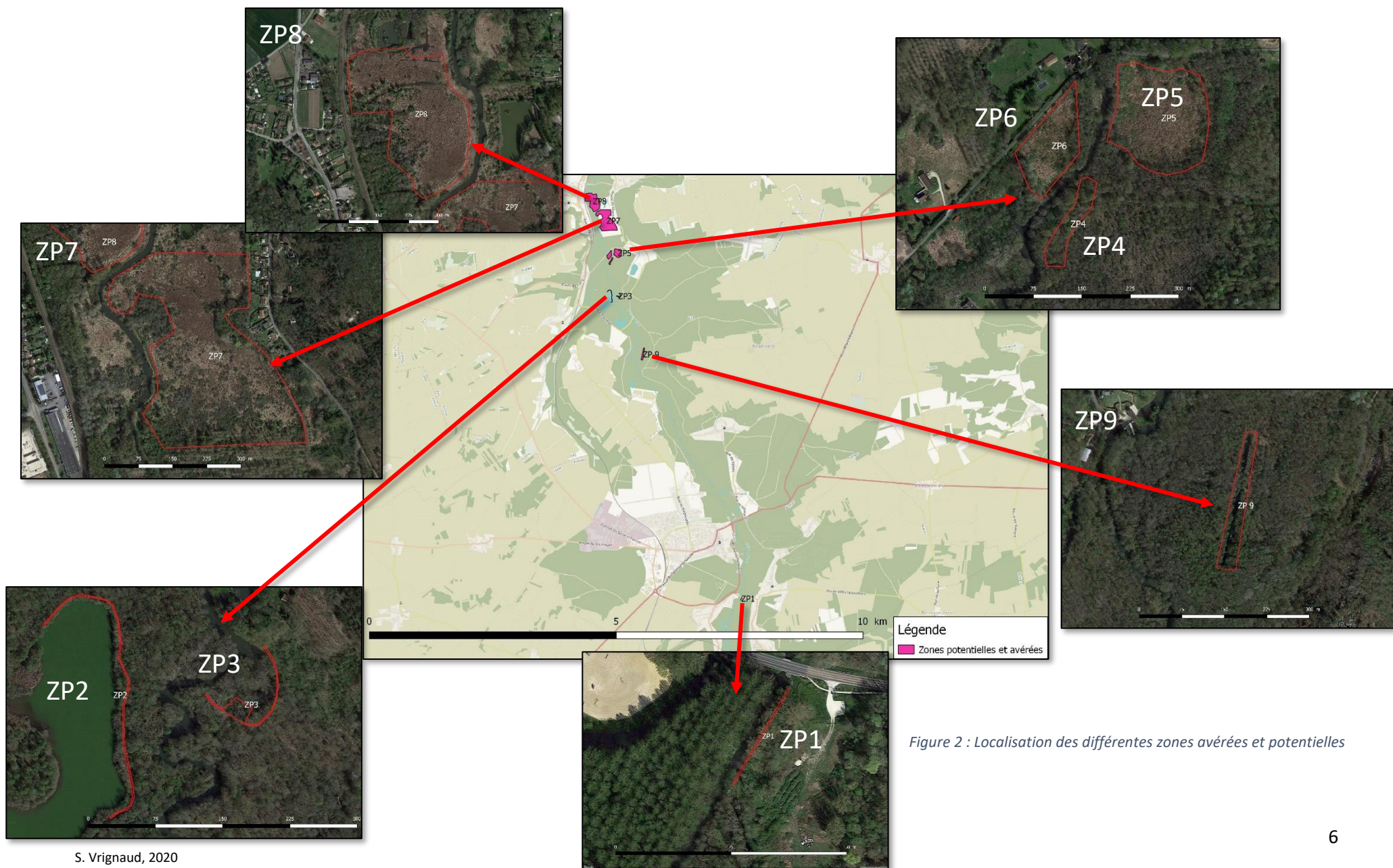


Figure 2 : Localisation des différentes zones avérées et potentielles

1.3. Points d'échantillonnage

L'appréhension des variations d'effectifs est un exercice particulièrement difficile et délicat. Dans une situation idéale, cela consisterait à compter les individus une année puis à effectuer une comparaison interannuelle. Deux variables sont alors à estimer : les densités et l'étendue de la station. L'estimation des densités est difficile en raison d'une forte hétérogénéité spatiale et temporelle. L'intervalle de confiance est donc grand. Un des problèmes réside dans la définition spatiale de la station. La délimitation de celle-ci est rarement nette. L'estimation précise est donc illusoire, seule une estimation grossière peut être approchée. De plus, les variations temporelles de densités des espèces concernées sont conséquentes. Documentées pour *Vertigo moulinsiana*, elles peuvent atteindre des variations de facteur 12 de façon saisonnière et de facteur 3 entre 2 pics annuels (KILLEEN, 2003). L'intervalle de confiance issu de chaque estimation annuelle risque d'être trop grand pour pouvoir dégager des tendances à terme, différentes des variabilités intrinsèques à l'espèce. C'est pourquoi une estimation des variations à partir d'un dénombrement paraît être un exercice trop compliqué et surtout trop chronophage.

Pour résoudre ce problème, un protocole tenant compte d'une partie de ces éléments a été proposé : il consiste à échantillonner des points de façon régulière (sur un damier) (VRIGNAUD, 2013) en la rendant tenable à long terme et moins destructive.

Afin de clarifier la lecture, les points d'échantillonnage sont définis comme étant les intersections d'un quadrillage imaginaire sur lesquels des prélèvements ont lieu (cas de *Vertigo moulinsiana* pour lequel il y a 3 prélèvements par point d'échantillonnage).

1.4. Dates de prospection et météorologie

Les prospections ont été menées du 27 au 30 août 2019 par Sylvain VRIGNAUD. Les conditions météorologiques étaient favorables (temps ensoleillé). Elles ont toutes été menées alors que la végétation était sèche.

1.5. Recherche du Vertigo étroit

Le recherche du Vertigo étroit repose sur l'échantillonnage de la litière sur une surface de 10 x 10 cm soit 100 cm². Cette technique a été systématiquement pratiquée sur les stations où *Vertigo angustior* a été préalablement observé (stations ZP 5 et ZP 7) (Tableau 2). Les cartes suivantes (Figure 3 et Figure 4) localisent les points de prélèvements de litière (carré de 10 X 10 cm). La pression d'échantillonnage est synthétisée dans le tableau suivant (Tableau 2).

Tableau 2 : Pression d'échantillonnage pour *Vertigo angustior* (en 2019)

Station	Surface	Ecartement entre les points	Nombre de prélèvement	1 prélèvement pour ...
ZP 5	2 ha	20 m	36	1 pour 556 m ²
ZP 7	11 ha	60 m	21	1 pour 5 238 m ²

Ce sont donc 57 échantillons de 0.01 m² qui ont été prélevés, séchés, tamisés et dont les coquilles récentes ont été identifiées et comptées.



Figure 3 : Localisation de l'échantillonnage de litière pour la recherche de *Vertigo angustior* (carrés de 10X10 cm²) – station ZP5 en 2019

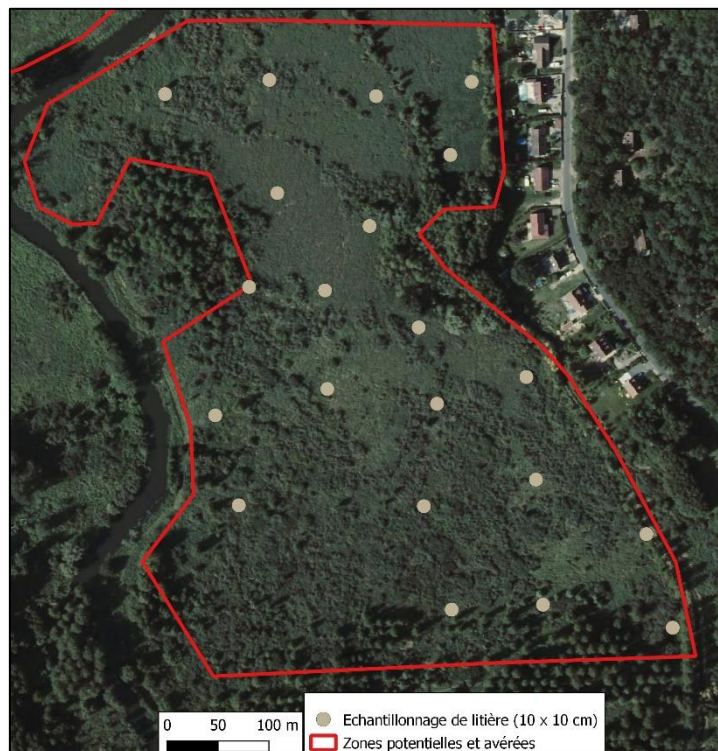


Figure 4 : Localisation de l'échantillonnage de litière pour la recherche de *Vertigo angustior* (carrés de 10X10 cm²) – station ZP7 en 2019

1.6. Recherche du Vertigo de Des Moulins

La strate herbacée du carré de 25 x 25 cm est secouée sur un bac spécialement conçu pour (Figure 5 et Figure 6). Les coquilles ainsi récoltées sont identifiées et comptées sur le terrain. L'opération est répétée 3 fois par point d'échantillonnage (sur les stations surfaciques, 2 sur les stations sentier et 1 sur les stations berges).

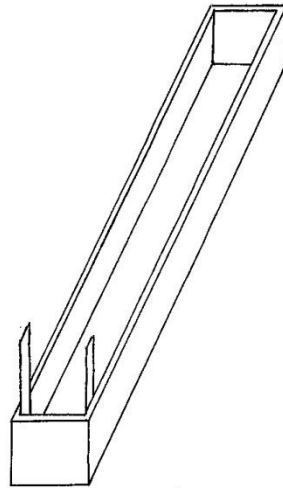


Figure 5 : Bac de battage de la végétation (quadra de 25 X 25 cm)

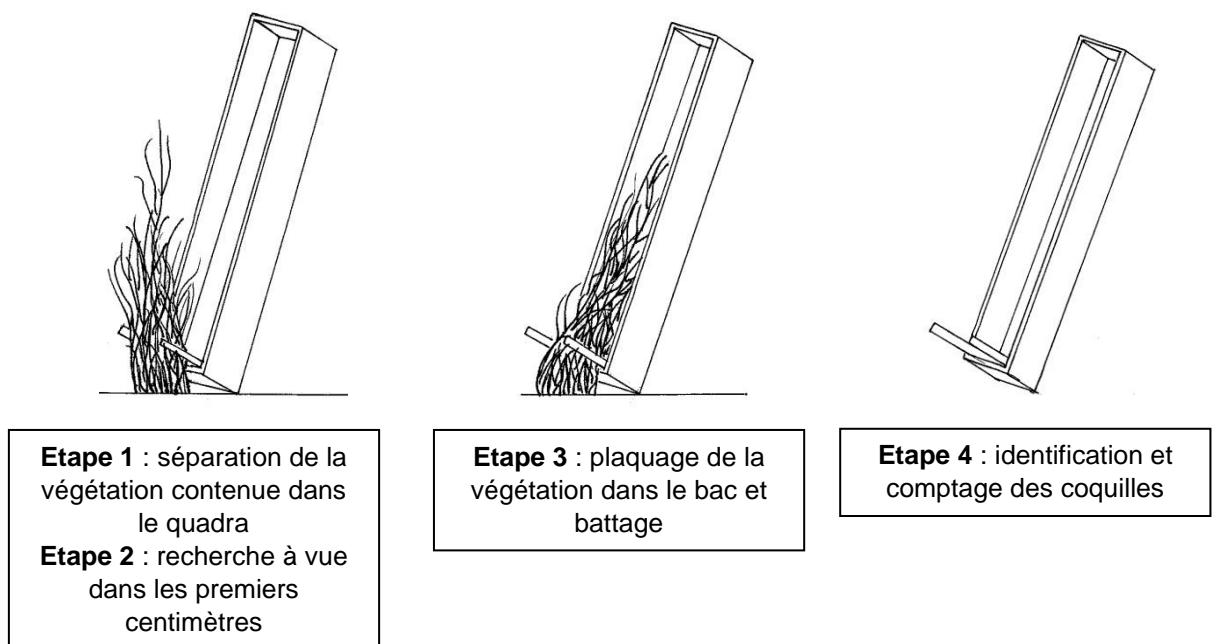


Figure 6 : Mise en situation du bac de battage

En outre, pour évaluer la proportion d'individus présents dans la litière par rapport à celle présente sur la végétation, la litière correspondante a été récoltée, séchée, tamisée puis identifiée (avec une distinction des coquilles anciennes de celles qui sont récentes) pour 28 échantillons tirés aléatoirement (leur localisation figure en annexe 3). Cette approche permet d'appréhender la population totale de *Vertigo moulinsiana* sur un carré de 25 * 25 cm tant en hauteur qu'au niveau de la litière.

1.7. Autres variables

1.7.1. Malacofaune associée

Lors des prélèvements et tout particulièrement lors de l'échantillonnage de litière, toutes les coquilles récentes ont été identifiées jusqu'au rang taxonomique identifiable le plus bas. Les coquilles anciennes sont identifiées mais pas dénombrées. L'objectif étant de caractériser la malacofaune associée le plus finement possible. En outre cela permet d'appréhender les variations d'habitats à l'échelle très locale par le témoignage temporel des coquilles anciennes.

Les coquilles ont été identifiées à partir des ouvrages suivants :

- KERNEY M.P., CAMERON R.A.D., 1999 - Guides des escargots et limaces d'Europe. Adaptation française : Bertrand A. *Delachaux et Niestlé*. 370 p. Paris.
- GLOËR P., MEIER-BROOK C., 2003 - Süßwassermollusken, 13 neubearbeitete Auflage, Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung. 134 p.
- HAUSSER J., 2005 – Clé de détermination des Gastéropodes de Suisse. *Fauna Helvetica* 10. 191 p. Neuchâtel.
- VRIGNAUD, S., 2013 - Les vertiginidae de France - *Margaritifera* 10. 8 pages,

1.7.2. Hauteur de la strate herbacée

Sur tous les points d'échantillonnage (échantillonnage de litière comme battage de la végétation), la hauteur de la végétation (strate herbacée) a été mesurée. Elle a été catégorisée de deux façons : la hauteur compacte (correspondant à la hauteur moyenne de la végétation) et la hauteur maximale (hauteur maximale atteinte par les quelques végétaux les plus grands). Comme cela a été révélé, celle-ci est un facteur particulièrement important de densité de population (AUSDEN *et al.*, 2005 ; VRIGNAUD, 2013).

1.7.3. Nature de la strate herbacée

La nature de la végétation (principales espèces végétales) a été notée. Ainsi, le pourcentage de recouvrement de la strate herbacée a été évalué pour chaque espèce végétale et pour chaque battage.

De même, des photographies systématiques référencées et orientées ont été prises afin d'assurer un suivi de la végétation sur des critères plus subjectifs mais pas moins pertinents.

1.7.4. Recouvrement des différentes strates végétales

Afin d'apprécier le rôle (ponctuellement, mais aussi dans le temps) du développement des différentes strates, le recouvrement de celles-ci a été apprécié sur le point d'échantillonnage. Ainsi, les strates herbacées, arbustives et arborées ont été chiffrées.

1.7.5. Arbres

La présence d'arbres pouvant influencer sur le recouvrement, sur l'accumulation de litière mais aussi sur l'assèchement de celle-ci, tous les arbres se trouvant dans un rayon de 10 m ont été comptés et identifiés.

1.7.6. Humidité du sol

L'humidité du sol a été renseignée sur chaque point de prélèvement suivant la méthode KILLEEN & MOORKENS (2003). Ce critère est certes variable de façon saisonnière, mais la période de prospection correspond normalement à la plus sèche de l'année et probablement la plus discriminante. Cinq catégories ont été définies : Sec (humidité non visible à la surface du sol), moite (sol visiblement moite, mais l'eau n'apparaît pas sous la pression), humide (l'eau apparaît sous une faible pression), très humide (eaux présente généralement moins de 5 cm de profondeur), site sous l'eau (profondeur supérieure à 5 cm).

1.8. Modèles statistiques pour le suivi des probabilités de présence de *Vertigo angustior*

En raison du faible nombre de relevés contenant *Vertigo angustior*, l'approche statistique repose sur un modèle linéaire généralisé (glm) binomial (en présence/absence) qui suit une échelle logistique. Différentes variables ont été étudiées afin d'identifier celle(s) pouvant expliquer au mieux la présence de l'espèce. Ainsi, l'humidité, la compacité, la nature de la litière (avec un gradient de graminées), la hauteur de la litière, le recouvrement en *Carex elata/riparia*, le recouvrement en *Phragmites australis*, la hauteur compacte de la strate herbacée, le nombre d'arbres xérophiles, d'arbres mésophiles, d'arbres hygrophiles et du total des arbres dans un rayon de 10 mètres ont été testés.

Le modèle ayant un effet significatif est celui avec l'humidité ($p = 0,00751$) et qui explique la présence de l'espèce à hauteur de 10,05 % (cf. équation n°1). Tous les autres modèles ne possèdent pas d'effets significatifs (cf. annexe 1). La prédiction graphique de ce modèle est représentée par la Figure 7.

$$y = 0,0136 + \frac{e^{0,6855 \times X}}{1 + e^{0,6855 \times X}} \quad \text{Equation n°1}$$

Avec y = probabilité de présence du *Vertigo angustior*, et x = le niveau d'humidité (suivant KILLEEN & MOORKENS 2003).

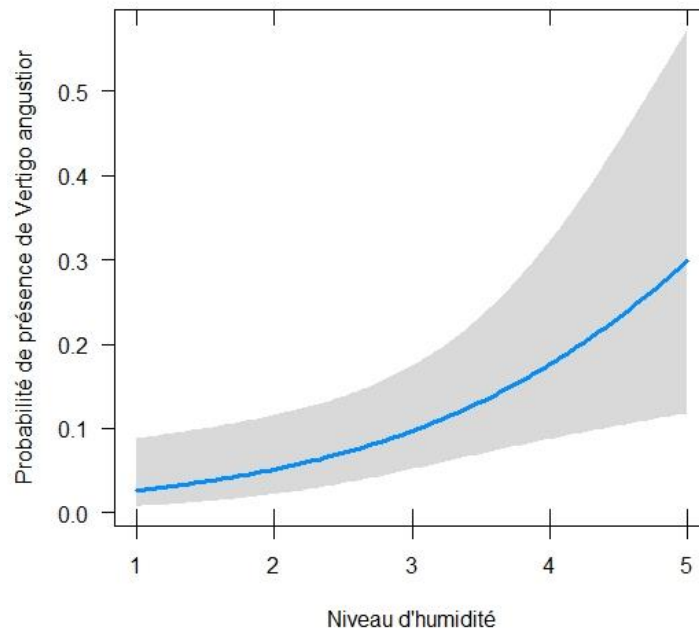


Figure 7 : Représentation graphique de la probabilité de présence du Vertigo angustior en fonction de l'humidité (glm binomial, $p = 0,00751$; pourcentage de variance expliquée = 10,05 %)

1.9. Modèles statistiques pour le suivi des effectifs estimés de *Vertigo moulinsiana*

Le battage de la végétation ne permet de connaître les effectifs qu'au niveau de la strate herbacée. Cependant, il ne renseigne aucunement sur la quantité d'individus présents au niveau de la strate muscinale (litière des feuilles et horizon H₀). Grâce aux présents relevés de litières et aux précédents sur les mêmes sites les années antérieures, il a été possible de mettre en perspective les deux compartiments (Figure 8).

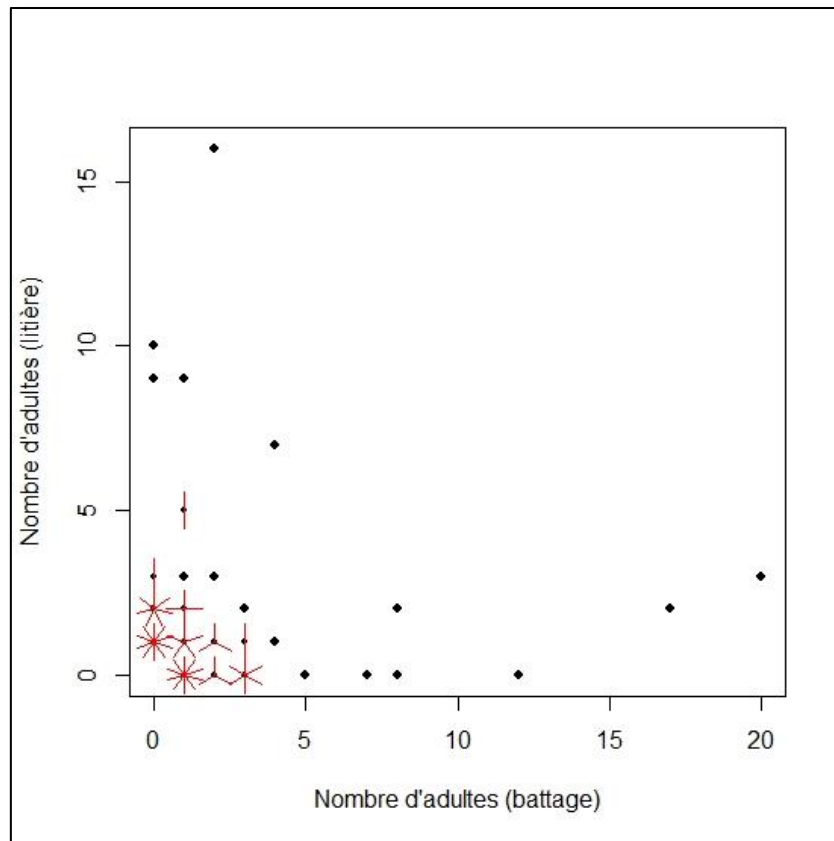


Figure 8 : Diagramme en tournesol du nombre d'adultes récents de *Vertigo moulinsiana* au niveau de la litière en fonction du nombre d'adultes sur la végétation

Graphiquement, il ressort que les individus sont soit sur la végétation, soit au niveau de la litière. Ainsi sur 53 échantillons (les données brutes figurent en annexe 2) avec *Vertigo moulinsiana* présent dans au moins un des deux compartiments, 16 comptent des individus uniquement au niveau du sol soit 30,19 %. Aussi, en se contentant uniquement du battage, il y a environ un tiers de faux négatifs.

Par ailleurs, il n'existe pas de relation linéaire entre les individus de la végétation et ceux de la litière. L'analyse du ratio révèle qu'il n'est pas de 1 : 1 entre les deux compartiments ($p = 0,654$).

L'analyse numérique repose sur le ratio du nombre d'individus sur la végétation / nombre d'individus dans la litière grâce à un modèle linéaire généralisé utilisant la fonction « cbind » du logiciel R (R Core Team, 2013). Les résultats ont ensuite été ramenés à une échelle naturelle (la fonction cbind entraîne une transformation logistique).

Une recherche du meilleur modèle pour estimer le ratio et donc la population totale a été effectuée en intégrant différentes variables supposées explicatives en système additionnel et avec toutes les combinaisons possibles. Le choix des meilleurs modèles repose sur le critère de parcimonie le plus faible : l'indice d'Akaike (AIC), en considérant que les modèles avec un delta AIC inférieur à 2 sont semblables (Burnham et Anderson, 2002). Dans un pareil cas, le modèle le plus simple est choisi.

38 combinaisons incluant le nombre de jours depuis le 01/01, la hauteur compacte, la hauteur totale, le recouvrement par les *Carex elata/riparia*, la hauteur de la litière, l'humidité, et la compacité de H_0 . Le choix des modèles repose sur les données disponibles après le critère de parcimonie. Il a donc été différencié suivant les années (Tableau 3). 53 relevés comprenant des *Vertigo moulinsiana* (sur la

végétation et/ou dans la litière ; ceux sans aucun vertigo n'ont pas été retenus) ont fait l'objet de l'analyse.

Tableau 3 : Caractéristiques des modèles linéaires choisis pour la relation entre les individus issus du battage et ceux de la litière suivant les années (n = 53)

Modèle	AIC	Ordonnée à l'origine	Coefficient directeur de la pente	Pourcentage de variance expliquée	Années
Modèle nul (~1)	272,82	0,189 ± 0,121	-	0,00 %	
Nombre de jours depuis le 01/01	149,17	-24,760 ± 5,067	0,115 ± 0,023	24,05 %	2014 et 2015
Recouvrement en <i>Carex elata / riparia</i>	136,75	-0,647 ± 0,211	0,038 ± 0,006	33,04 %	
Nombre de jours depuis le 01/01	119,78	-20,014 ± 5,024	0,089 ± 0,023	33,92 %	2013, 2017, 2018 et 2019
Recouvrement en <i>Carex elata / riparia</i>			0,034 ± 0,007		

Ainsi, pour le modèle nul, le nombre total d'individus (y) se calcule de la façon suivante avec les bornes de l'intervalle de confiance :

$$y_{moy} = \frac{x}{0,547} \quad \text{Equation n°2}$$

$$y_{max} = \frac{x}{0,517} \quad \text{Equation n°3}$$

$$y_{min} = \frac{x}{0,577} \quad \text{Equation n°4}$$

Avec x = nombre d'individus adultes trouvés lors du battage de la végétation (le dénominateur a été ramené à une échelle naturelle). On notera que le pourcentage de variance expliquée est nul pour cette modélisation révélant les limites ces équations et plus généralement de cette approche.

Pour les années 2014 et 2015, il est possible de modéliser la somme globale des effectifs à l'aide de la date de prélèvement suivant les équations suivantes

$$y_{moy} = \frac{x}{\frac{e^{(0,115 \times A - 24,760)}}{1 + e^{(0,115 \times A - 24,760)}}} \quad \text{Equation n°5}$$

$$y_{min} = \frac{x}{\frac{e^{(0,138 \times A - 19,693)}}{1 + e^{(0,138 \times A - 19,693)}}} \quad \text{Equation n°6}$$

$$y_{max} = \frac{x}{\frac{e^{(0,092 \times A - 29,827)}}{1 + e^{(0,092 \times A - 29,827)}}} \quad \text{Equation n°7}$$

Avec x = nombre d'individus adultes trouvés lors du battage de la végétation et A = nombre de jours depuis le 01/01.

Si les informations le permettent (cas des données de 2013, 2017, 2018 et 2019), il est alors possible d'affiner l'estimation par l'équation suivante :

$$y_{moy} = \frac{x}{\frac{e^{(0,089 \times A + 0,034 \times B - 20,014)}}{1 + e^{(0,089 \times A + 0,034 \times B - 20,014)}}}$$

Equation n°8

$$y_{min} = \frac{x}{\frac{e^{(0,319 \times A + 0,041 \times B - 15,116)}}{1 + e^{(0,319 \times A + 0,041 \times B - 15,116)}}}$$

Equation n°9

$$y_{max} = \frac{x}{\frac{e^{(0,066 \times A + 0,027 \times B - 25,164)}}{1 + e^{(0,066 \times A + 0,027 \times B - 25,164)}}}$$

Equation n°10

Avec x = nombre d'individus adultes trouvés lors du battage de la végétation et A = nombre de jours depuis le 01/01 et B = recouvrement en *Carex elata* et *C. riparia*.

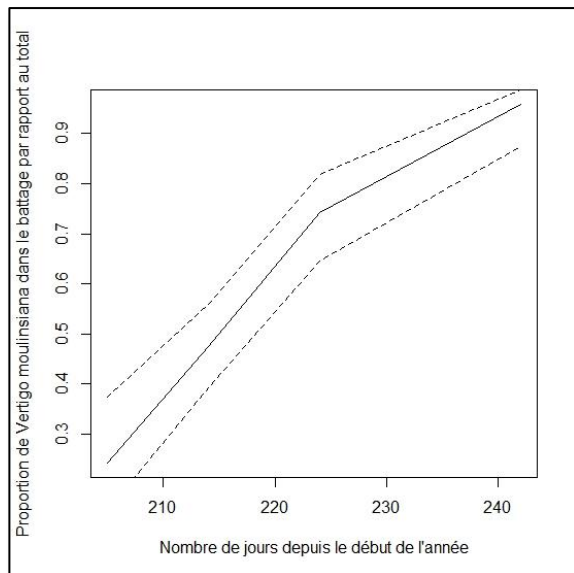


Figure 9 : Variation de la proportion de *Vertigo moulinsiana* présents sur la végétation par rapport au total (sur la végétation et au niveau du sol) en fonction du nombre de jours depuis le 01/01

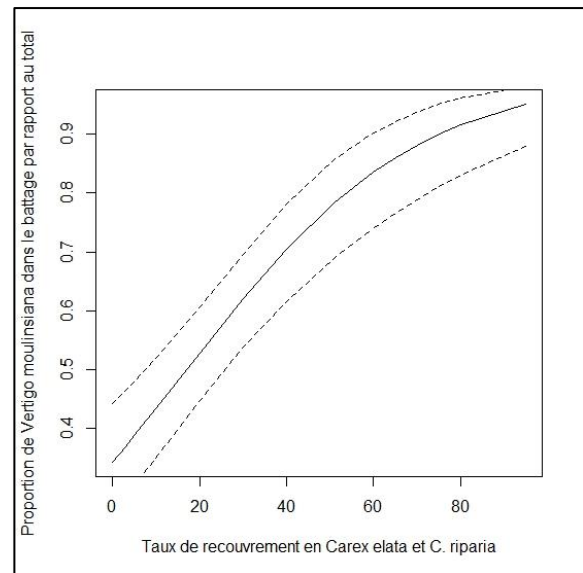


Figure 10 : Variation de la proportion de *Vertigo moulinsiana* présents sur la végétation par rapport au total (sur la végétation et au niveau du sol) en fonction du nombre du taux de recouvrement de *Carex elata* et *C. riparia*

Il ressort donc que tant le temps écoulé depuis le début de l'année que le recouvrement en *Carex elata* et *C. riparia* font augmenter la proportion de *Vertigo moulinsiana* sur la végétation. On notera toutefois que le taux de recouvrement de *Carex* explique mieux la répartition verticale (pourcentage de variance expliquée de 33,04 %) pris séparément de la phénologie (pourcentage de variance expliquée de 24,05 %).

Cette technique permet donc d'estimer plus rigoureusement la population totale pour chaque battage qu'en ne se fiant qu'au nombre d'individus trouvés uniquement avec le battage. Cela facilite ainsi une comparaison interannuelle plus rigoureuse.

Les battages annuels permettent d'obtenir de 1 à 4 données d'effectifs estimées par point d'échantillonnage. Ces effectifs moyens estimés pour chaque point d'échantillonnage peuvent donc être comparés année après année. Une tendance avait été esquissée l'année dernière en raison du caractère prononcé pour un certain nombre de point. En 2019, les nouveaux effectifs observés et estimés ne permettent pas de dégager des tendances linéaires. Aussi, aucune linéarité n'a été recherchée.

1.10. Limite de la méthodologie

Pour les deux espèces, les localités ne sont pas exactement au même endroit d'une année sur l'autre en raison de l'imprécision du GPS (elle doit être de l'ordre de plusieurs mètres). Cependant, le fait d'effectuer 3 battages pour la recherche de *Vertigo moulinsiana* permet de « lisser » ce biais.

Concernant *Vertigo angustior*, la recherche par un échantillon de litière de 10 x 10 cm ne concerne par définition qu'une petite surface. Cet aspect, plus que dans le cas de la recherche de *Vertigo moulinsiana*, peut entraîner une non-détection alors que l'espèce est présente (des « faux zéros »). C'est pourquoi une prise en compte de cette possibilité est nécessaire dans l'interprétation des résultats et doit être mise en perspective avec des informations issues d'autres indicateurs.

Le fait qu'il n'y ait pas eu de suivi en 2016 affecte très certainement la significativité des tendances observées.

2. Résultats

2.1. Vertigo étroit

2.1.1. Résultats globaux

Dans le cadre du suivi protocolé, une sévère diminution des occurrences est constatée au cours des ans. La faible humidité est très certainement à l'origine de cette régression.

Par ailleurs, dans le cadre de l'échantillonnage aléatoire de litière de 25 cm de côté en vue d'apprécier la répartition verticale de *Vertigo moulinsiana* (cf. ci-dessus), des coquilles fraîches de *Vertigo angustior* ont été découvertes fortuitement.

Tableau 4 : variation des occurrences de *Vertigo angustior* (NA = données non disponibles) en valeur brute et relative en fonction des années

Station	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ZP5	4 sur 13	2 sur 9	1 sur 22	NA	1 sur 39	0 sur 44	0 sur 44
	30,77 %	22,22 %	4,55 %	NA	2,56 %	0,00 %	0,00 %
ZP7	3 sur 22	4 sur 7	0 sur 12	NA	0 sur 22	0 sur 25	0 sur 25
	13,64 %	42,86 %	0,00 %	NA	0,00 %	0,00 %	0,00 %
ZP8	NA	NA	0 sur 5	NA	NA	NA	NA
	NA	NA	0,00 %	NA	NA	NA	NA

2.1.2. Résultats par zones potentielles et avérés

Les figures présentées ci-dessous (Figure 11) illustrent les points d'échantillonnage où l'espèce est présente ou absente au fil des ans. Il est à noter que les points ne sont pas exactement au même endroit d'une année sur l'autre (en raison de l'imprécision du GPS).

ZP 5

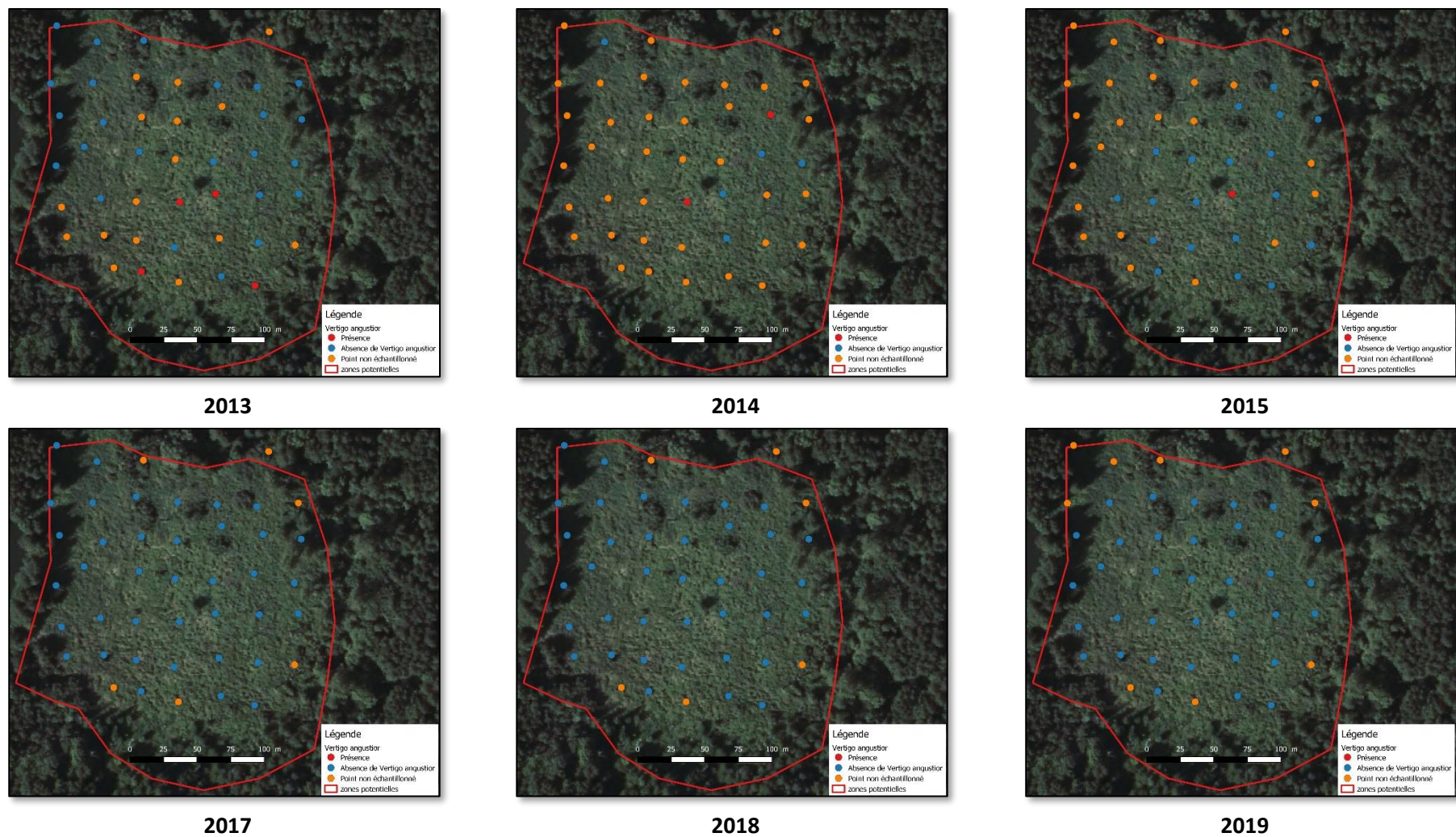


Figure 11 : Occurrences de *Vertigo angustior* en fonction des années (2013, 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019) sur la station ZP5

La station ZP 5 était celle qui hébergeait le plus de *Vertigo angustior* depuis le début de l'étude. Les conditions d'humidité élevée étaient favorables à la présence de l'espèce. En 2012 (VRIGNAUD 2013) et en 2013 (VRIGNAUD 2014), le patron de distribution de l'espèce sur la zone semblait être sensiblement le même avec un noyau présent au niveau du centre sud – sud-est de la station. Depuis, l'espèce a régressé en 2015 pour ne plus être détectée en 2017 et 2018. Il en a été de même en 2019 à partir des échantillons de litières de 10 x 10 cm.

Cependant, dans 2 échantillons de 25 x 25 cm tirés aléatoirement en vue d'étudier la répartition verticale de *Vertigo moulinsiana*, *Vertigo angustior* a été trouvé sous forme de coquilles récentes (cf. annexe 4). Cette découverte indique la présence encore actuelle de l'espèce sur cette station. Par ailleurs, il est à noter que les concentrations restent relativement faible et que l'espèce semble localisée. En outre, l'espèce a été trouvée au nord-ouest de la station en 2019. Les données des années antérieures provenaient principalement de la zone centrale, un peu au sud. La répartition locale de l'espèce semble donc s'ajuster dans une certaine mesure aux modifications hydrographiques locales.

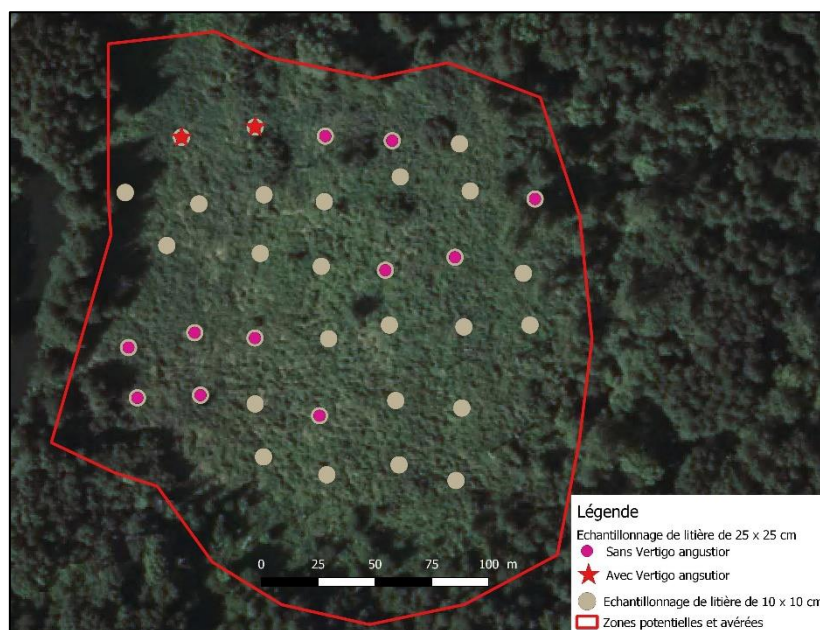


Figure 12 : Localisation de l'échantillonnage aléatoire des carrés de 25 x 25 cm de litière avec ou sans *Vertigo angustior* sur la station ZP 5

ZP 7

La présence de *Vertigo angustior* sur la station ZP7 (dans la partie sud) avait été attestée en 2012 (VRIGNAUD 2013). Cependant, des doutes avaient été émis quant à l'actualité de cette présence du fait que la coquille semblant fraîche avait été trouvée dans un milieu relativement sec en désaccord avec les critères habitationnels par ailleurs identifiés.

Depuis, l'espèce a été retrouvée dans la partie médiane plutôt au sud (sur 3 points en 2013 et 1 point en 2014). Mais depuis 2014, elle n'a plus été revue. Les conditions d'humidité ont été constatées comme un peu plus favorables en 2017 (mais pas de façon significative), mais pas suffisamment pour que l'espèce puisse à nouveau être détectée. En 2018 et 2019, les conditions globales étaient encore plus favorables que l'année précédente, mais ce n'est pas pour autant que l'espèce a été observée.

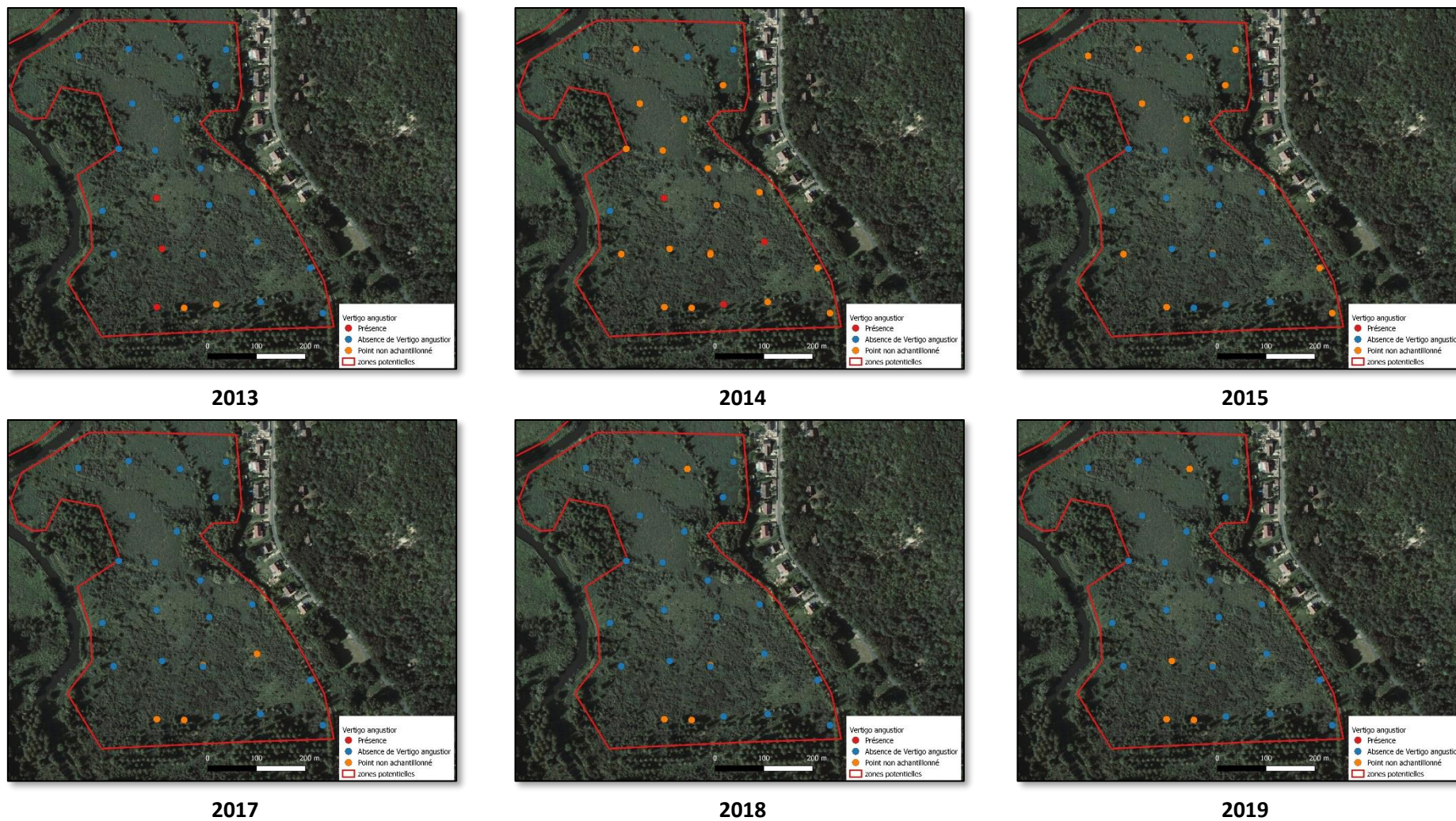


Figure 13 : Occurrences de Vertigo angustior en fonction des années (2013, 2014, 2015, 2017, 2018, 2019) sur la station ZP7

2.2. Vertigo de Des Moulins

2.2.1. Résultats globaux

En matière d'occurrence, l'année 2019 est la plus mauvaise des années de suivi avec 15,99 % des battages avec *Vertigo moulinsiana* (l'année 2017 jusqu'alors la plus mauvaise comptait 20,80 %) (Tableau 4 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 4 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur l'ensemble de la zone d'étude

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	286	207	263	0	399	321	269
Nombre de battages avec <i>V. moulinsiana</i>	83	105	150	0	83	99	43
Proportion de battage avec <i>V. moulinsiana</i> par rapport au total de l'ensemble des battages	29,02%	50,72%	57,03%	NA	20,80%	30,84%	15,99 %

*NA = données non disponibles

En 2018, *Vertigo moulinsiana* n'a pas été retrouvée sur les stations ZP3 et ZP2. Par contre, elle est présente dans toutes les autres stations, mais de façon localisée.

2.2.2. Résultats par zones potentielles ou avérées

ZP 1

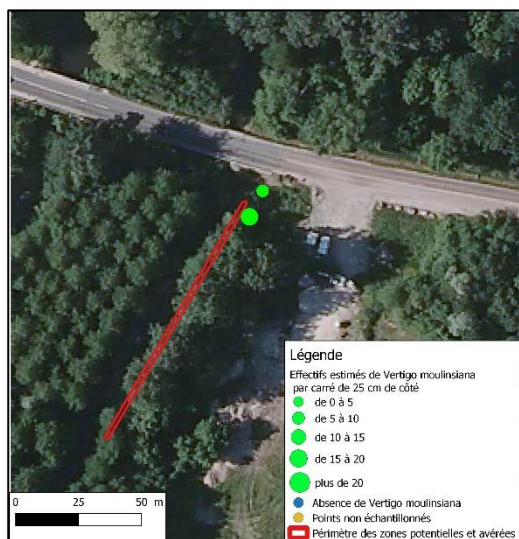
Cette station longue d'une dizaine de mètre et large de 2 à 3 m est particulièrement petite. Cependant, elle revêt un caractère important du fait qu'elle se situe à proximité directe de la rivière et qu'elle peut servir de population source. En outre, les résultats du suivi attestaient d'une constance relative tant des occurrences que des concentrations (Tableau 5 et Figure 16) jusqu'en 2018. En 2019, l'espèce n'a pas été retrouvée.

D'un commun accord avec le PNR et Benoit VINCENT, il avait été décidé de ne plus suivre cette station en 2015 et 2016 (Benoit VINCENT, communication personnelle).

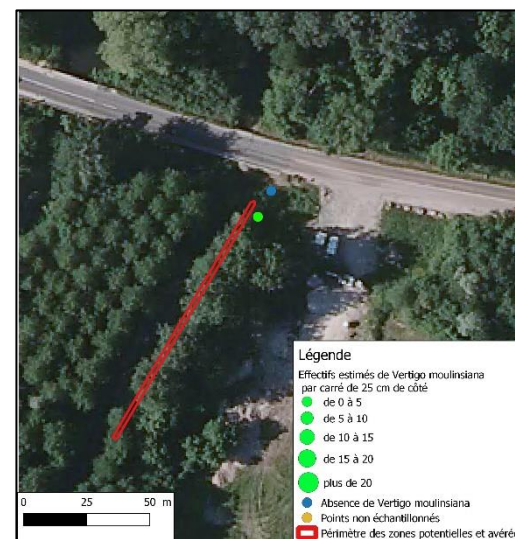
Tableau 5 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 1

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	0	2	0	0	4	4	4
Nombre de battages avec <i>V. moulinsiana</i>	0	2	0	0	4	2	0
Proportion de battage avec <i>V. moulinsiana</i> par rapport au total de l'ensemble des battages	NA	100,00%	NA	NA	100,00%	50,00%	0,00%

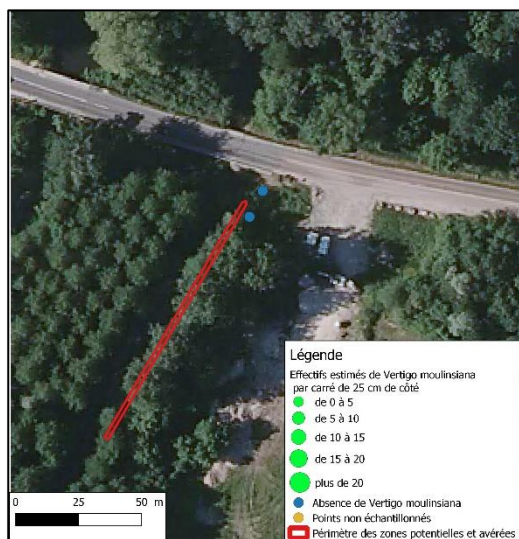
*NA = données non disponibles



2017



2018



2019

Figure 14 : Effectifs moyens estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP1 en 2017, 2018 et 2019

ZP 2

Cette station est localisée le long d'un sentier contournant un étang de loisirs. Les précédentes investigations (BIOTOPE et PNR du Gatinais Français 2009 ; VRIGNAUD 2013) avaient attesté la présence de *Vertigo moulinsiana* dans des concentrations faibles et de façon localisée dans le document d'objectifs. L'espèce n'avait pas été trouvée en 2012 (VRIGNAUD 2013) (figure 30). D'un commun accord avec le PNR et Benoit VINCENT, il avait été décidé de ne plus suivre cette station depuis 2015 (Benoit VINCENT, communication personnelle).

En 2017, aucun individu n'a été trouvé (figure 31). La station avait alors fait l'objet d'un entretien massif par un broyage systématique du sentier. Ainsi, les habitats les plus favorables ne présentaient aucun potentiel lors des prospections. Aucune prospection n'a été menée en 2018 et 2019 sur cette station.



Figure 15 : Localisation des données de *Vertigo moulinsiana* issues du DOCOB (BIOTOPE et PNR du Gatinais Français, 2009) (disques bleus) et de VRIGNAUD (2013, disques verts) pour la station ZP 2 (carte issue de VRIGNAUD 2013)



Figure 16 : Localisation des différents points d'échantillonnage sur les stations ZP 2 et ZP 3 ; aucun battage n'a révélé la présence de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 2 (pour la station ZP 3, cf. ci-dessous).

Tableau 6 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 2

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	0	0	0	0	108	0	0
Nombre de battages positifs	0	0	0	0	0	0	0
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	NA	NA	NA	NA	0,00%	NA	NA

*NA = données non disponibles

ZP 3

La station ZP 3 est composée d'une berge et d'une partie surfacique localisées dans un ancien méandre de l'Essonne (Figure 17).

Les occurrences y sont très variables, mais 2019 n'a rien révélé (Tableau 7). Les milieux ayant quelque peu évolué (embroussaillage), des habitats anciennement favorables sont devenus actuellement défavorables localement. Ainsi, certains points d'échantillonnage n'ont pas fait l'objet de recherche.

Tableau 7 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 3

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	14	14	14	0	14	14	4
Nombre de battages positifs	5	9	11	0	1	1	0
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	35,71%	64,29%	78,57%	NA	7,14%	7,14%	0,00%

*NA = données non disponibles

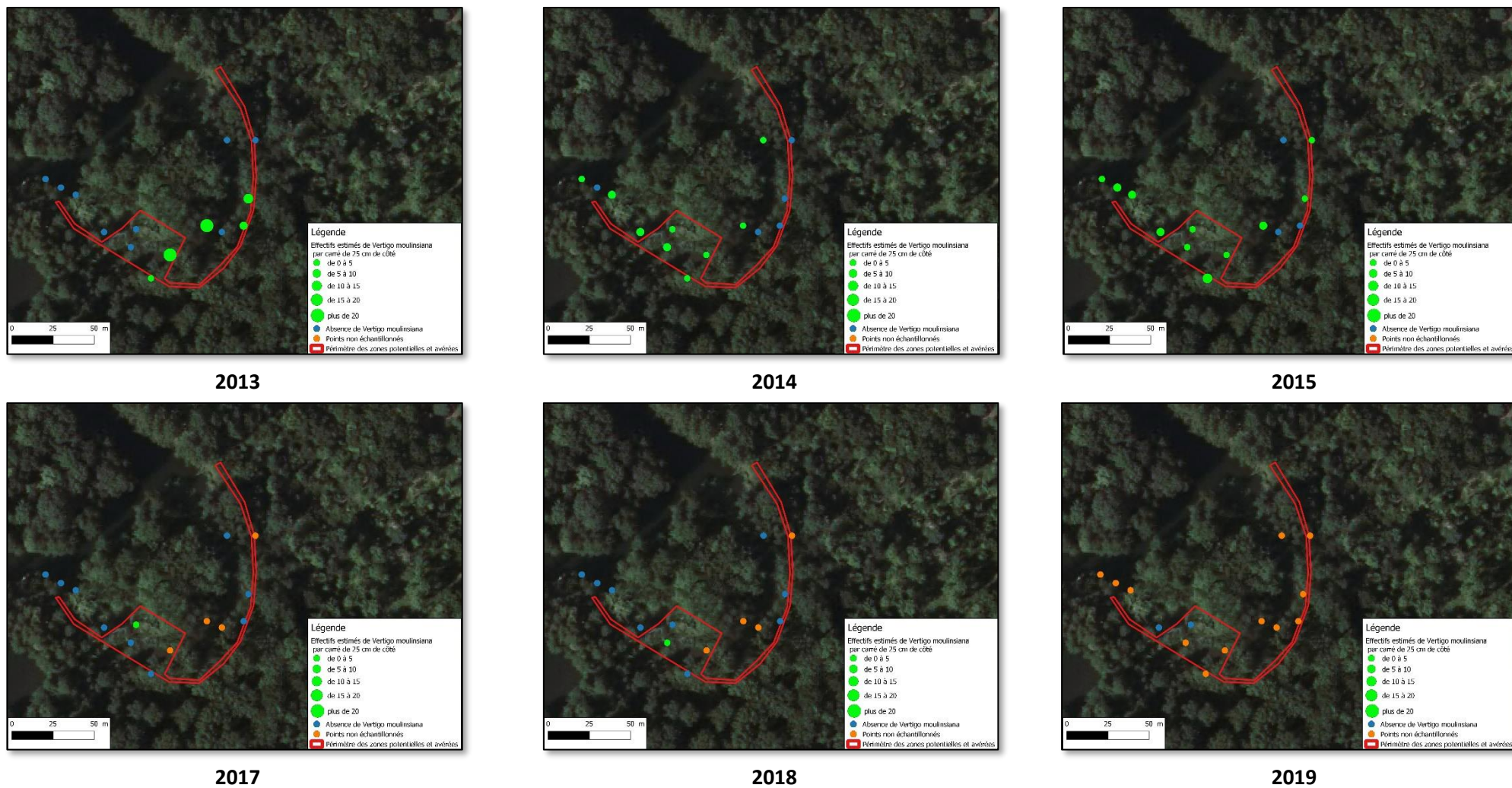


Figure 17 : Effectifs moyens estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP3 en 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019

ZP 4

La station ZP4 est particulièrement difficile d'accès (terrain privé) : c'est pourquoi elle n'a pas fait l'objet d'un recensement annuel. Elle a été visitée en 2013 et 2015 (Tableau 8). En 2014, cette station était inondée et donc inaccessible. Depuis 2017, le chemin d'accès n'a pas été trouvé et semblait avoir été obstrué.

La faible étendue de l'échantillonnage (liée à une complexité des habitats) et la discontinuité temporelle ne permet pas de dégager de tendances. Cette station est toutefois marginale en termes d'étendue et de densité (Figure 18).

Tableau 8 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 4

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	2	0	3	0	0	0	0
Nombre de battages positifs	0	0	3	0	0	0	0
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	0,00%	NA	100,00%	NA	NA	NA	NA

*NA = données non disponibles

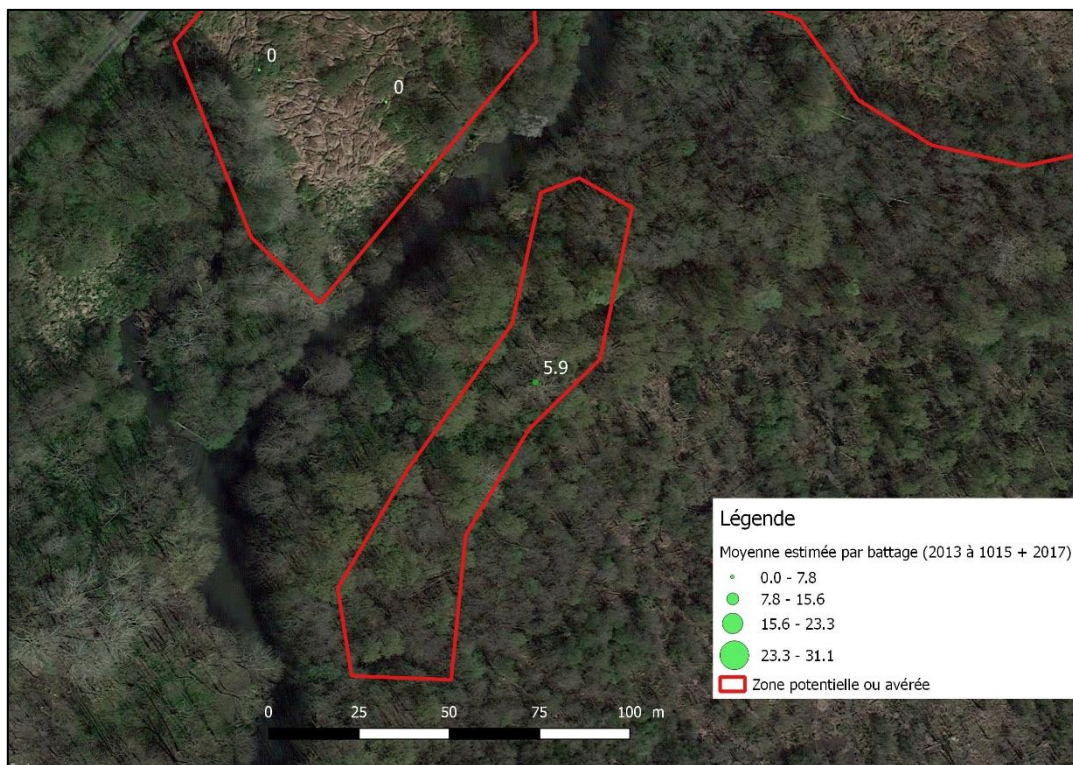


Figure 18 : Moyenne des effectifs estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 4 en 2013 à 2015 et 2017, 2018

ZP 5

La station ZP 5 est une des stations à fort enjeu sur le site Natura 2000 et plus généralement. La surface concernée est relativement importante (2 ha) et les effectifs durant les années précédents y étaient plutôt conséquents. Il s'agit d'une roselière avec un gradient hygrométrique progressif depuis la périphérie ouest-nord-est vers le sud.

Les occurrences sur le site sont relativement constantes (tableau 10) à l'exception de 2019 qui marque un infléchissement. Durant les années 2013 à 2017, on a assisté à un déplacement du centre de gravité de la population passant du centre sud à un arc de cercle situé d'ouest en est en passant par le nord comme l'attestent les régressions ou les augmentations significatives sur les zones concernées (Figure 19). En 2018, il semble se dessiner une redynamisation de la population centrale. En 2019, les secteurs occupés sont caricaturalement au nord-nord-est et au sud-ouest.

Ces déplacements sont pour l'heure inexpliqués précisément. Ils sont probablement le fruit d'un changement de modifications de l'humidité du sol, qui plus est à des périodes clefs. Une exploitation des conditions habitationnelles poussée en fin de suivi permettra de mieux comprendre le phénomène.

Tableau 9 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 5

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	126	123	117	0	117	117	111
Nombre de battages positifs	48	41	77	0	64	70	31
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	38,10%	33,33%	65,81%	NA	54,70%	59,83%	27,93%

*NA = données non disponibles

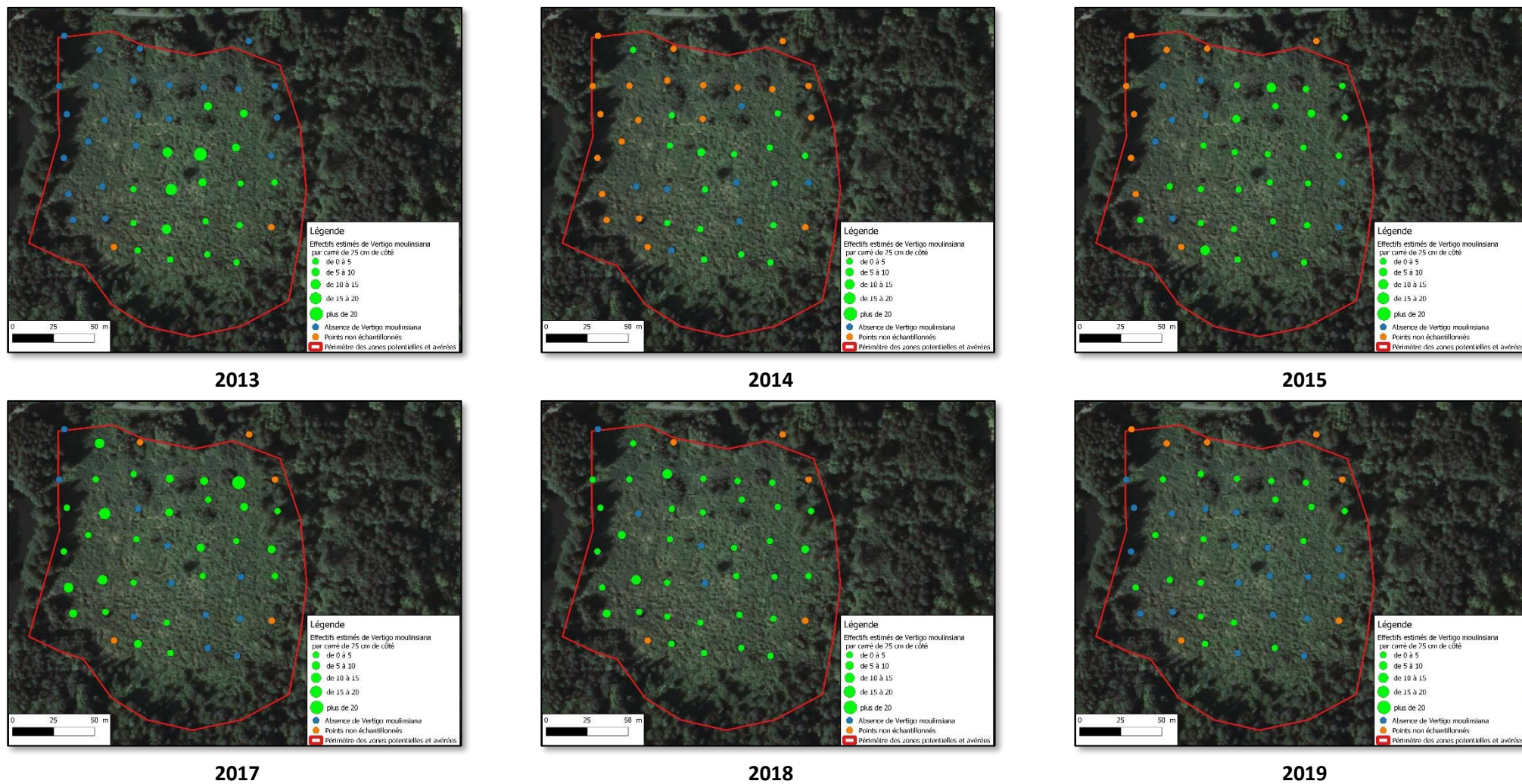


Figure 19 : Effectifs moyens estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 5 et en 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019

ZP 6

Sur la station ZP6, la présence de *Vertigo moulinsiana* n'est attestée que le long de la route. Son occurrence dans les battages de la végétation n'a pas significativement évolué (Tableau 1) malgré quelques oscillations. En 2018, une progression avait été observées vers le sud-ouest, mais 2019 reprend le schéma antérieurement observé avec une présence seulement le long de la route (Figure 20).

Tableau 10 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 6

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	15	15	12	0	15	15	15
Nombre de battages positifs	5	6	5	0	2	6	2
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	33,33 %	40,00 %	41,67 %	NA	13,33%	40,00 %	13,33 %

*NA = données non disponibles

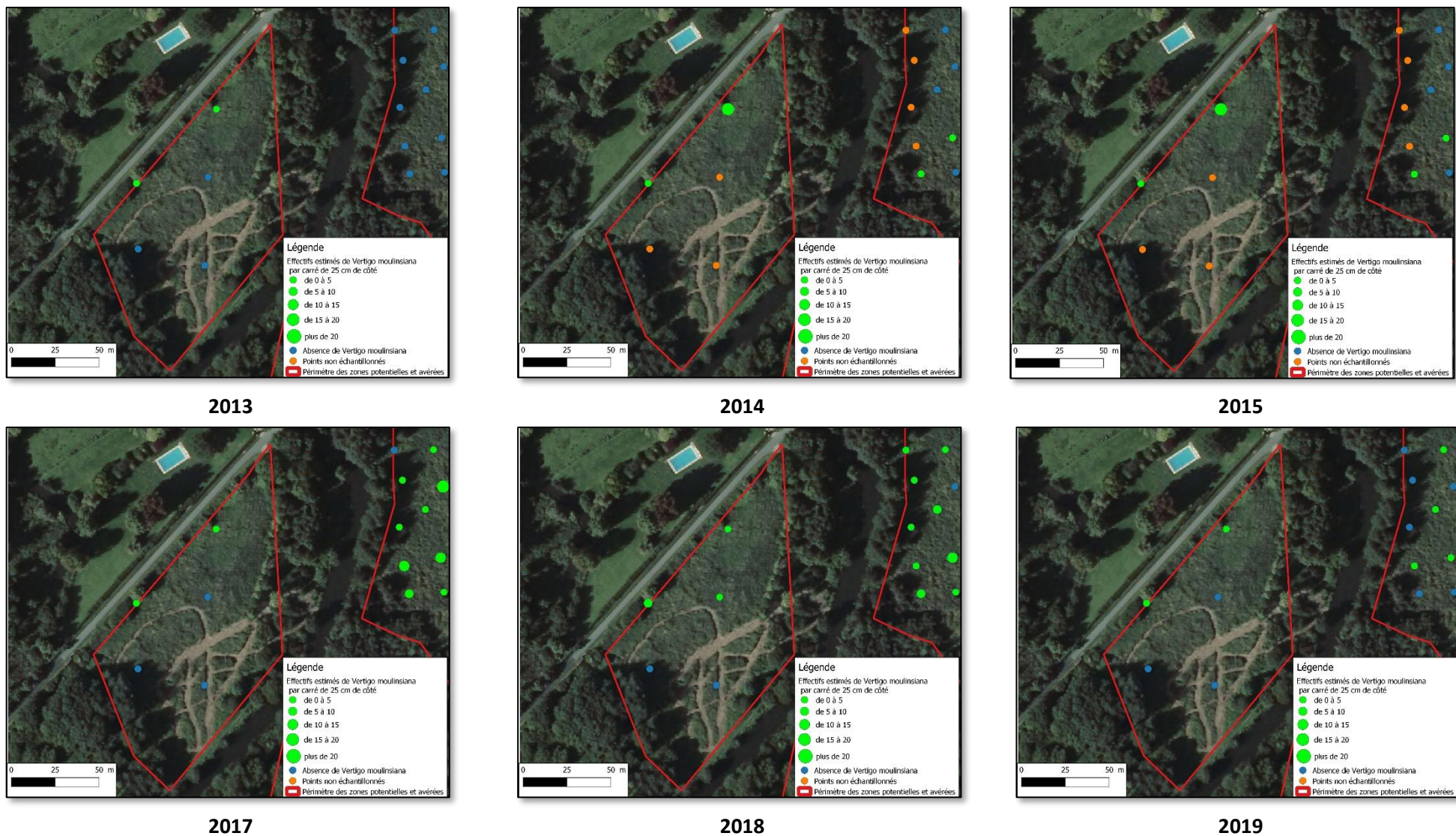


Figure 20 : Effectifs moyens estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 6 en 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019

ZP 7

La station ZP 7 est importante par la taille mais peu par les densités observées. Les variations d'occurrences sont conséquentes sur la durée du suivi (de 0 % en 2013 à 54,69 % en 2015) (Tableau 11). Les densités sont en moyenne faibles sur la durée du suivi, à l'exception d'un point situé en position centrale (Figure 21). Il en est de même en 2018 avec une population établie en position centrale et une réapparition au sud-est qui disparaît en 2019. Le nord, quant à lui, est encore délaissé.

Tableau 11 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 7

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	72	72	63	0	66	66	63
Nombre de battages positifs	0	17	35	0	11	13	2
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	0,00%	23,61%	55,55%	NA	16,67%	19,70%	3,17%

*NA = données non disponibles

Suivi des Vertigos de Des Moulins et étroit sur le site natura 2000 « Haute vallée de l'Essonne »
Année 6 (2019)

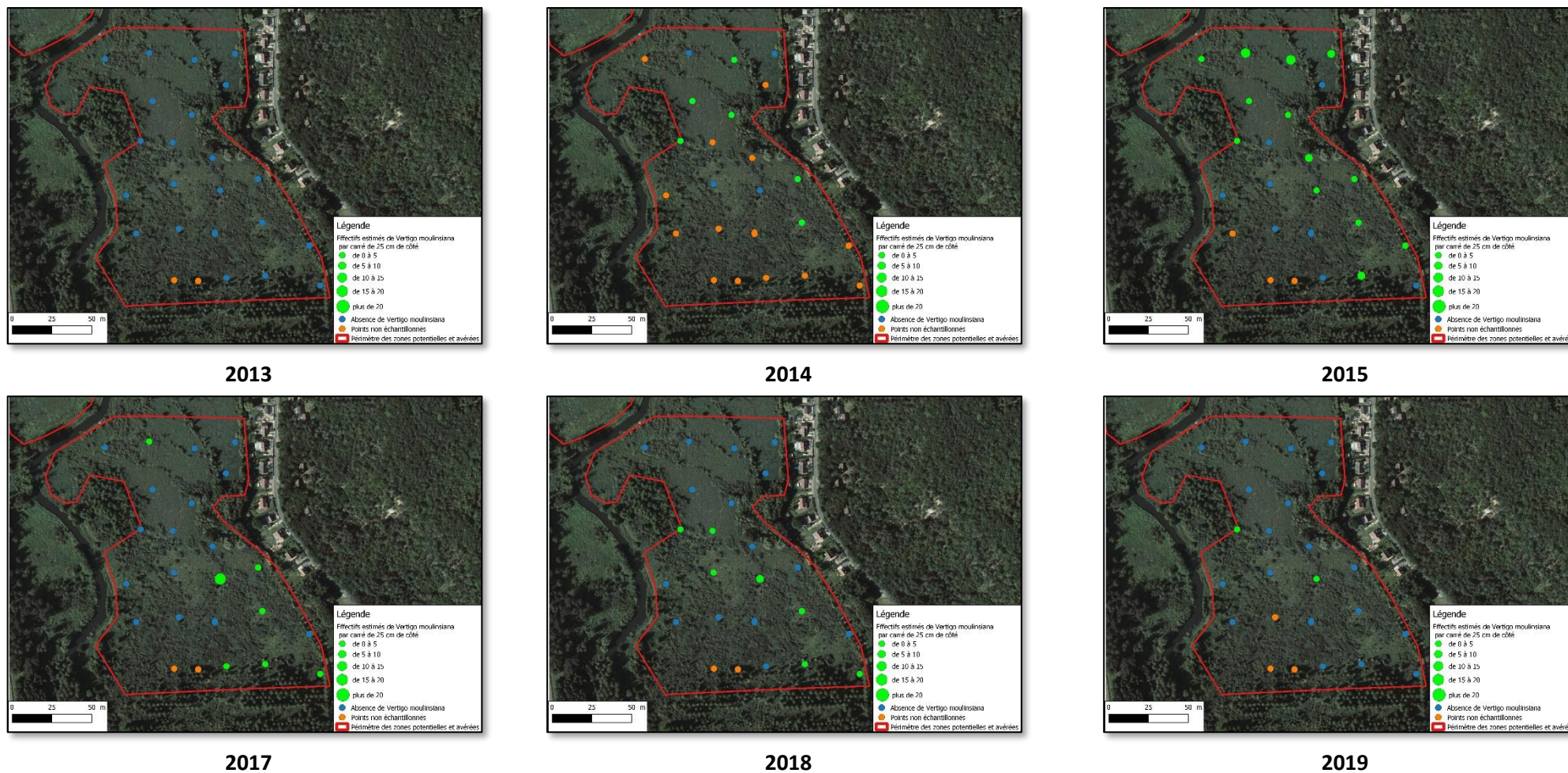


Figure 21 : Effectifs moyens estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 7 et sur les années 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019

ZP 8

La station ZP 8 revêt un intérêt réel non seulement dans le site Natura 2000 mais plus largement du fait de sa taille et des densités parfois élevées observées.

Depuis le début du suivi, les occurrences ont globalement baissé, passant du maximum de 43,86 % des battages en 2013, à 0 % en 2017 puis 7,14 % en 2018 et 11,11 % en 2019. Ces variations observées sont probablement à mettre en lien avec celles de l'humidité du sol.

Les observations en 2019 sont localisées au nord, à l'est et à l'ouest mais correspondent à une extension de la zone d'occurrence de 2018. Cette situation laisse à penser qu'il existe probablement des zones refuges suivant les conditions à des périodes clefs. Ces zones refuges dans des conditions qui restent à déterminer correspondent aux secteurs où l'espèce est présente en 2018.

Tableau 12 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 8

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	57	81	63	0	57	56	54
Nombre de battages positifs	25	30	19	0	0	4	6
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	43,86%	37,04%	30,16%	NA	0,00%	7,14%	11,11%

*NA = données non disponibles

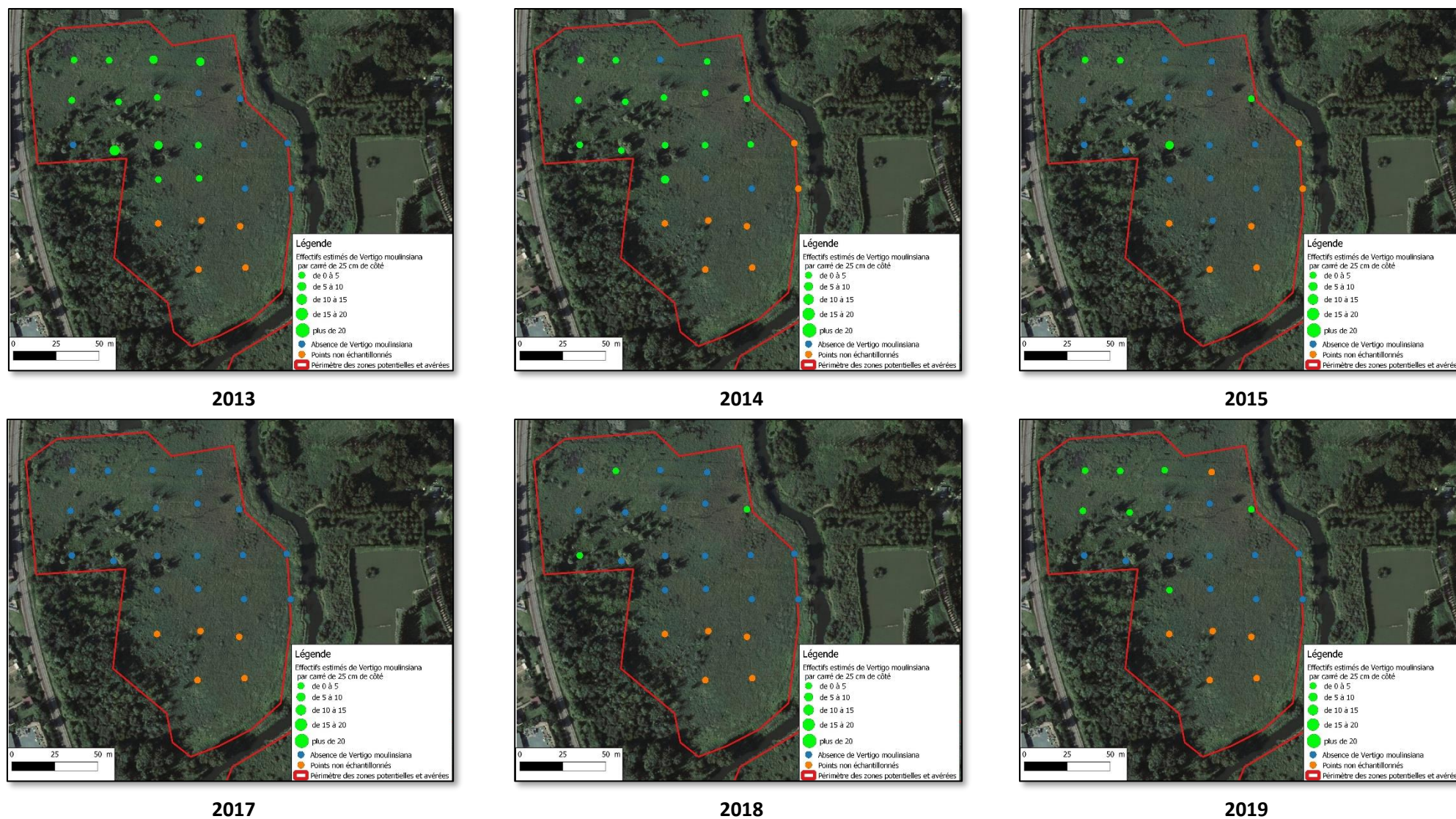


Figure 22 : Effectifs moyens estimés de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 8 et sur les années 2013, 2014, 2015, 2017, 2018 et 2019

ZP 9

La station ZP9 est une petite zone localisée le long d'une étendue d'eau très géométrique et rectiligne et en bordure est. En 2012 (VRIGNAUD 2013), l'espèce n'avait pas été repérée bien que son habitat ait été *a priori* favorable. Il avait été proposé d'effectuer une recherche assidue en cas de hausse préalable de la rivière avec l'hypothèse d'une colonisation par hydrochorie.

Depuis cette première étude (VRIGNAUD 2013), aucune prospection n'avait été menée. Celle effectuée en 2017 a révélé la présence sur un battage. Du fait qu'aucune recherche n'y ait été faite, il n'est pas possible de dégager de tendances significatives, mais tout porte à croire que le site était déjà occupé en 2012 et que les concentrations sur la végétation étaient trop faibles pour pouvoir être détectées, ou bien que l'inondation de 2016 a permis une colonisation (Tableau 13).

Curieusement, les observations furent faites au nord en 2018 (Figure 24) contrairement à 2017 où elles avaient été effectuées au sud (Figure 23). Cette situation est liée à une hétérogénéité du site. Mais en 2019, aucune observation n'a été effectuée.

Tableau 13 : Evolution des occurrences de *Vertigo moulinsiana* dans les battages de la végétation au fil des ans sur la station ZP 9

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de battages	0	0	0	0	18	18	18
Nombre de battages positifs	0	0	0	0	1	3	0
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	NA	NA	NA	NA	5,56%	16,67%	0,00%

*NA = données non disponibles



Figure 23 : Moyennes estimées de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 9 et sur l'année 2017

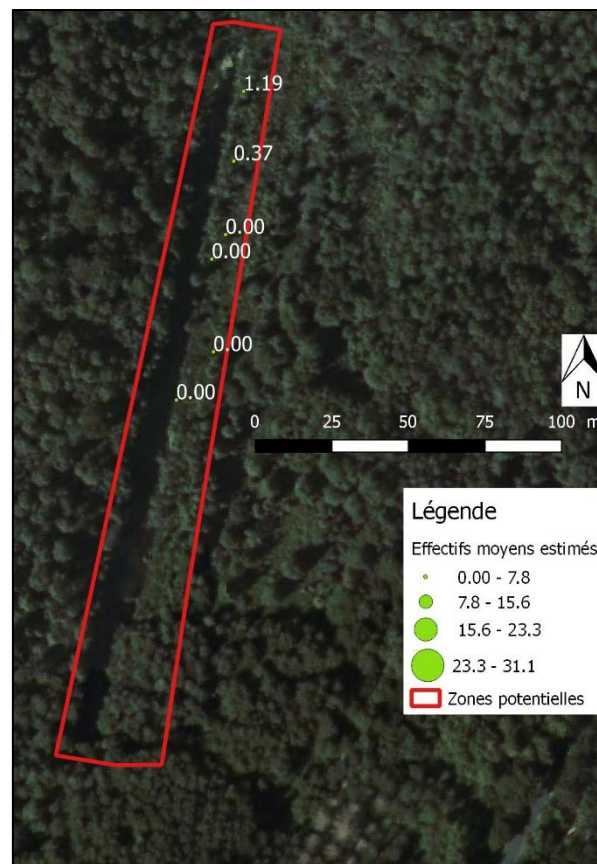


Figure 24 : Moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 9 et sur l'année 2018

3. Discussions

Les résultats liés à la méthode d'estimation des effectifs totaux pour un point de battage (incluant les individus situés sur la végétation et dans la litière) sont nettement différents du début de l'étude. En effet, les premiers résultats indiquaient que l'humidité occupait un rôle important dans la répartition verticale des individus. Mais, en raison de l'assèchement estival désormais récurrent, la variation de l'humidité est trop faible pour peser statistiquement. Cela explique pourquoi cette variable a été détrônée par les pourcentages de recouvrement par les *Carex elata* et *C. riparia* ainsi que la phénologie (indiquée par le nombre de jours depuis le début de l'année).

Depuis la première étude (2012) et le début du suivi en 2013, il n'y a pas eu d'interventions notables sur la zone d'étude (hormis la station ZP2 qui a fait l'objet d'un broyage méthodique). Les principaux changements constatés sont liés à l'humidité des sites. Cette humidité explique pour partie la présence de *Vertigo angustior* et très probablement celle de *Vertigo moulinsiana*. La période à laquelle les relevés sont faits (de fin-juillet à début-septembre) correspond à une phase très probablement critique pour la végétation mais pas forcément pour les populations de *Vertigo angustior* et *V. moulinsiana*. Il n'est pas à exclure que la période de stress maximale soit au printemps, lors de la reprise de dynamique des populations.

En 2013 et 2014, l'humidité semble avoir été constante sur les stations ZP3, ZP5 et ZP6. Depuis 2017, on constate une humidité relativement faible comparée à 2013 et 2014 sur la quasi-totalité des stations (à l'exception de ZP3).

Cette régression de l'humidité estivale, déjà pointée du doigt en 2013 (VRIGNAUD 2013), semble d'avantage être associée à une origine globale : variations météorologiques dans le cadre du réchauffement planétaire très probablement accentuées par des modifications hydrologiques locales (antérieures à l'étude) ayant un effet conjugué ou additionnel.

En 2019, il a été mentionné que « l'absence constatée (et en particulier en 2017) tant de *Vertigo angustior* que de *V. moulinsiana* sur certaines stations ne traduit pas forcément une disparition des espèces ». En effet, la pression d'échantillonnage ne semble pas suffisante pour détecter la présence de *Vertigo angustior*. Cette espèce n'a pas été trouvée dans les échantillons systématiques de 10 x 10 cm, mais elle a pourtant été trouvée dans des échantillons aléatoires de 25 x 25 cm. Cette espèce n'a donc pas disparu, mais elle a fortement régressé depuis les premières années de suivis (2013 et 2014). Une recolonisation pourrait être possible à l'issue de plusieurs années toutefois.

Les effectifs et les secteurs d'occurrence de *Vertigo moulinsiana* oscillent grandement. Mais ils restent faibles comparées aux 2 premières années du suivi (2013 et 2014). Par contre, les effectifs sont clairement à la baisse.

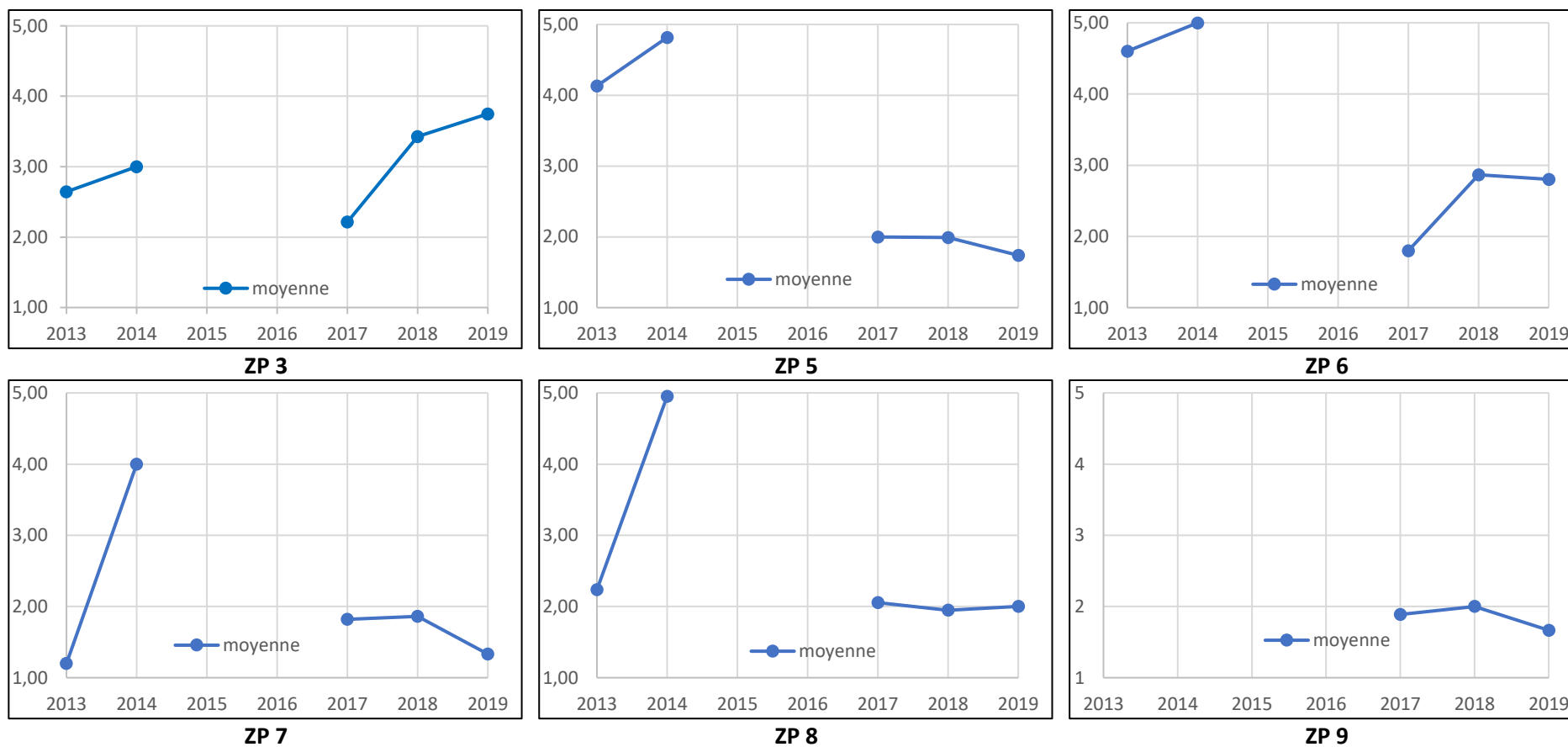


Figure 25 : Variation de l'humidité moyenne sur chacune des stations (l'intervalle de confiance, non représenté, oscille entre 0,02 et 0,00) suivant la classification de Killeen & Moorkens (2003)

Résumé

Le suivi des *Vertigo angustior* et *V. moulinsiana*, espèces annexées à la directive dite habitats-faune-flore a débuté en 2013 suite à une première étude de 2012 dressant un état des lieux. Depuis, et à l'exception de 2016, des échantillons de litières de 10*10 cm ont été récoltés, séchés et tamisés pour détecter *Vertigo angustior*. Pour *V. moulinsiana*, la végétation a été battue et les effectifs de la strate muscinale ont été modélisés grâce à un échantillonnage de plusieurs litières correspondantes. En outre, les critères de présence/absence ont été étudiés pour *V. angustior*.

A l'issue de cette 6^{ème} année effective de suivi, il a été constaté une régression globale des deux espèces depuis le début du suivi. *Vertigo moulinsiana* a marqué un net déclin en 2017, et 2019 reste à un niveau faible et est loin d'atteindre les niveaux de 2013 et 2014. *V. angustior* n'a pas été détecté en 2017 et 2018, ce qui fait suite à une régression amorcée plus tôt. Mais il a été trouvé dans le cadre de l'échantillonnage aléatoire de la litière sur des carrés de 25 cm de côté. Cette découverte confirme la sous-détection de l'échantillonnage systématique de la litière sur des carrés de 10 x 10 cm. Par ailleurs, elle nous informe aussi de la non-disparition de l'espèce sur la station ZP 5 réfutant l'hypothèse selon laquelle l'espèce pouvait probablement être considérée comme disparue de cette station.

Le niveau d'humidité estivale explique à hauteur de 10 % la présence/absence de *Vertigo angustior*. Une mise en perspective de ce critère révèle un assèchement parfois conséquent (cas des stations ZP 5 et ZP 6). Cette accentuation du stress hydrique à une période clef (été) semble être liée à des changements hydrologiques globaux (variations météorologiques dans le cadre du changement global) additionnée peut être d'une vulnérabilité accrue du milieu.

Références bibliographiques

- AUSDEN M., HALL M., PEARSON P. & STRUDWICK T., 2005 – The effects of cattle grazing on tall-herb fen vegetation and molluscs. *Biological Conservation*, 122: 317-326.
- BIOTOPE & Parc Naturel Régional du Gâtinais Français, 2009. Document d'objectifs du site Natura 2000 FR1100799 "Haute vallée de l'Essonne". Tome 1 : diagnostic écologique et socio-économique : 164 pages + annexes ; tome 2 : programme d'actions : 98 pages + annexes.
- CUTTELOD A., SEDDON M. & NEUBERT E., 2011. European Red List of Non-marine Molluscs. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 47pages + annexes.
- KILLEEN I.J. & MOORKENS E.A., 2003 – Monitoring Desmoulin's Whorl Snail, *Vertigo moulinsiana*. Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 6, English Nature, Peterborough.
- VINCENT B. 2015a — Suivi des populations de Vertigo de Des Moulins et de Vertigo étroit dans le site Natura 2000 de la Haute vallée de l'Essonne. Année 2. Rapport pour le PNR du Gâtinais français. 18 pages + annexes.
- VINCENT B. 2015b — Suivi des populations de Vertigo de Des Moulins et de Vertigo étroit dans le site Natura 2000 de la Haute vallée de l'Essonne. Année 3. Rapport pour le PNR du Gâtinais français. 30 pages + annexes.
- VRIGNAUD S., 2013 - Le Vertigo de Des Moulins *Vertigo moulinsiana* (Dupuy, 1849) et le Vertigo étroit *Vertigo angustior* Jeffreys, 1830 dans le site Natura 2000 de la Haute vallée de l'Essonne (FR1100799) (département de l'Essonne et de la Seine-et-Marne). Rapport pour le PNR du Gâtinais français. 50 pages + annexes.
- VRIGNAUD S, 2014. Suivi des populations du Vertigo de Des Moulins et du Vertigo étroit dans le site Natura 2000 de la Haute vallée de l'Essonne. Année 1. Rapport pour le PNR du Gâtinais français. 22 pages + annexes.
- VRIGNAUD S, 2018. Suivi des populations du Vertigo de Des Moulins et du Vertigo étroit dans le site Natura 2000 de la Haute vallée de l'Essonne. Année 4 (2017). Rapport pour le PNR du Gâtinais français. 42 pages + annexes.
- VRIGNAUD S, 2019. Suivi des populations du Vertigo de Des Moulins et du Vertigo étroit dans le site Natura 2000 de la Haute vallée de l'Essonne. Année 5 (2018). Rapport pour le PNR du Gâtinais français. 41 pages + annexes.

Annexe 1 : modèles prédictifs (modèle linéaire généralisé binomial en présence/absence) de la probabilité de présence de *Vertigo angustior* sur une échelle logistique

Modèle	Ordonnée à l'origine	Coefficient directeur de la pente	Probabilité	AIC	Pourcentage de variance expliquée
Humidité	-4,2844	0,6855	0,0075	66,24	10,05
Compacité	-3,4195	0,4223	0,3540	55,42	1,58
Nature de la litière (proportion de graminifères)	-2,7320	0,1671	0,8445	61,00	0,06
Hauteur de la litière	-2,5438	-0,0247	0,6760	56,05	3,64
Recouvrement en <i>Carex elata / riparia</i>	-2,3372	-0,0516	0,2200	53,39	5,46
Recouvrement en <i>Phragmites australis</i>	-3,0004	0,0053	0,6687	56,05	0,36
Hauteur compacte de la strate herbacée	-1,4433	-0,9143	0,3030	49,46	2,15
Nombre d'arbres xérophiles dans un rayon de 10 m	-2,6973	-0,0027	0,9880	56,24	0,00
Nombre d'arbres mésophiles dans un rayon de 10 m	-2,7329	0,0366	0,8630	56,21	0,06
Nombre d'arbres hygrophiles dans un rayon de 10 m	-2,7104	0,0037	0,9680	56,24	0,00
Nombre total d'arbres dans un rayon de 10 m	-2,7235	0,0054	0,9380	56,23	0,01

Annexe 2 : échantillons comportant des *Vertigo moulinsiana* adultes (sur la végétation et/ou dans la litière)

Sur la végétation	Dans la litière
20	3
17	2
12	0
8	2
4	7
3	2
3	1
3	0
3	0
3	0
3	0
3	0
2	3
2	1
2	1
2	1
2	0
2	0
1	5
1	5
1	3
1	2
1	2
1	2
1	2
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	0
1	0
1	0
1	0
1	0
1	0
1	0
0	10
0	3

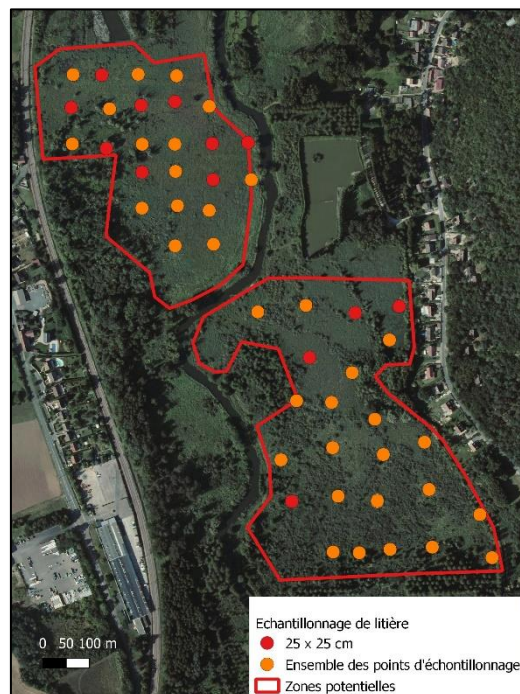
Suivi des Vertigos de Des Moulins et étroit sur le site natura 2000 « Haute vallée de l'Essonne »
Année 6 (2019)

0	3
0	2
0	2
0	2
0	2
0	2
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1

Annexe 3 : localisation des tirages aléatoires des litières de 25 x 25 cm



Localisation des échantillonnages de litières aléatoires de 25 x 25 cm sur les stations ZP 5 et ZP 6



Localisation des échantillonnages de litières aléatoires de 25 x 25 cm sur les stations ZP 7 et ZP 8



Localisation des échantillonnages de litières aléatoires de 25 x 25 cm sur la station ZP 9

Annexe 4 : Liste des espèces accompagnatrices de *Vertigo angustior*

(Carré de 25 x 25 cm, sur la végétation et au niveau de la litière)

Technique	Espèces	Etat de fraîcheur	Stade de développement	ZP5_9	ZP5_8
Battage	<i>Cepaea</i> sp.	Récent	juvénile	1	1
	<i>Vertigo moulinsiana</i>	Récent	adulte	0	1
Echantillonnage de litière (25 x 25 cm)	<i>Carychium minimum</i>	Ancien	adulte	1	0
	<i>Carychium minimum</i>	Récent	juvénile	1	0
	<i>Carychium minimum</i>	Récent	adulte	1	1
	<i>Cochlicopa lubricella</i>	Récent	juvénile	3	1
	<i>Discus rotundatus</i>	Ancien	juvénile	0	1
	<i>Euconulus praticola</i>	Ancien	adulte	0	1
	<i>Euconulus praticola</i>	Récent	juvénile	1	7
	<i>Euconulus praticola</i>	Récent	adulte	1	0
	<i>Galba truncatula</i>	Récent	juvénile	1	0
	<i>Nesovitrea hammonis</i>	Récent	juvénile	3	2
	<i>Vertigo angustior</i>	Récent	juvénile	0	3
	<i>Vertigo angustior</i>	Récent	adulte	1	2
	<i>Vertigo moulinsiana</i>	Récent	adulte	0	1
	<i>Vitrea crystallina</i>	Récent	juvénile	0	2
<i>Zonitoides nitidus</i>	Récent	juvénile	0	2	