

Mars 2019

Sylvain VRIGNAUD – 7, Clos Joseph Laurent
03000 Neuvy
tél : 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.....	15
2. Résultats	15
2.1. Vertigo étroit	15
2.1.1. Résultats globaux.....	15
2.1.2. Résultats par zones potentielles et avérés.....	16
2.2. Vertigo de Des Moulins	22
2.2.1. Résultats globaux.....	22
2.2.2. Résultats par zones potentielles ou avérées.....	22
3. Discussions	37
Résumé.....	40
Références bibliographiques.....	41
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	42
Annexe 2 : Annexe 2 : Précipitations mensuelles de Melun (77)	43
Annexe 3 : données brutes de <i>Vertigo moulinsiana</i> (adultes lors du battage)	44
Annexe 4 : données brutes de <i>Vertigo angustior</i> (individus frais dans l'échantillonnage de litière de 10 x 10 cm)	54

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 pas d'autres localités où l'espèce soit 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 la population la plus importante d'Île-de-France (voire plus). Qui plus est, et comme nous l'avons vu plus haut, la Haute vallée de l'Essonne est l'unique localité actuellement connue 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 attachée une importance suprarégionale.

Quatre années de suivi ont déjà eu lieu en 2013 (VRIGNAUD 2013), 2014 (VINCENT 2015a), 2015 (VINCENT 2015b) et 2017 (VRIGNAUD 2018). 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).

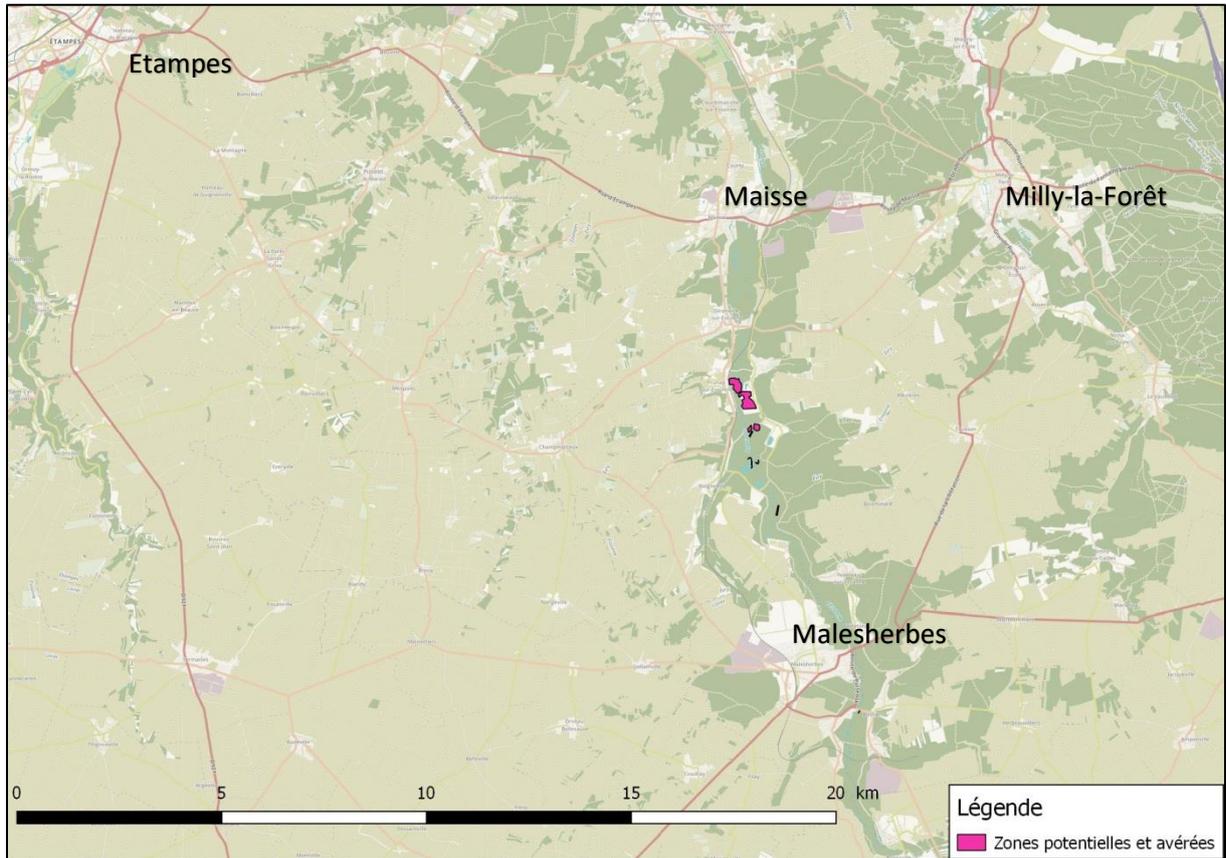


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

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 ». En effet, les vertigos de Des Moulins et étroit avaient été trouvés dans certains secteurs et fortement suspectés sur d'autres (cf. 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

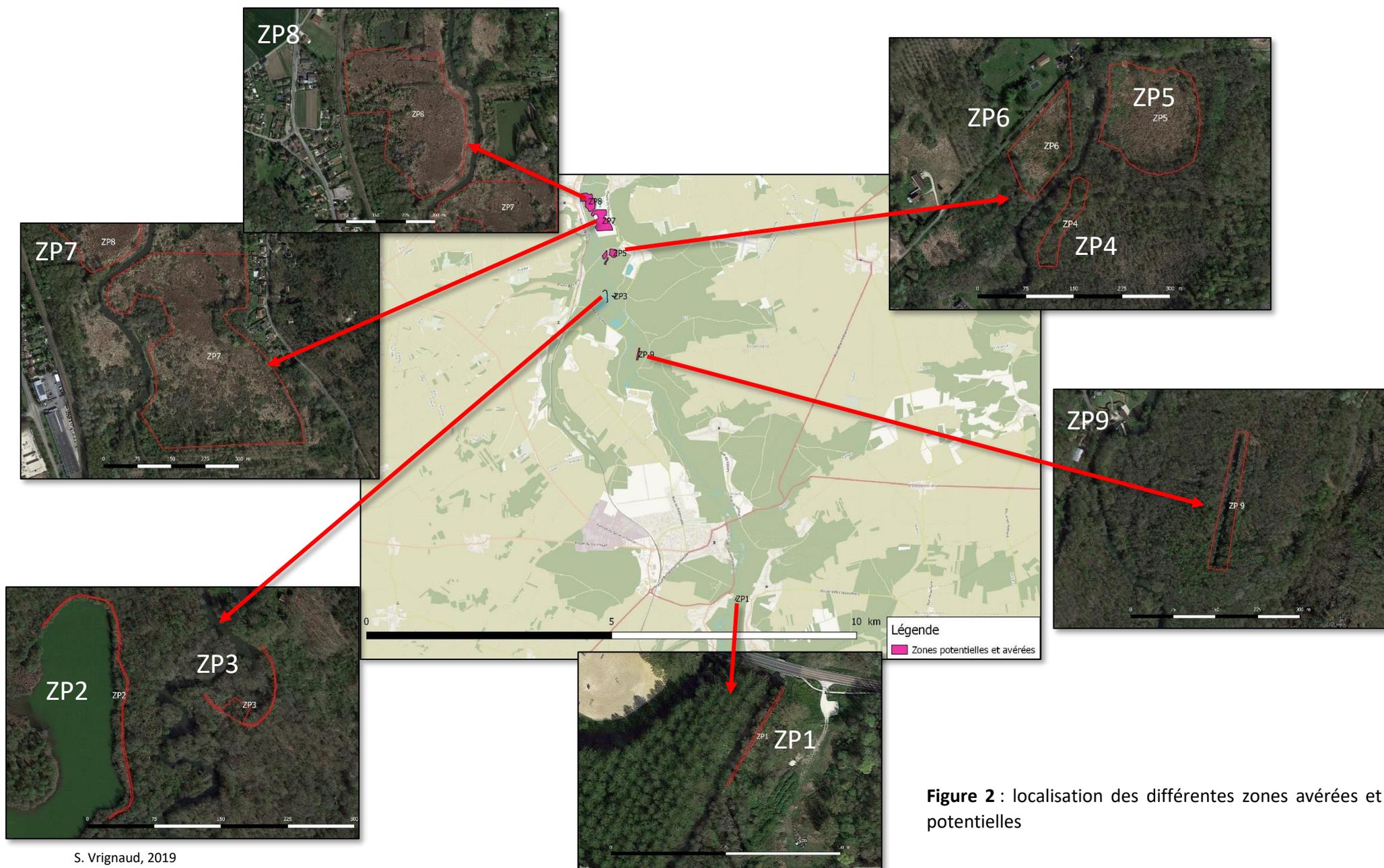


Figure 2 : localisation des différentes zones avérées et potentielles

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 13 au 16 août 2018 par Sylvain VRIGNAUD. Les conditions météorologiques étaient relativement favorables (pas de pluie à l'exception du 13/08/2018, une averse lors de la pause méridienne). Elles ont toutes été menées alors que la végétation était sèche. Le 13/08/2018, les recherches ont été menées avec l'aide de Nicolas FOLLIOU.

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) (cf. figure n°2). Les cartes suivantes (figures n°3 et n°4) localisent les points de prélèvements de litière (carré de 10 X 10 cm). La pression d'échantillonnage est synthétisée dans le tableau suivant (cf. tableau n°2).

Tableau n°2 : Pression d'échantillonnage pour *Vertigo angustior*

Station	Surface	Ecartement entre les points	Nombre de prélèvement	1 prélèvement pour ...
ZP 5	2 ha	20 m	39	1 pour 512 m ²
ZP 7	11 ha	60 m	22	1 pour 5 000 m ²

Ce sont donc 61 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

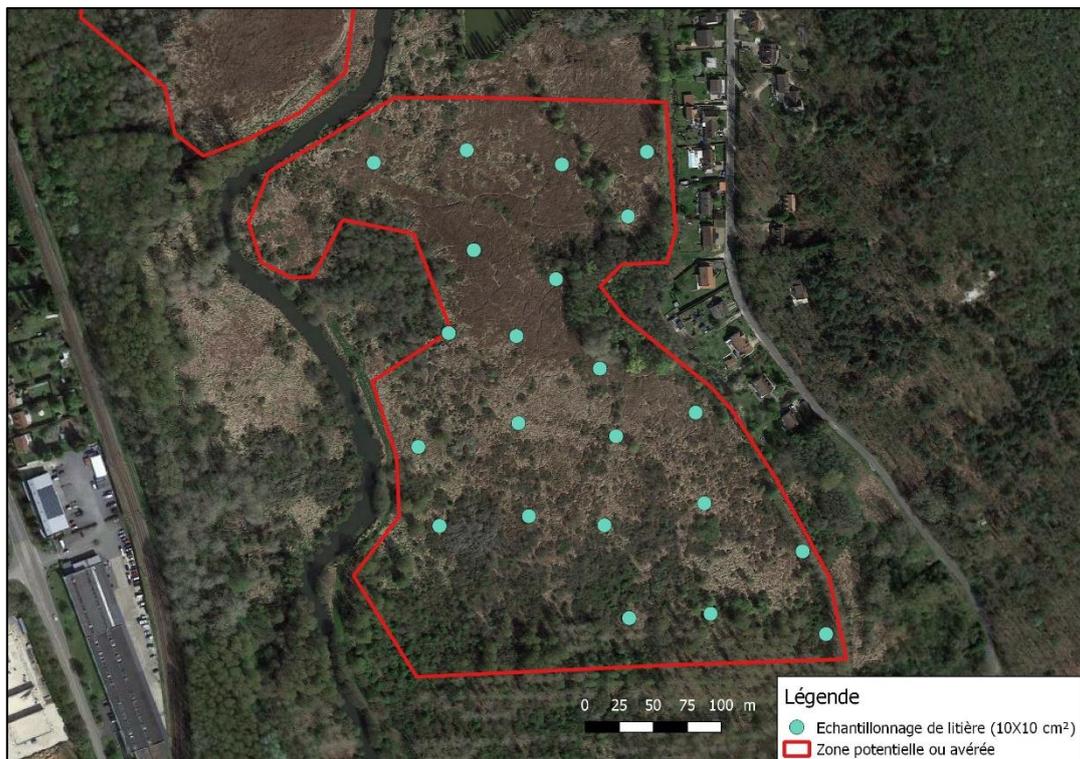


Figure 4 : localisation de l'échantillonnage de litière pour la recherche de *Vertigo angustior* (carrés de 10X10 cm²) – station ZP7

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 (cf. figures n°5 et n°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).

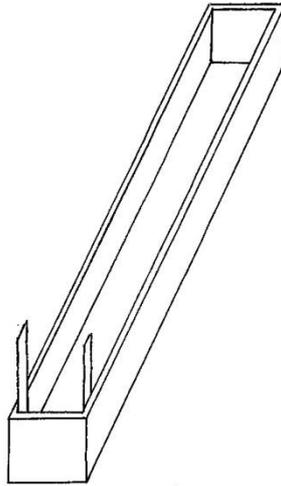
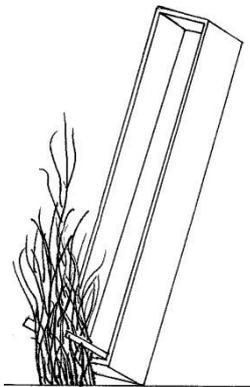
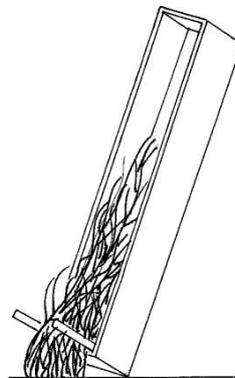


Figure n°5 : bac de battage de la végétation (quadra de 25 X 25 cm)

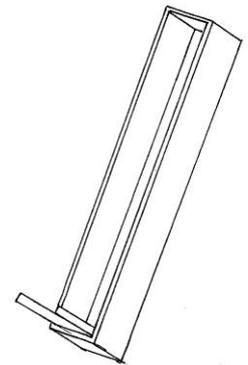


Etape 1 : séparation de la végétation contenue dans le quadra

Etape 2 : recherche à vue dans les premiers centimètres



Etape 3 : plaquage de la végétation dans le bac et battage



Etape 4 : identification et comptage des coquilles

Figure n°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 38 échantillons tirés aléatoirement. 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).

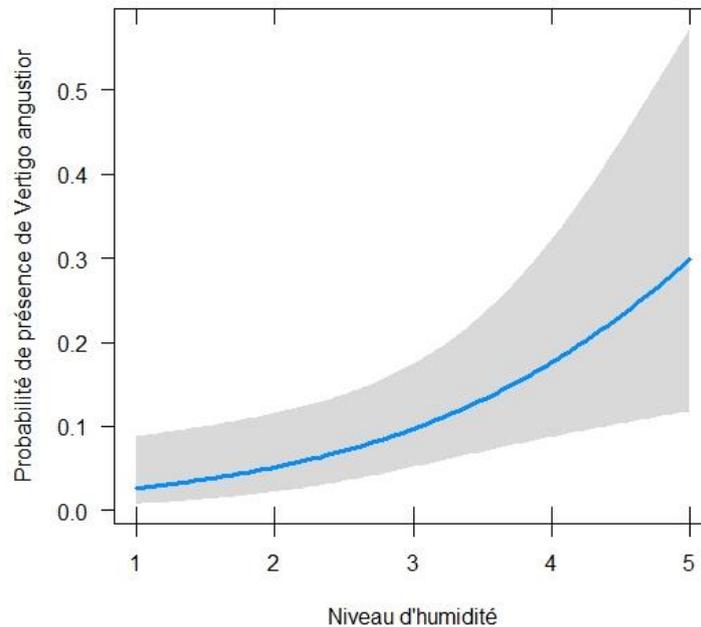


Figure 7 : représentation graphique de la probabilité de présence du *Vertigo angustior* en fonction de l'humidité (glm binomial, $p = 0,00751$; pourcentage de variance expliquée = 10,05 %)

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 H_0). 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 (cf. figure 8).

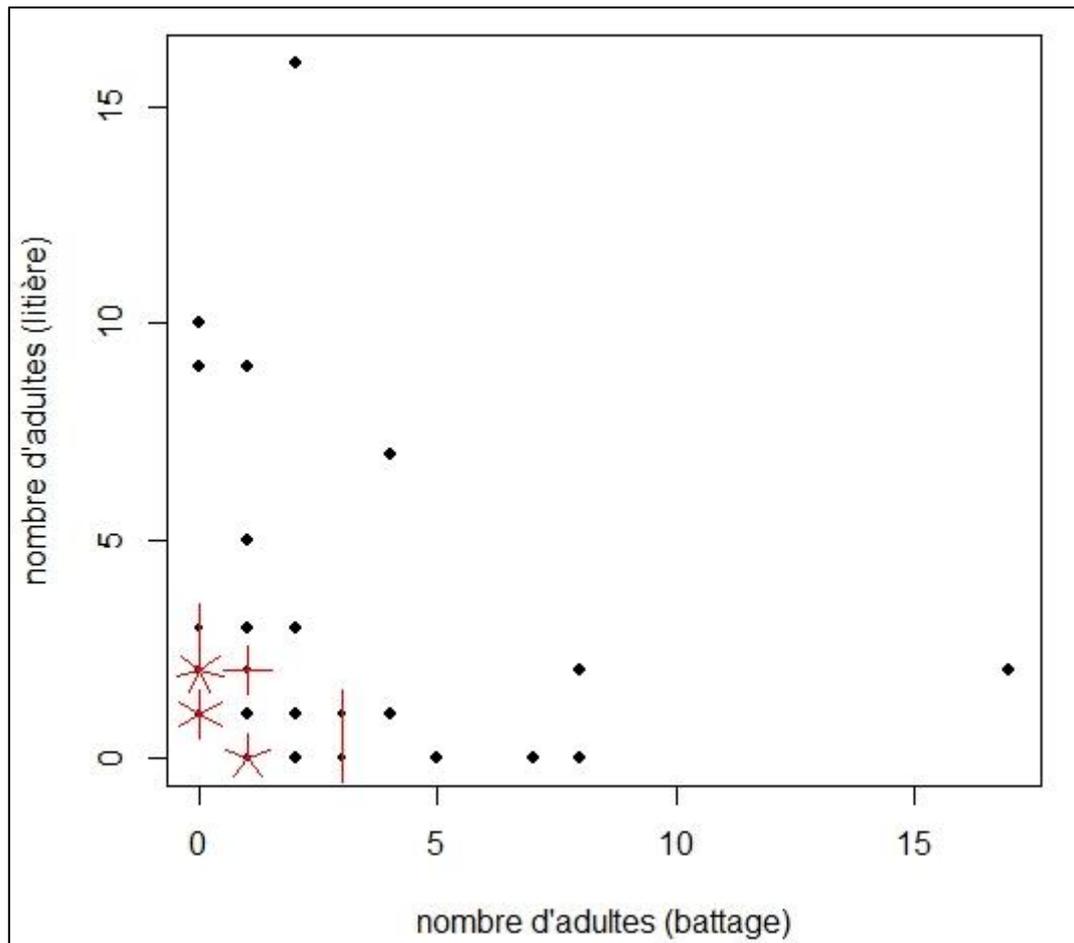


Figure 8 : diagramme en tournesol du nombre d'adultes récents de *Vertigo moulinsiana* au niveau de la litière en fonction du nombre d'adultes sur la végétation

Graphiquement, il ressort que les individus sont soit sur la végétation, soit au niveau de la litière. Par ailleurs, il n'existe pas de relation linéaire entre les individus de la végétation et ceux de la litière.

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).

L'analyse du ratio révèle qu'il n'est pas de 1 : 1 entre les deux compartiments ($p = 0,295$).

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 (cf. tableau 3). 62 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

Modèle	Intercept	β	Années
Modèle nul (~1)	0,130 ± 0,124	-	2014 et 2015
+ Recouvrement en <i>Carex elata</i> / <i>riparia</i>	-1,113 ± 0,197	0,048 ± 0,006	2013, 2017 et 2018

Ainsi, pour le modèle nul, le nombre total d'individus (y) se calcule de la façon suivante (années 2014 et 2015) :

$$y = \frac{x}{0,532} \quad \text{Equation n°2}$$

Avec x = nombre d'individus adultes trouvés lors du battage de la végétation (le dénominateur a été ramené à une échelle naturelle).

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

$$y = \frac{x}{\frac{e^{(0,048 \times A - 1,113)}}{1 + e^{(0,048 \times A - 1,113)}}} \quad \text{Equation n°3}$$

Avec x = nombre d'individus adultes trouvés lors du battage de la végétation et A = pourcentage de recouvrement en *Carex elata* / *riparia*.

Cette technique a donc permis d'estimer la population totale pour chaque battage. Cela facilite ainsi une comparaison inter-annuelle 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 2018, les nouveaux effectifs observés et estimés ne permettent pas de dégager des tendances linéaires. Aussi, aucune linéarité n'a été recherchée.

L'appréciation du préférendum écologique de *Vertigo moulinsiana* nécessite les manipulations des données suivantes :

- Tirage aléatoire de n (de l'ordre de 50) valeurs dans une distribution log-normale définie par la moyenne et les bornes de l'intervalle de confiance des effectifs estimés (sur la végétation et au niveau de la litière) pour chaque carré de chaque point sur chacune des stations ;
- Additions de chacune des valeurs des carrés pour chaque point et test de l'autocorrélation géographique et temporelle par l'indice de Moran ;

- Elaboration de modèle mixte avec comme variable aléatoire les carrés et éventuellement le point d'échantillonnage ou l'année suivant les résultats de l'étape précédente en testant des variables météorologiques (comme celles figurant en annexe 2).

En outre, en raison de l'inflation de zéro dans les relevés (relevés sans *Vertigo moulinsiana*), une recherche de la meilleure modélisation devra être effectuée (occurrence, zip, hurdle model...).

Ces manipulations de données sont particulièrement laborieuses et complexes. De même, elles reposent sur une modélisation du rapport individus sur la végétation / individus dans la litière non encore stabilisée. Aussi, il est proposé d'effectuer ces calculs fastidieux en dernières années afin de mettre pleinement à profit ce travail. Les variables potentiellement explicatives alors testées seront génériques à tous les points (hauteur de végétation, humidité, nature de la végétation...). Quant aux variables météorologiques (précipitations, température...), elles seront spécifiques à chaque point.

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 affectera très certainement la significativité des tendances observées. En effet, cette lacune augmente l'incertitude des modèles des densités ou des occurrences en fonction des années.

2. Résultats

2.1. *Vertigo étroit*

2.1.1. Résultats globaux

Bien que cela ne soit pas représentatif au seuil de 5 %, une sévère diminution des occurrences est constatée au cours des ans et en particulier sur la station ZP5. Aucune diminution significative de la probabilité de présence n'a été constatée sur les points d'échantillonnage, mais la faible humidité indique une régression des conditions d'habitats.

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	Ordonnée à l'origine (\pm intervalle de confiance)	Coefficient directeur de la pente (\pm intervalle de confiance)	Probabilité
ZP5	4 sur 13	2 sur 9	1 sur 22	NA	0 sur 39	0 sur 44	12 522 \pm 3 274	-6,21 \pm 1,63	0,032
	30,77 %	22,22 %	4,55 %	NA	0,00 %	0,00 %			
ZP7	3 sur 22	4 sur 7	0 sur 12	NA	0 sur 22	0 sur 25	10 878 \pm 8 344	-5,39 \pm 4,014	0,284
	13,64 %	42,86 %	0,00 %	NA	0,00 %	0,00 %			
ZP8	NA	NA	0 sur 5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	NA	NA	0,00 %	NA	NA	NA			

2.1.2. Résultats par zones potentielles et avérés

La problématique de *Vertigo angustior* peut être abordée de deux façons : par la présence/absence et par la probabilité de présence.

Dans le premier cas, les figures présentées ci-dessous 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). C'est pourquoi, l'approche par probabilité de présence en fonction de l'habitat permet une meilleure appréhension de la répartition de l'espèce. En effet, le principal critère identifié expliquant la présence de l'espèce est l'humidité qui répond à une échelle supérieure à celle de l'échantillonnage et permet donc de lisser le biais lié à la difficulté de rééchantillonner exactement le même point d'une année sur l'autre.

ZP 5



Figure 9



Figure 10



Figure 11



Figure 12

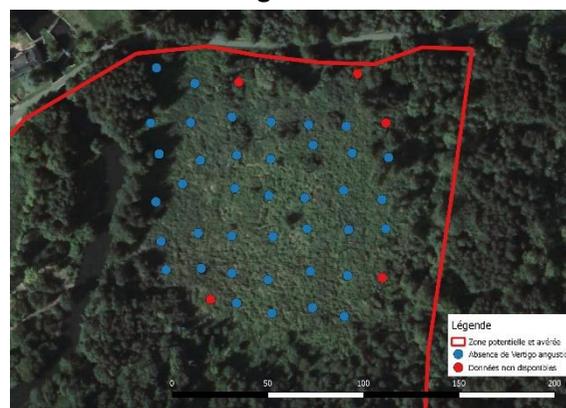


Figure 13

Figures 9 à 13 : occurrences de *Vertigo angustior* en fonction des années (2013, 2014, 2015, 2017 et 2018) sur la station ZP5

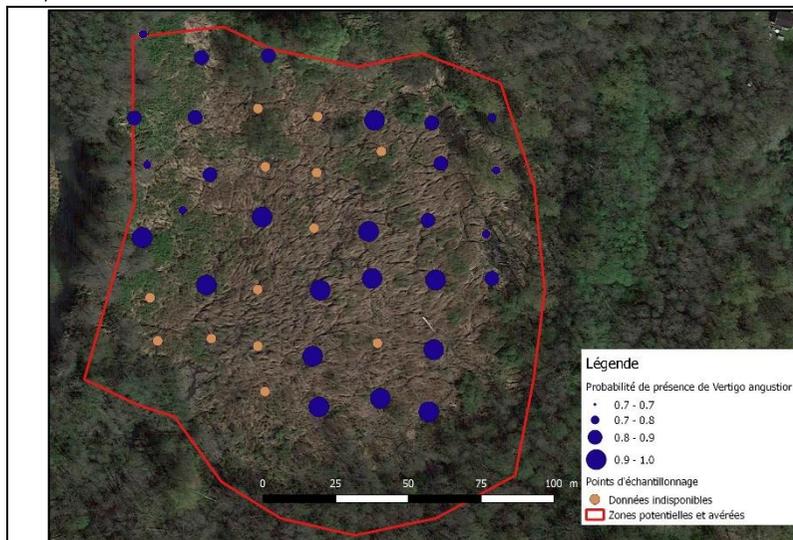


Figure 14

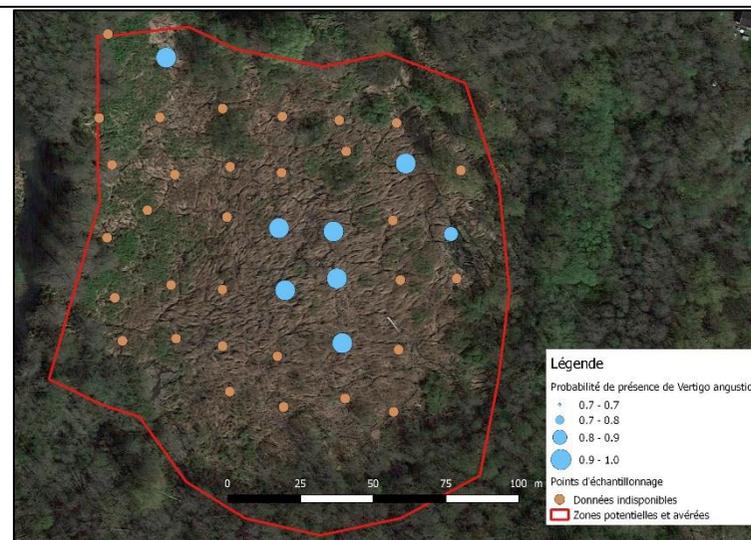


Figure 15

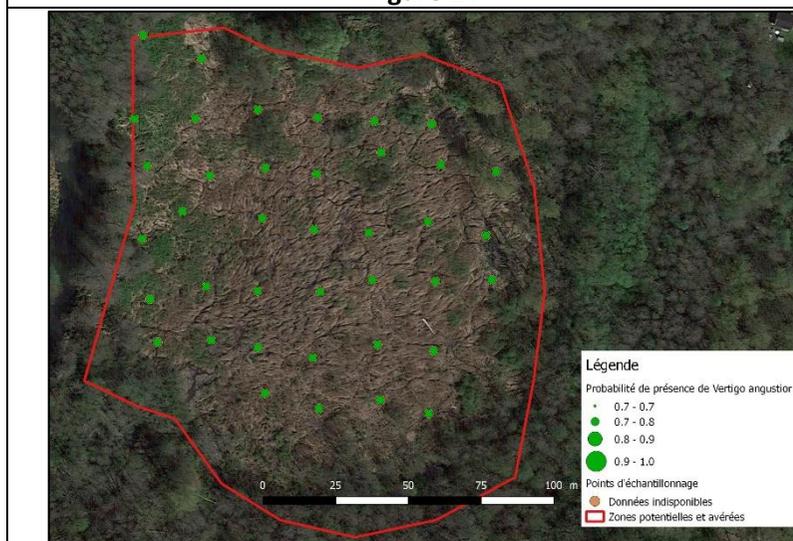


Figure 16

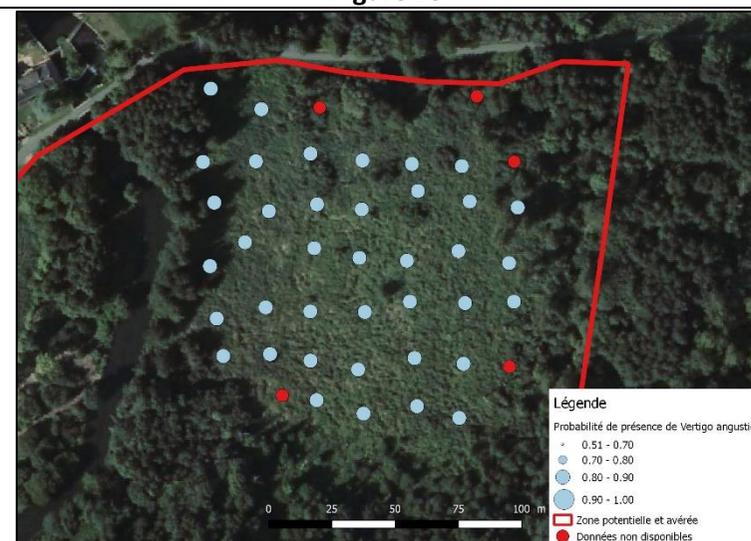


Figure 17

Figures 14 à 17 : variation de la probabilité de présence de *Vertigo angustior* (en fonction de l'humidité) sur la station ZP5 en 2013, 2014, 2017 et 2018

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 est à noter qu'aucune tendance significative n'a été dégagée quant à la probabilité de présence de l'espèce au fil des ans mais elle a sensiblement diminué sur l'ensemble de la station jusqu'en 2017 (figures 14 à 16). En 2018, la probabilité de présence avait à nouveau augmenté (figure 17).

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, 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 18

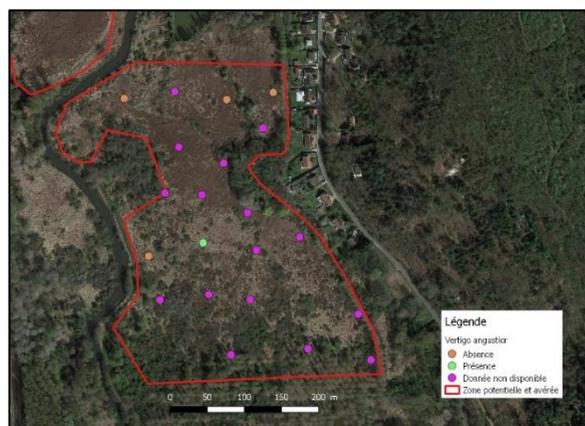


Figure 19

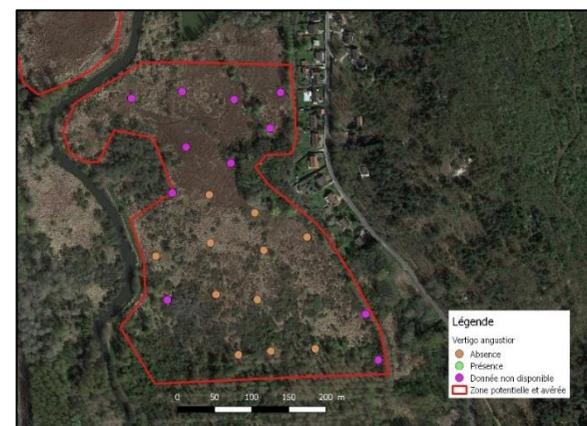


Figure 20

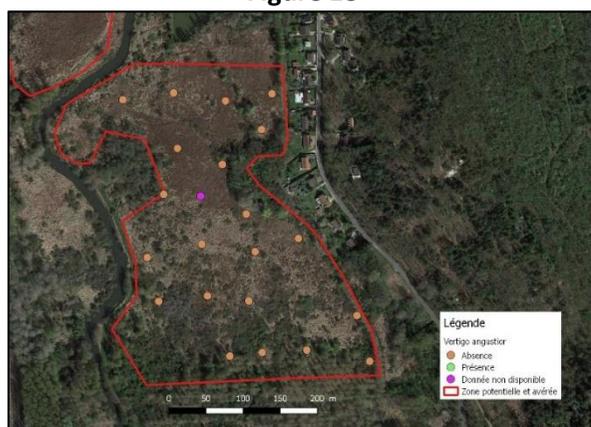


Figure 21



Figure 22

Figures 18 à 22 : occurrences de *Vertigo angustior* en fonction des années (2013, 2014, 2015, 2017 et 2018) sur la station ZP7

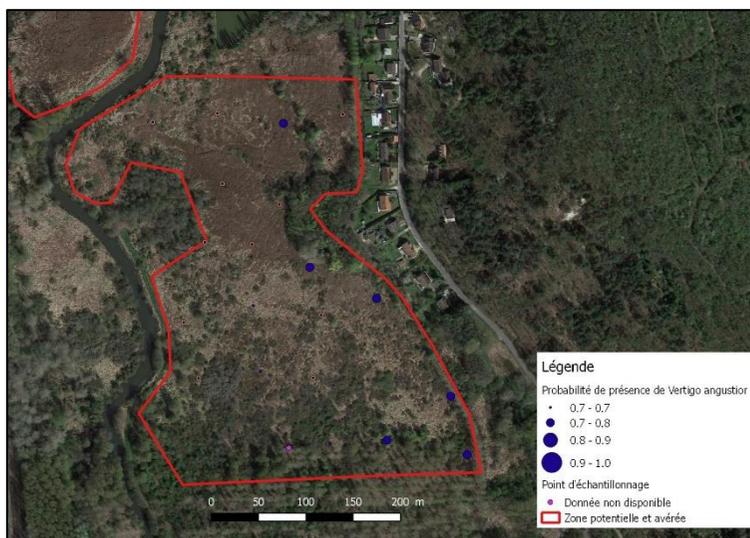


Figure 23



Figure 24

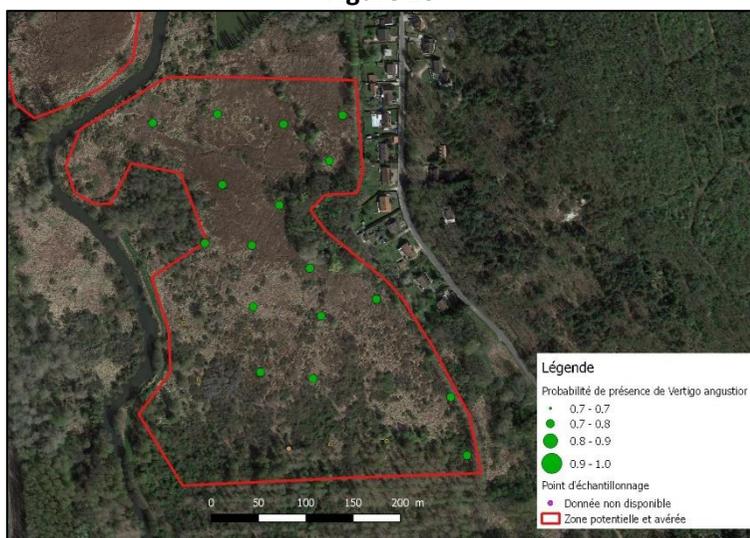


Figure 25

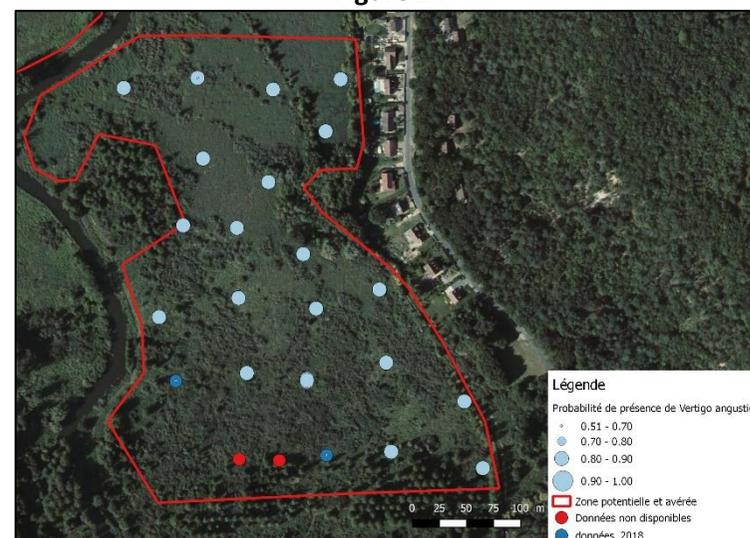


Figure 26

Figures 23 à 26 : variation de la probabilité de présence de *Vertigo angustior* (en fonction de l'humidité) sur la station ZP7 en 2013, 2014, 2017 et 2018

2.2. Vertigo de Des Moulins

2.2.1. Résultats globaux

En matière d'occurrence, après une année 2017 très mauvaise, 2018 atteint le niveau de 2013 et se rapproche de 2014 et 2015. Aucune tendance significative se dessine ($p=0,518$).

Tableau 5 : évolution 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
Nombre de battages	286	207	263	0	399	321
Nombre de battages avec <i>V. moulinsiana</i>	83	105	150	0	83	99
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%

*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 attestent d'une constance relative tant des occurrences que des concentrations (tableau 6 et figures 27 à 29). 2018 n'a révélé la présence que de deux individus dans 2 des 4 battages. Ainsi, l'occurrence et la densité ont régressé sur cette station cette année-là.

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).

Tableau 6 : évolution 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
Nombre de battages	0	2	0	0	4	4
Nombre de battages avec <i>V. moulinsiana</i>	0	2	0	0	4	2
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%

*NA = données non disponibles



Figure 27

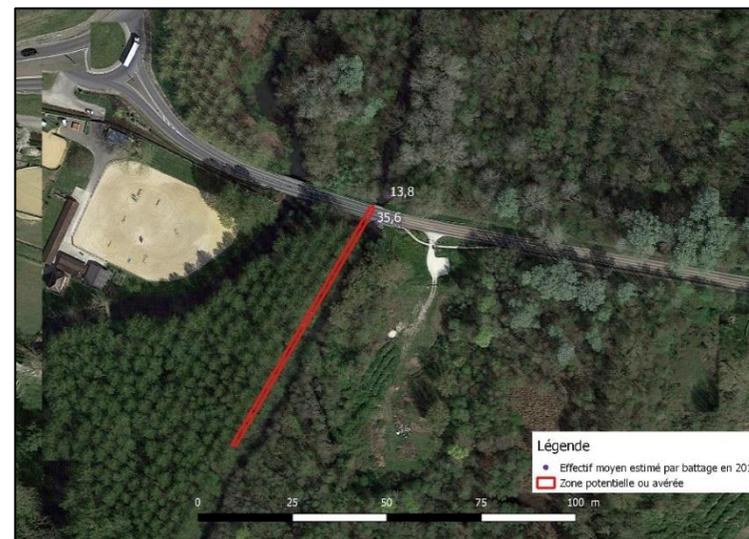


Figure 28



Figure 29

Figure 27 : effectifs estimés de la station ZP1 en 2014
Figure 28 : effectifs estimés de la station ZP1 en 2017
Figure 29 : effectifs estimés de la station ZP1 en 2018

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 sur cette station.



Figure 30 : 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)

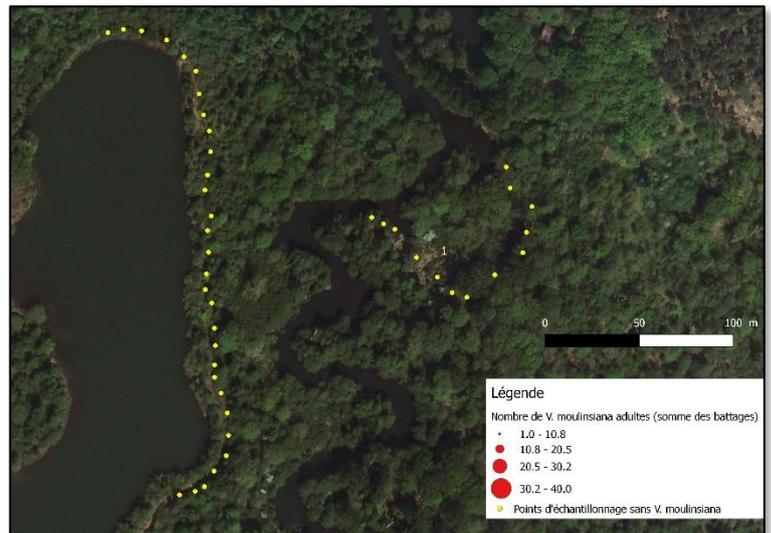


Figure 31 : localisation des différents points d'échantillonnage sur les stations ZP 2 et ZP 3 ; aucun battage n'a révélé la présence de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 2 (pour la station ZP 3, cf. ci-dessous).

Tableau 7 : évolution 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
Nombre de battages	0	0	0	0	108	0
Nombre de battages positifs	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 = 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.

Les occurrences y sont très variables mais ne présentent pas de tendances significatives (glm, $p = 0,229$) (tableau 8). De même aucune tendance ne se dessine concernant les effectifs (figures 32 à 36).

Tableau 8 : évolution 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
Nombre de battages	14	14	14	0	14	14
Nombre de battages positifs	5	9	11	0	1	1
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	35,71%	64,29%	78,57%	NA	7,14%	7,14%

*NA = données non disponibles



Figure 32



Figure 33



Figure 34



Figure 35



Figure 36

Figure 32 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2013
 Figure 33 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2014
 Figure 34 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2015
 Figure 35 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2017
 Figure 36 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2018

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 9). En 2014, cette station était inondée et donc inaccessible. En 2017 et 2018, 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 37).

Tableau 9 : évolution 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
Nombre de battages	2	0	3	0	0	0
Nombre de battages positifs	0	0	3	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 = données non disponibles

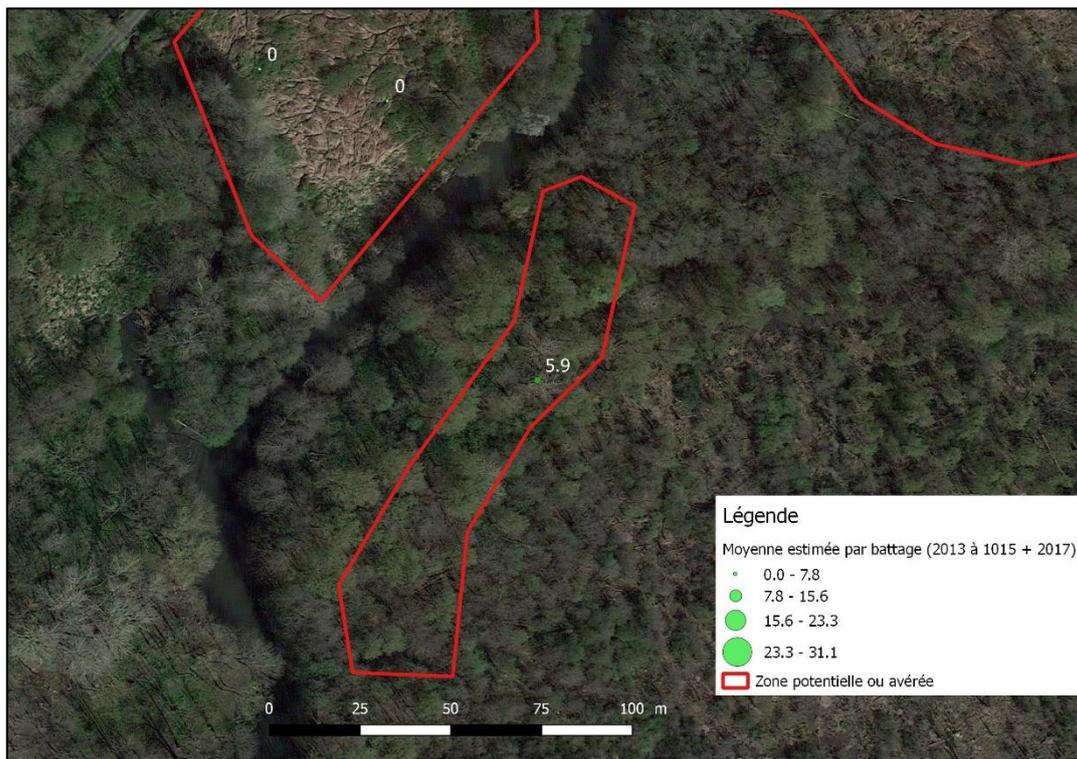


Figure 37 : moyenne des effectifs estimés de *Vertigo moulinsiana* sur 2013 à 2015 et 2017, 2018 et sur la station ZP 4

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 stagnantes (glm, $p = 0,208$) (tableau 10). 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 (figures 38 à 43). En 2018, il semble se dessiner une redynamisation de la population centrale.

Ces déplacements sont pour l'heure inexplicables précisément. Ils sont probablement le fruit d'un changement de végétation et/ou de modifications hygrométriques. Une exploitation des conditions habituelles poussée en fin de suivi permettra de mieux comprendre le phénomène.

Tableau 10 : évolution 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
Nombre de battages	126	123	117	0	117	117
Nombre de battages positifs	48	41	77	0	64	70
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	38,10%	33,33%	65,81%	NA	54,70%	59,83%

*NA = données non disponibles



Figure 38



Figure 39



Figure 40



Figure 41

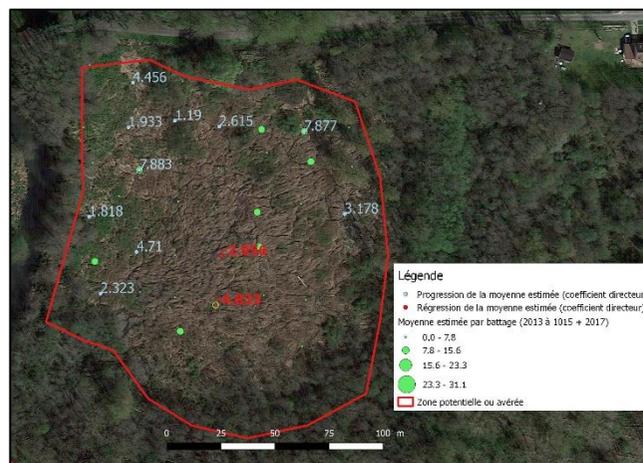


Figure 42

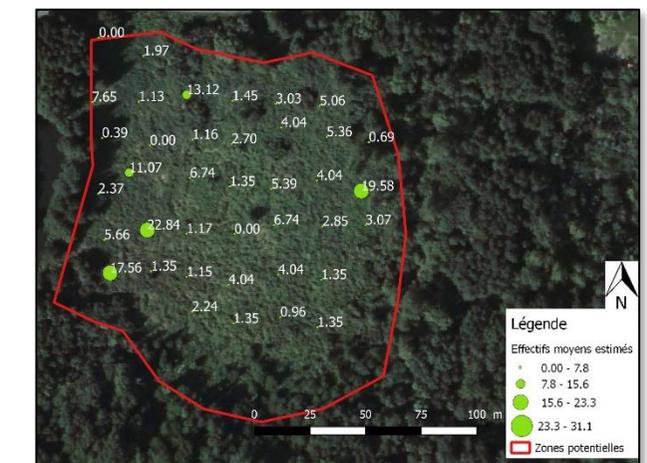


Figure 43

Figures 38 à 41 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 5 et sur les années 2013, 2014, 2015 et 2017
Figure 42 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* par battage sur les années du suivi et tendances significatives
Figures 43 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 5 et pour 2018

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 (glm, $p = 0,657$) (tableau 11). En outre, une progression vers le sud-est a pu être constatée. De même, les concentrations observées en 2018 sont supérieures à celles de 2017 sans qu'il y ait de progressions significatives sur l'ensemble du suivi (figures 44 à 48).

Tableau 11 : évolution 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
Nombre de battages	15	15	12	0	15	15
Nombre de battages positifs	5	6	5	0	2	6
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	33,33%	40,00 %	41,67 %	NA	13,33%	40,00 %

*NA = données non disponibles



Figure 44



Figure 45



Figure 46



Figure 47

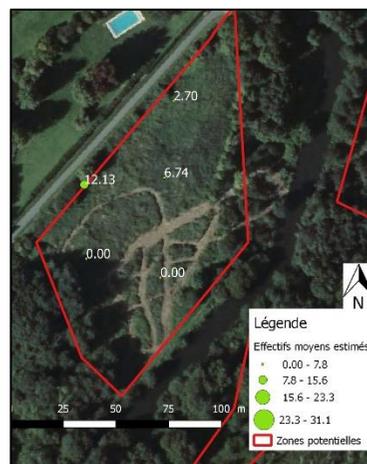


Figure 48

Figures 44 à 48 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 6 et sur les années 2013, 2014, 2015, 2017 et 2018

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), mais sans tendances significatives (glm, $p = 0,826$) (tableau 12). Les densités sont en moyenne faibles sur la durée du suivi, à l'exception d'un point situé en position centrale (figures 49 à 53). Il en est de même en 2018 avec une population établie en position centrale et une réapparition au sud-est. Le nord, quant à lui, est encore délaissé.

Tableau 12 : évolution 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
Nombre de battages	72	72	63	0	66	66
Nombre de battages positifs	0	17	35	0	11	13
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	0,00%	23,61%	55,55%	NA	16,67%	19,70%

*NA = données non disponibles



Figure 49



Figure 50



Figure 51



Figure 52

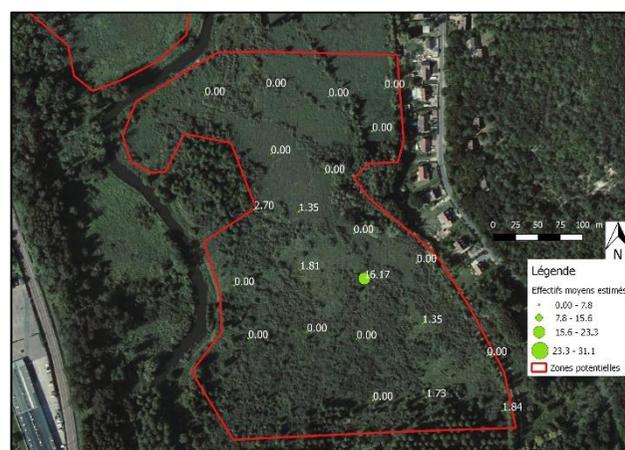


Figure 53

Figures 49 à 53 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 7 et sur les années 2013, 2014, 2015, 2017 et 2018

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. La diminution de l'occurrence est de 9 % par an et de façon significative au seuil de 5 % ($p = 0,013$) sur l'ensemble des années de suivi.

Les observations en 2018 sont localisées au nord, à l'est et à l'ouest.

Tableau 13 : évolution 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
Nombre de battages	57	81	63	0	57	56
Nombre de battages positifs	25	30	19	0	0	4
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	43,86%	37,04%	30,16%	NA	0,00%	7,14%

*NA = données non disponibles



Figure 54



Figure 55



Figure 56



Figure 57



Figure 58

Figures 54 à 58 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 8 et sur les années 2013, 2014, 2015, 2017 et 2018

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.

Curieusement, les observations furent faites au nord en 2018 contrairement à 2017 où elles avaient été effectuées au sud. Cette situation est liée à une hétérogénéité du site.

Tableau 14 : évolution 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
Nombre de battages	0	0	0	0	18	18
Nombre de battages positifs	0	0	0	0	1	3
Proportion de points positifs par rapport au total de l'ensemble des battages	NA	NA	NA	NA	5,56%	16,67%

*NA = données non disponibles



Figure 59 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 9 et sur l'année 2017

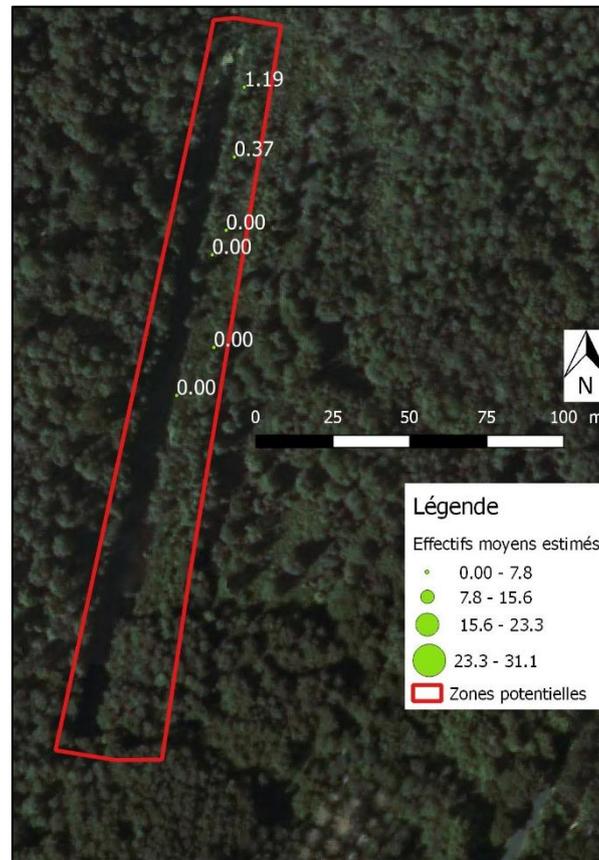


Figure 60 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 9 et sur l'année 2018

3. Discussions

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 alors qu'en 2017, un assèchement a été constaté (comme l'atteste le tableau 15 reprenant l'ensemble des relevés d'humidité sur les stations et par année et illustré par la situation sur la station ZP6 - figure 61). L'année 2018, bien qu'avec une humidité estivale plus prononcée, n'égale pas les années 2013 et 2014.

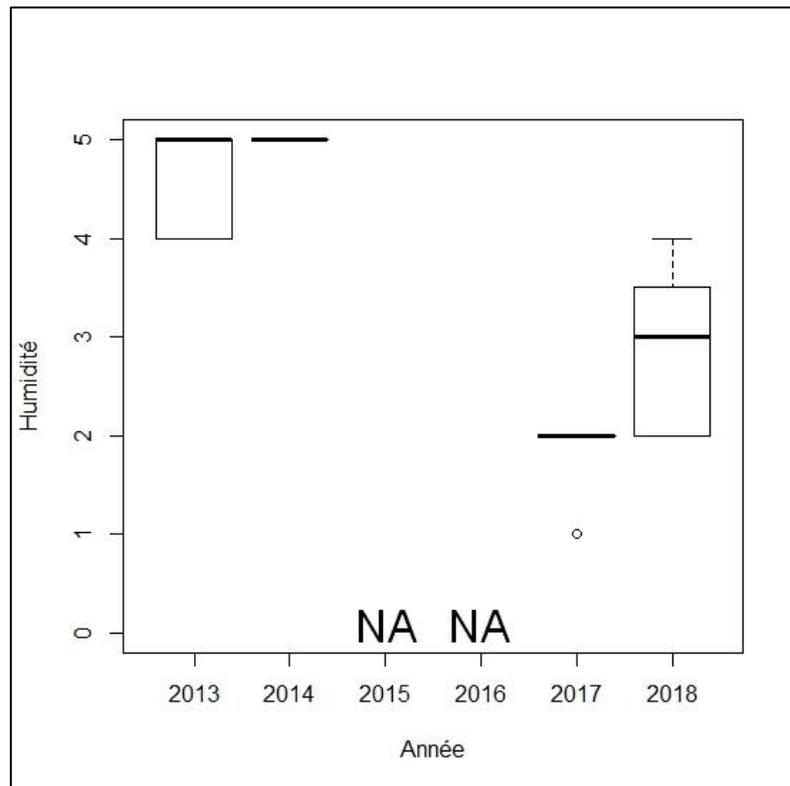


Figure 61 : boîtes à moustache de l'humidité au fil des ans sur la station ZP 6 (NA = données absentes)

Cette régression de l'humidité estivale, déjà pointée du doigt en 2013 (VRIGNAUD 2013), semble davantage être associée à une origine globale (variation météorologiques dans le cadre du réchauffement planétaire avec modifications hydrologiques).

Tableau 15 : tendance de l'humidité constatée sur les stations (significatif en gras)

Station	2013	2014	2015	2016	2017	Ordonné à l'origine (± intervalle de confiance)	Coefficient directeur (± intervalle de confiance)	Probabilité
ZP1	NA	NA	NA	NA	2,00±0,00	-	-	-
ZP2	NA	NA	NA	NA	2,00±0,00	-	-	-
ZP3	2,643±0,528	3,000±0,524	NA	NA	2,214±0,420	243,38±136,74	-0,120±0,068	0,085
ZP5	4,130±0,202	4,817±0,128	NA	NA	2,000±0,000	1122,03±32,62	-0,555±0,016	0,000
ZP6	4,600±0,277	5,000±0,000	NA	NA	1,800±0,210	1065,37±161,73	-0,527±0,080	0,000
ZP7	1,200±0,143	4,000±0,000	NA	NA	1,818±0,000	175,80±77,08	-0,086±0,038	0,025
ZP8	2,235±0,179	4,952±0,000	NA	NA	2,053±0,000	679,54±78,94	-0,336±0,039	0,000
ZP9	NA	NA	NA	NA	1,889±0,269	-	-	-

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 de l'espèce. En effet, la pression d'échantillonnage n'est peut-être pas suffisante pour détecter ces espèces aussi petites que discrètes. Cependant, les données de 2017 soulignent bien une régression plutôt généralisée. Les données de 2018 révèlent quant à elles un rehaussement de la population. Elle n'atteint pas les niveaux de 2013 et 2014, mais la situation s'améliore nettement. Il semblerait donc qu'un retour à des années aussi fastes que 2013 et 2014 soit possible, mais uniquement pour *Vertigo moulinsiana*. Concernant *V. angustior*, il est possible que les populations anciennement présentes aient disparues.

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 5^{ème} année effective de suivi, il a été constaté une régression globale des deux espèces. *Vertigo moulinsiana* a marqué un net déclin en 2017, mais 2018 est plus favorable sans avoir atteint 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. Cette non-détection ne signifie pas nécessairement une disparition totale des espèces concernées sur les secteurs en question. Cependant, elle traduit *a minima* une régression.

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 significatif sur certaines stations (ZP5, 6 et 8). 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).

Les années à venir permettront de savoir si les espèces ont réellement disparu de certains secteurs d'étude ou si la pression d'observation était insuffisante pour détecter le peu d'individus restants. Elles permettront aussi d'apprécier le poids des variables météorologiques sur les variations d'effectifs.

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.

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 : Annexe 2 : Précipitations mensuelles de Melun (77)

(sources : meteociel)

Mois	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
janvier	31	42	57	37	40	27	101
février	6	43	62	49	55	38	36
mars	16	45	9	32	68	79	65
avril	66	28	48	54	43	17	63
mai	104	78	88	43	153	14	42
juin	75	98	64	4	102	38	29
juillet	78	37	131	19	9	87	46
août	6	30	84	82	12	106	24
septembre	37	71	9	69	41	99	19
octobre	93	52	46	45	23	25	16
novembre	37	84	58	51	49	40	61
décembre	87	54	61	24	14	72	77

Annexe 3 : données brutes de *Vertigo moulinsiana* (adultes lors du battage)

NA = donnée indisponible

ref	y	X	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ZP1_1	48.285612	2.422563	NA	10	NA	NA	1	0
ZP1_1	48.285612	2.422563	NA	NA	NA	NA	4	0
ZP1_2	48.285551	2.422516	NA	12	NA	NA	9	1
ZP1_2	48.285551	2.422516	NA	NA	NA	NA	2	1
ZP2_1	48.339071	2.386699	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_10	48.339694	2.38695	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_12	48.33987	2.386949	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_12	48.33987	2.386949	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_14	48.340055	2.386884	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_15	48.34013	2.386892	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_17	48.340338	2.3869	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_17	48.340338	2.3869	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_18	48.340408	2.386926	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_18	48.340408	2.386926	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_19	48.340532	2.386881	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_19	48.340532	2.386881	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_2	48.339071	2.386699	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_20	48.340604	2.3869	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_21	48.340716	2.386921	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_21	48.340716	2.386921	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_22	48.340815	2.386913	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_22	48.340815	2.386913	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_23	48.340892	2.386871	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_23	48.340892	2.386871	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_24	48.340993	2.38684	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_24	48.340993	2.38684	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_25	48.341102	2.386817	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_26	48.341171	2.386731	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_26	48.341171	2.386731	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_4	48.339185	2.386946	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_5	48.339259	2.387033	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_7	48.339464	2.387042	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_9	48.339635	2.38695	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP2_9	48.339635	2.38695	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP3_1	48.340401	2.388076	0	1	3	NA	0	0
ZP3_10	48.340232	2.389158	2	0	NA	NA	0	0
ZP3_11	48.34033	2.389184	3	0	3	NA	0	0
ZP3_12	48.340542	48.340542	0	0	2	NA	NA	NA

ZP3_13	48.340542	2.389067	0	1	NA	NA	0	0
ZP3_14	48.340209	48.340209	0	0	NA	NA	NA	NA
ZP3_2	48.34037	2.38816	0	0	6	NA	0	0
ZP3_3	48.340344	2.388241	0	5	8	NA	0	0
ZP3_4	48.340209	2.388396	0	8	8	NA	0	0
ZP3_5	48.340154	2.388542	0	7	1	NA	0	2
ZP3_5	48.340154	2.388542	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP3_5	48.340154	2.388542	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP3_6	48.340219	2.388571	0	1	2	NA	0	0
ZP3_6	48.340219	2.388571	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP3_6	48.340219	2.388571	NA	NA	NA	NA	1	0
ZP3_7	48.340041	2.388652	1	1	11	NA	0	0
ZP3_8	48.340126	48.340126	5	1	3	NA	NA	NA
ZP3_9	48.340232	48.340232	5	1	8	NA	NA	NA
ZP4_1	48.346705	2.386855	0	NA	6	NA	NA	NA
ZP4_1	48.346705	2.386855	0	NA	4	NA	NA	NA
ZP4_1	48.346705	2.386855	NA	NA	NA	6	NA	NA
ZP5_1	48.348776	2.387698	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_1	48.348776	2.387698	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_1	48.348776	2.387698	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_10	48.348524	2.388507	0	NA	1	NA	7	3
ZP5_10	48.348524	2.388507	0	NA	4	NA	2	1
ZP5_10	48.348524	2.388507	0	NA	NA	NA	2	0
ZP5_11	48.348512	2.388771	0	NA	17	NA	10	6
ZP5_11	48.348512	2.388771	0	NA	8	NA	2	2
ZP5_11	48.348512	2.388771	0	NA	15	NA	8	0
ZP5_12	48.348504	2.389037	0	NA	2	NA	10	6
ZP5_12	48.348504	2.389037	0	NA	4	NA	17	6
ZP5_12	48.348504	2.389037	0	NA	5	NA	4	1
ZP5_13	48.348520	2.389316	0	NA	1	NA	NA	NA
ZP5_13	48.348520	2.389316	0	NA	1	NA	NA	NA
ZP5_13	48.348520	2.389316	0	NA	3	NA	NA	NA
ZP5_14	48.348376	2.387717	0	NA	NA	NA	2	1
ZP5_14	48.348376	2.387717	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_14	48.348376	2.387717	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_15	48.348346	2.388008	0	NA	1	NA	6	0
ZP5_15	48.348346	2.388008	0	NA	NA	NA	22	0
ZP5_15	48.348346	2.388008	0	NA	NA	NA	12	0
ZP5_16	48.34837	2.388265	0	0	NA	NA	1	2
ZP5_16	48.34837	2.388265	0	NA	NA	NA	0	1
ZP5_16	48.34837	2.388265	0	2	NA	NA	0	0
ZP5_16	48.34837	2.388265	NA	6	NA	NA	NA	NA
ZP5_17	48.348352	2.388503	0	NA	7	NA	1	1
ZP5_17	48.348352	2.388503	0	NA	4	NA	5	1

ZP5_17	48.348352	2.388503	0	NA	6	NA	1	0
ZP5_18	48.348417	2.388803	2	0	3	NA	0	3
ZP5_18	48.348417	2.388803	2	0	1	NA	2	0
ZP5_18	48.348417	2.388803	0	0	4	NA	0	0
ZP5_18	48.348417	2.388803	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_19	48.34838	2.389079	1	NA	5	NA	2	6
ZP5_19	48.34838	2.389079	3	6	17	NA	3	2
ZP5_19	48.34838	2.389079	1	2	NA	NA	4	0
ZP5_19	48.34838	2.389079	NA	3	NA	NA	NA	NA
ZP5_2	48.348704	2.387968	0	1	NA	NA	5	2
ZP5_2	48.348704	2.387968	0	2	NA	NA	11	1
ZP5_2	48.348704	2.387968	0	6	NA	NA	4	0
ZP5_2	48.348704	2.387968	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_20	48.348359	2.389335	0	NA	5	NA	1	2
ZP5_20	48.348359	2.389335	0	NA	2	NA	3	0
ZP5_20	48.348359	2.389335	0	NA	2	NA	0	0
ZP5_21	48.348153	2.387694	0	NA	NA	NA	5	2
ZP5_21	48.348153	2.387694	0	NA	NA	NA	4	2
ZP5_21	48.348153	2.387694	0	NA	NA	NA	1	2
ZP5_22	48.348237	2.387881	0	NA	NA	NA	1	9
ZP5_22	48.348237	2.387881	0	NA	NA	NA	1	6
ZP5_22	48.348237	2.387881	0	NA	NA	NA	0	1
ZP5_23	48.348216	2.38825	0	5	3	NA	2	3
ZP5_23	48.348216	2.38825	0	2	2	NA	0	1
ZP5_23	48.348216	2.38825	0	7	3	NA	1	1
ZP5_24	48.348182	2.388491	4	9	9	NA	0	1
ZP5_24	48.348182	2.388491	4	1	NA	NA	0	0
ZP5_24	48.348182	2.388491	2	6	3	NA	0	0
ZP5_25	48.348172	2.388744	15	6	6	NA	7	3
ZP5_25	48.348172	2.388744	21	2	3	NA	1	1
ZP5_25	48.348172	2.388744	18	NA	5	NA	0	0
ZP5_25	48.348172	2.388744	NA	7	NA	NA	NA	NA
ZP5_26	48.348206	2.389019	1	1	5	NA	2	2
ZP5_26	48.348206	2.389019	1	1	2	NA	0	1
ZP5_26	48.348206	2.389019	1	0	6	NA	0	0
ZP5_27	48.348164	2.389289	0	1	3	NA	6	12
ZP5_27	48.348164	2.389289	0	1	4	NA	8	5
ZP5_27	48.348164	2.389289	0	0	NA	NA	1	1
ZP5_27	48.348164	2.389289	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_28	48.347969	2.38773	0	NA	NA	NA	3	5
ZP5_28	48.347969	2.38773	0	NA	NA	NA	9	3
ZP5_28	48.347969	2.38773	0	NA	NA	NA	2	1
ZP5_29	48.348008	2.387991	0	0	2	NA	3	9
ZP5_29	48.348008	2.387991	1	NA	1	NA	7	8

ZP5_29	48.348008	2.387991	0	0	1	NA	5	5
ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_30	48.347994	2.388229	1	0	1	NA	0	3
ZP5_30	48.347994	2.388229	1	0	2	NA	1	0
ZP5_30	48.347994	2.388229	0	0	1	NA	0	0
ZP5_30	48.347994	2.388229	NA	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_31	48.347992	2.38852	8	1	1	NA	0	0
ZP5_31	48.347992	2.38852	15	1	3	NA	0	0
ZP5_31	48.347992	2.38852	15	1	1	NA	0	0
ZP5_32	48.348028	2.38876	4	NA	3	NA	1	3
ZP5_32	48.348028	2.38876	17	3	1	NA	1	1
ZP5_32	48.348028	2.38876	6	0	1	NA	1	1
ZP5_32	48.348028	2.38876	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP5_33	48.348023	2.389054	2	0	NA	NA	0	5
ZP5_33	48.348023	2.389054	7	2	1	NA	0	1
ZP5_33	48.348023	2.389054	0	1	1	NA	0	0
ZP5_34	48.348028	2.389315	10	0	NA	NA	1	4
ZP5_34	48.348028	2.389315	0	1	1	NA	1	3
ZP5_34	48.348028	2.389315	0	NA	NA	NA	0	1
ZP5_34	48.348028	2.389315	NA	0	NA	NA	0	6
ZP5_35	48.347837	2.387765	0	NA	3	NA	3	6
ZP5_35	48.347837	2.387765	0	NA	2	NA	5	3
ZP5_35	48.347837	2.387765	0	NA	2	NA	0	NA
ZP5_36	48.347844	2.388014	0	NA	NA	NA	0	1
ZP5_36	48.347844	2.388014	0	NA	1	NA	2	0
ZP5_36	48.347844	2.388014	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	1	6	4	NA	0	2
ZP5_37	48.347821	2.38823	1	NA	1	NA	0	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	1	0	1	NA	0	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	NA	3	NA	NA	0	NA
ZP5_38	48.34779	2.388484	7	3	3	NA	0	2
ZP5_38	48.34779	2.388484	12	0	7	NA	0	1
ZP5_38	48.34779	2.388484	10	0	2	NA	2	0
ZP5_39	48.34783	2.388785	1	0	3	NA	0	3
ZP5_39	48.34783	2.388785	1	0	NA	NA	0	0
ZP5_39	48.34783	2.388785	1	0	1	NA	0	0
ZP5_40	48.34781	2.389046	1	0	2	NA	0	1
ZP5_40	48.34781	2.389046	1	1	3	NA	0	0
ZP5_40	48.34781	2.389046	0	0	1	NA	0	0
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ZP5_42	48.347699	2.38808	NA	NA	1	NA	NA	NA
ZP5_42	48.347699	2.38808	NA	NA	1	NA	NA	NA
ZP5_42	48.347699	2.38808	NA	NA	2	NA	NA	NA
ZP5_43	48.347682	2.388263	7	0	16	NA	1	3
ZP5_43	48.347682	2.388263	3	0	14	NA	0	1
ZP5_43	48.347682	2.388263	1	1	11	NA	5	0
ZP5_43	48.347682	2.388263	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_44	48.347635	2.388513	0	3	3	NA	0	1
ZP5_44	48.347635	2.388513	4	1	2	NA	1	0
ZP5_44	48.347635	2.388513	1	NA	6	NA	0	0
ZP5_44	48.347635	2.388513	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP5_45	48.347661	2.388798	1	2	1	NA	0	1
ZP5_45	48.347661	2.388798	1	3	NA	NA	0	0
ZP5_45	48.347661	2.388798	1	1	NA	NA	0	0
ZP5_45	48.347661	2.388798	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_46	48.34762	2.389023	2	NA	NA	NA	0	1
ZP5_46	48.34762	2.389023	3	2	NA	NA	0	0
ZP5_46	48.34762	2.389023	2	0	2	NA	0	0
ZP5_6	48.348749	2.389117	0	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_6	48.348749	2.389117	0	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_6	48.348749	2.389117	0	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	0	NA	NA	0	5
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	NA	NA	NA	0	3
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	NA	NA	NA	0	0
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	6	1
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	2	0
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	2	0
ZP5_9	48.348548	2.38823	0	NA	NA	NA	3	20
ZP5_9	48.348548	2.38823	0	NA	NA	NA	1	7
ZP5_9	48.348548	2.38823	0	NA	NA	NA	1	6
ZP6_1	48.348144	2.386382	6	5	NA	NA	0	1
ZP6_1	48.348144	2.386382	3	NA	29	NA	0	1
ZP6_1	48.348144	2.386382	2	8	17	NA	2	0
ZP6_1	48.348144	2.386382	NA	14	NA	NA	NA	NA
ZP6_2	48.347792	2.38581	5	1	2	NA	1	6
ZP6_2	48.347792	2.38581	2	15	1	NA	0	3
ZP6_2	48.347792	2.38581	0	11	2	NA	0	0
ZP6_3	48.347821	2.386322	0	NA	NA	NA	0	3
ZP6_3	48.347821	2.386322	0	NA	NA	NA	0	2
ZP6_3	48.347821	2.386322	0	NA	NA	NA	0	0
ZP6_4	48.34748	2.385822	0	NA	NA	NA	0	0
ZP6_4	48.34748	2.385822	0	NA	NA	NA	0	0
ZP6_4	48.34748	2.385822	0	NA	NA	NA	0	0
ZP6_5	48.347401	2.386297	0	NA	NA	NA	0	0

ZP6_5	48.347403	2.386299	0	NA	NA	NA	0	0
ZP6_5	48.347402	2.386298	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	NA	1	NA	0	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	NA	2	NA	0	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	NA	1	NA	0	0
ZP7_10	48.354109	2.385988	0	NA	5	NA	0	0
ZP7_10	48.354111	2.385990	0	NA	9	NA	0	0
ZP7_10	48.354110	2.385989	0	NA	8	NA	0	0
ZP7_11	48.353592	2.384190	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_11	48.353591	2.384189	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_11	48.353593	2.384191	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_12	48.353748	2.385181	0	NA	NA	NA	0	3
ZP7_12	48.353748	2.385181	0	NA	1	NA	0	1
ZP7_12	48.353748	2.385181	0	NA	NA	NA	0	1
ZP7_12	48.353748	2.385181	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	2	NA	7	7
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	1	NA	5	3
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	2	NA	4	2
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	2	4	NA	1	0
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	1	1	NA	1	0
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	0	NA	NA	0	0
ZP7_14	48.353818	2.386939	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_17	48.35306	2.386034	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_17	48.35308	2.386036	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_17	48.35307	2.386035	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	0	3	NA	2	1
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	1	1	NA	0	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	1	NA	0	0
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	1	NA	0	0
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	NA	14	NA	0	0
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	1	9	NA	1	0
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	0	11	NA	0	0
ZP7_20	48.35242	2.38519	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_20	48.35242	2.38519	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_20	48.35242	2.38519	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_22	48.352453	2.38628	0	0	NA	NA	0	0
ZP7_22	48.352453	2.38628	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_22	48.352453	2.38628	0	NA	NA	NA	2	0
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	8	NA	2	3
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	7	NA	2	1
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	8	NA	0	1
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	1	5
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	NA	13	NA	0	NA
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	1	13	NA	0	NA
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	2	8	NA	0	NA
ZP7_3	48.355466	2.385612	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	NA	5	NA	0	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	1	8	NA	0	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	0	3	NA	0	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	NA	0	NA	NA	NA	NA
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	NA	1	NA	0	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	6	NA	NA	0	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	7	1	NA	0	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	NA	2	NA	NA	NA	NA
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	1	1	NA	0	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	NA	1	NA	0	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	1	NA	NA	0	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	NA	0	NA	NA	NA	NA
ZP7_7	48.355121	2.386268	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_7	48.355121	2.386268	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_7	48.355121	2.386268	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_8	48.354346	2.38449	0	NA	NA	NA	0	2
ZP7_8	48.354346	2.38449	0	2	3	NA	0	0
ZP7_8	48.354346	2.38449	0	2	1	NA	0	0
ZP7_8	48.354346	2.38449	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	NA	NA	0	1
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	NA	NA	0	0
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	1	NA	0	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	1	0	1	NA	0	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	1	1	6	NA	0	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	0	NA	2	NA	0	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP8_10	48.357618	2.380196	0	1	NA	NA	0	1
ZP8_10	48.357618	2.380196	0	NA	NA	NA	0	0

ZP8_10	48.357618	2.380196	0	1	NA	NA	0	0
ZP8_10	48.357618	2.380196	NA	1	NA	NA	0	NA
ZP8_11	48.357560	2.380848	19	1	NA	NA	0	0
ZP8_11	48.357559	2.380847	12	0	NA	NA	0	0
ZP8_11	48.357561	2.380849	1	NA	NA	NA	0	0
ZP8_11	48.357561	2.380849	NA	3	NA	NA	NA	NA
ZP8_12	48.357614	2.381534	12	NA	11	NA	0	0
ZP8_12	48.357614	2.381534	5	6	8	NA	0	0
ZP8_12	48.357614	2.381534	3	9	1	NA	0	0
ZP8_12	48.357614	2.381534	NA	3	NA	NA	NA	NA
ZP8_13	48.357614	2.38216	1	1	NA	NA	0	0
ZP8_13	48.357614	2.38216	0	2	NA	NA	0	0
ZP8_13	48.357614	2.38216	0	1	NA	NA	0	0
ZP8_14	48.357622	2.382875	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_14	48.357622	2.382875	0	4	NA	NA	0	0
ZP8_14	48.357622	2.382875	0	0	NA	NA	0	0
ZP8_14	48.357622	2.382875	NA	0	NA	NA	NA	NA
ZP8_15	48.357635	2.383559	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_15	48.357635	2.383559	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_15	48.357635	2.383559	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_16	48.357257	2.381533	2	3	NA	NA	0	0
ZP8_16	48.357257	2.381533	0	9	NA	NA	0	0
ZP8_16	48.357257	2.381533	0	4	NA	NA	0	0
ZP8_17	48.357268	2.382174	0	0	NA	NA	0	0
ZP8_17	48.357268	2.382174	1	0	NA	NA	0	0
ZP8_17	48.357268	2.382174	0	0	NA	NA	0	0
ZP8_17	48.357268	2.382174	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_18	48.357163	2.382892	0	0	1	NA	0	0
ZP8_18	48.357163	2.382892	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_18	48.357163	2.382892	0	1	NA	NA	0	0
ZP8_18	48.357163	2.382892	NA	0	NA	NA	NA	NA
ZP8_19	48.357160	2.383623	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_19	48.357159	2.383622	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_19	48.357161	2.383624	0	NA	NA	NA	0	0
ZP8_2	48.358497	2.380761	1	1	2	NA	0	1
ZP8_2	48.358497	2.380761	0	0	4	NA	0	0
ZP8_2	48.358497	2.380761	0	3	NA	NA	0	0
ZP8_20	48.35680	2.38153	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_20	48.35680	2.38153	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_20	48.35680	2.38153	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_21	48.356831	2.38221	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_21	48.356831	2.38221	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_21	48.356831	2.38221	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_22	48.356771	2.382817	NA	NA	3	NA	NA	NA

ZP8_22	48.356771	2.382817	NA	NA	1	NA	NA	NA
ZP8_22	48.356771	2.382817	NA	NA	4	NA	NA	NA
ZP8_25	48.35632	2.382165	NA	NA	9	NA	NA	NA
ZP8_25	48.35632	2.382165	NA	NA	8	NA	NA	NA
ZP8_25	48.35632	2.382165	NA	NA	3	NA	NA	NA
ZP8_26	48.35634	2.38290	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_26	48.35634	2.38290	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_26	48.35634	2.38290	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_3	48.358505	2.381457	2	0	NA	NA	0	0
ZP8_3	48.358505	2.381457	9	0	1	NA	0	0
ZP8_3	48.358505	2.381457	2	0	NA	NA	0	0
ZP8_3	48.358505	2.381457	NA	1	NA	NA	NA	NA
ZP8_4	48.358483	2.382192	12	NA	NA	NA	0	0
ZP8_4	48.358484	2.382193	1	1	NA	NA	0	0
ZP8_4	48.358485	2.382194	0	2	NA	NA	0	0
ZP8_5	48.358082	2.380176	2	0	NA	NA	0	0
ZP8_5	48.358082	2.380176	2	5	NA	NA	0	0
ZP8_5	48.358082	2.380176	1	0	NA	NA	0	0
ZP8_5	48.358082	2.380176	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_6	48.358065	2.38091	3	1	NA	NA	0	0
ZP8_6	48.358065	2.38091	1	1	NA	NA	0	0
ZP8_6	48.358065	2.38091	1	1	NA	NA	0	0
ZP8_6	48.358065	2.38091	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_7	48.35811	2.381515	0	5	NA	NA	0	0
ZP8_7	48.35811	2.381515	1	0	NA	NA	0	0
ZP8_7	48.35811	2.381515	1	0	NA	NA	0	0
ZP8_7	48.35811	2.381515	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZP8_8	48.358156	2.382163	0	0	NA	NA	0	0
ZP8_8	48.358156	2.382163	0	0	NA	NA	0	0
ZP8_8	48.358156	2.382163	0	5	NA	NA	0	0
ZP8_9	48.358097	2.382816	0	0	4	NA	0	1
ZP8_9	48.358097	2.382816	0	1	2	NA	0	1
ZP8_9	48.358097	2.382816	0	0	4	NA	0	0
ZP9_15	48.33012	2.395578	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_15	48.33012	2.395578	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_15	48.33012	2.395578	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_2	48.330612	2.395718	NA	NA	NA	NA	0	2
ZP9_2	48.330612	2.395718	NA	NA	NA	NA	0	1
ZP9_2	48.330612	2.395718	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_3	48.330407	2.395675	NA	NA	NA	NA	0	1
ZP9_3	48.330407	2.395675	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_3	48.330407	2.395675	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_4	48.330192	2.395639	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_4	48.330192	2.395639	NA	NA	NA	NA	0	0

ZP9_4	48.330192	2.395639	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_6	48.329847	2.395584	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_6	48.329849	2.395586	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_6	48.329848	2.395585	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_7	48.329707	2.395422	NA	NA	NA	NA	0	0
ZP9_7	48.329709	2.395424	NA	NA	NA	NA	1	0
ZP9_7	48.329708	2.395423	NA	NA	NA	NA	0	0

Annexe 4 : données brutes de *Vertigo angustior* (individus frais dans l'échantillonnage de litière de 10 x 10 cm)

NA = donnée indisponible

ref	y	X	2013	2014	2015	2016	2017
ZP4_1	48.346705	2.386855	NA	NA	0	NA	NA
ZP5_1	48.348776	2.387698	0	NA	NA	NA	0
ZP5_10	48.348524	2.388507	NA	NA	NA	NA	0
ZP5_11	48.348512	2.388771	0	NA	NA	NA	0
ZP5_12	48.348504	2.389037	0	NA	0	NA	0
ZP5_13	48.348520	2.389316	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_14	48.348376	2.387717	0	NA	NA	NA	0
ZP5_15	48.348346	2.388008	0	NA	NA	NA	0
ZP5_16	48.34837	2.388265	NA	NA	NA	NA	0
ZP5_17	48.348352	2.388503	NA	NA	NA	NA	0
ZP5_18	48.348417	2.388803	NA	NA	0	NA	0
ZP5_19	48.34838	2.389079	0	1	0	NA	0
ZP5_2	48.348704	2.387968	0	0	NA	NA	0
ZP5_20	48.348359	2.389335	0	NA	0	NA	0
ZP5_21	48.348153	2.387694	0	NA	NA	NA	0
ZP5_22	48.348237	2.387881	0	NA	NA	NA	0
ZP5_23	48.348216	2.38825	0	NA	0	NA	0
ZP5_24	48.348182	2.388491	NA	NA	0	NA	0
ZP5_25	48.348172	2.388744	0	NA	0	NA	0
ZP5_26	48.348206	2.389019	0	0	0	NA	0
ZP5_27	48.348164	2.389289	0	0	NA	NA	0
ZP5_28	48.347969	2.38773	NA	NA	NA	NA	0
ZP5_29	48.348008	2.387991	0	NA	0	NA	0
ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_30	48.347994	2.388229	NA	NA	0	NA	0
ZP5_31	48.347992	2.38852	2	1	0	NA	0
ZP5_32	48.348028	2.38876	7	0	1	NA	0
ZP5_33	48.348023	2.389054	0	NA	0	NA	0
ZP5_34	48.348028	2.389315	0	NA	NA	NA	0
ZP5_35	48.347837	2.387765	NA	NA	NA	NA	0
ZP5_36	48.347844	2.388014	NA	NA	NA	NA	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	NA	NA	0	NA	0
ZP5_38	48.34779	2.388484	0	NA	0	NA	0
ZP5_39	48.34783	2.388785	NA	0	0	NA	0
ZP5_40	48.34781	2.389046	0	NA	NA	NA	0
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	0	NA	NA
ZP5_43	48.347682	2.388263	NA	NA	0	NA	0
ZP5_44	48.347635	2.388513	1	NA	0	NA	0
ZP5_45	48.347661	2.388798	0	NA	0	NA	0

ZP5_46	48.34762	2.389023	1	NA	0	NA	0
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	NA	NA	NA	0
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	0
ZP5_9	48.348548	2.38823	NA	NA	NA	NA	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	0	NA	NA	0
ZP7_10	48.354110	2.385989	0	NA	0	NA	0
ZP7_11	48.353591	2.384189	0	0	0	NA	0
ZP7_12	48.353748	2.385181	1	1	0	NA	0
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	0	NA	0
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	NA	0	NA	0
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	1	NA	0	NA	0
ZP7_17	48.35307	2.386035	0	NA	0	NA	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	1	0	NA	NA
ZP7_18	48.357163	2.382892	NA	NA	NA	NA	0
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	NA	NA	0
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	NA	NA	NA	0
ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	0	NA	NA
ZP7_22	48.352453	2.38628	1	2	0	NA	0
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	0	NA	0
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	0
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	0	NA	NA	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	0	NA	NA	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	NA	NA	NA	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	NA	NA	NA	NA
ZP7_6	48.354704	2.385554	NA	NA	NA	NA	0
ZP7_7	48.355121	2.386268	0	NA	NA	NA	0
ZP7_8	48.354346	2.38449	0	NA	NA	NA	0
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	0	NA	0
ZP8_12	48.357614	2.381534	NA	NA	0	NA	NA
ZP8_13	48.357614	2.38216	NA	NA	0	NA	NA
ZP8_14	48.357622	2.382875	NA	NA	0	NA	NA
ZP8_17	48.357268	2.382174	NA	NA	0	NA	NA
ZP8_8	48.358156	2.382163	NA	NA	0	NA	NA