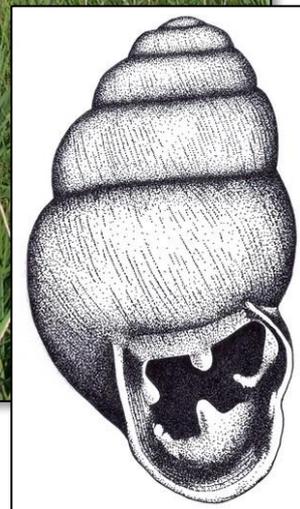


Suivi des Vertigos de Des Moulins et étroit
sur le site natura 2000 de la « Haute vallée
de l'Essonne »

Année 4 (2017)



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. Modèle statistique pour le suivi des probabilités de présence de Vertigo angustior.....	11
1.9. Modèles statistiques pour le suivi des effectifs estimés de Vertigo moulinsiana.....	12
1.10. Limite de la méthodologie.....	16
2. Résultats	17
2.1. Vertigo étroit	17
2.1.1. Résultats globaux.....	17
2.1.2. Résultats par zones potentielles et avérés.....	17
2.2. Vertigo de Des Moulins	23
2.2.1. Résultats globaux.....	23
2.2.2. Résultats par zones potentielles ou avérés.....	23
3. Discussions	39
Résumé.....	41
Références bibliographiques.....	42
Annexe 1 : modèles prédictifs (modèle linéaire généralisé binomial en présence/absence) de la probabilité de présence de Vertigo angustior sur une échelle logistique	43
Annexe 2 : Résultats des modèles linéaires généralisés (avec la fonction cbind) du rapport : adultes sur la végétation / adultes dans la litière (n=36).....	44
Annexe 3 : données brutes de Vertigo moulinsiana (adultes lors du battage).....	46
Annexe 4 : données brutes de Vertigo angustior (individus frais dans l'échantillonnage de litière de 10 x 10 cm)	56

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 attaché une importance suprarégionale.

3 années de suivi ont déjà eu lieu en 2013 (VRIGNAUD 2013), 2014 (VINCENT 2015a), 2015 (VINCENT 2015b). 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).

Par ailleurs, aucune méthode de suivi n'a été publiée jusqu'alors concernant *Vertigo angustior*. Ainsi, cette première approche pour cette espèce reste donc expérimentale.

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 leur état de fraîcheur (afin de ne prendre en compte que les individus considérés comme vivant 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 présent sur la végétation et des variables environnementales simples. Les résultats déjà acquis permettent d'appréhender ce ratio pour *Vertigo moulinsiana*.

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).

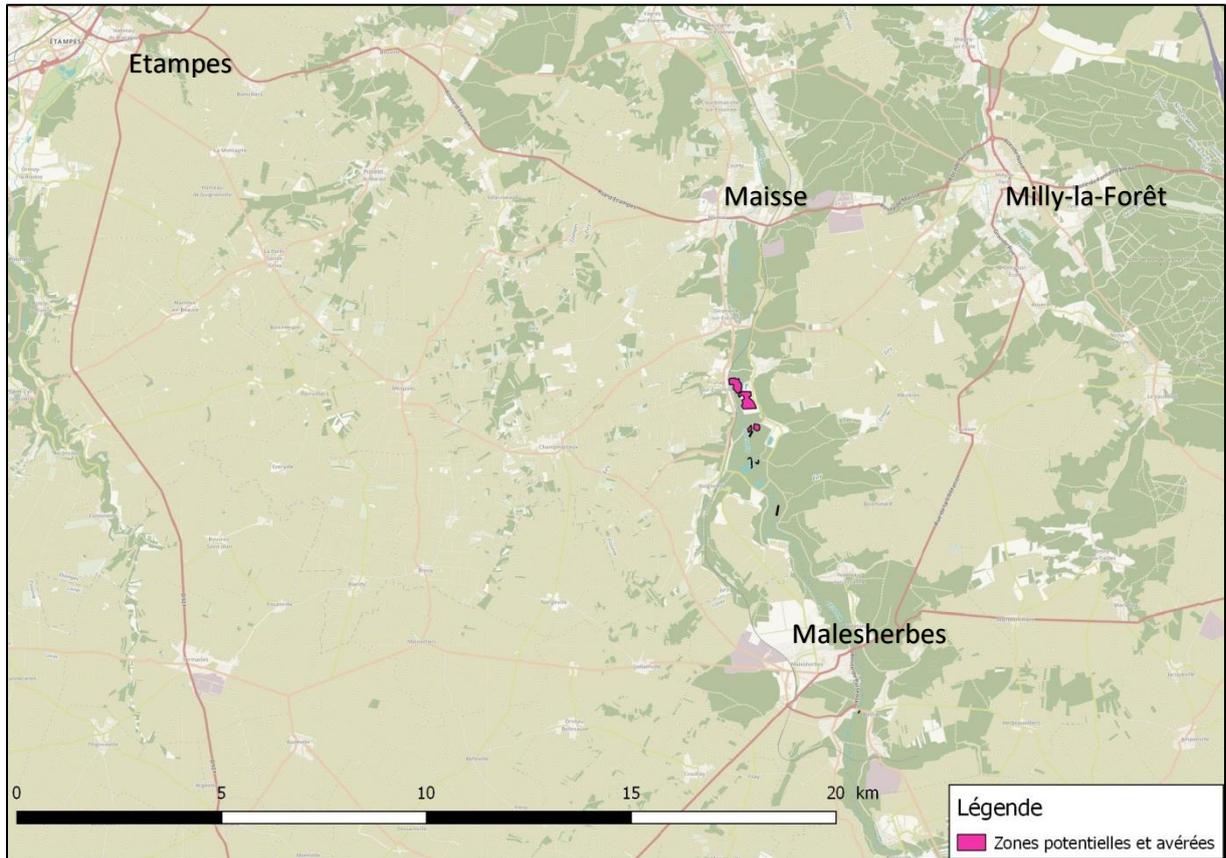


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

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

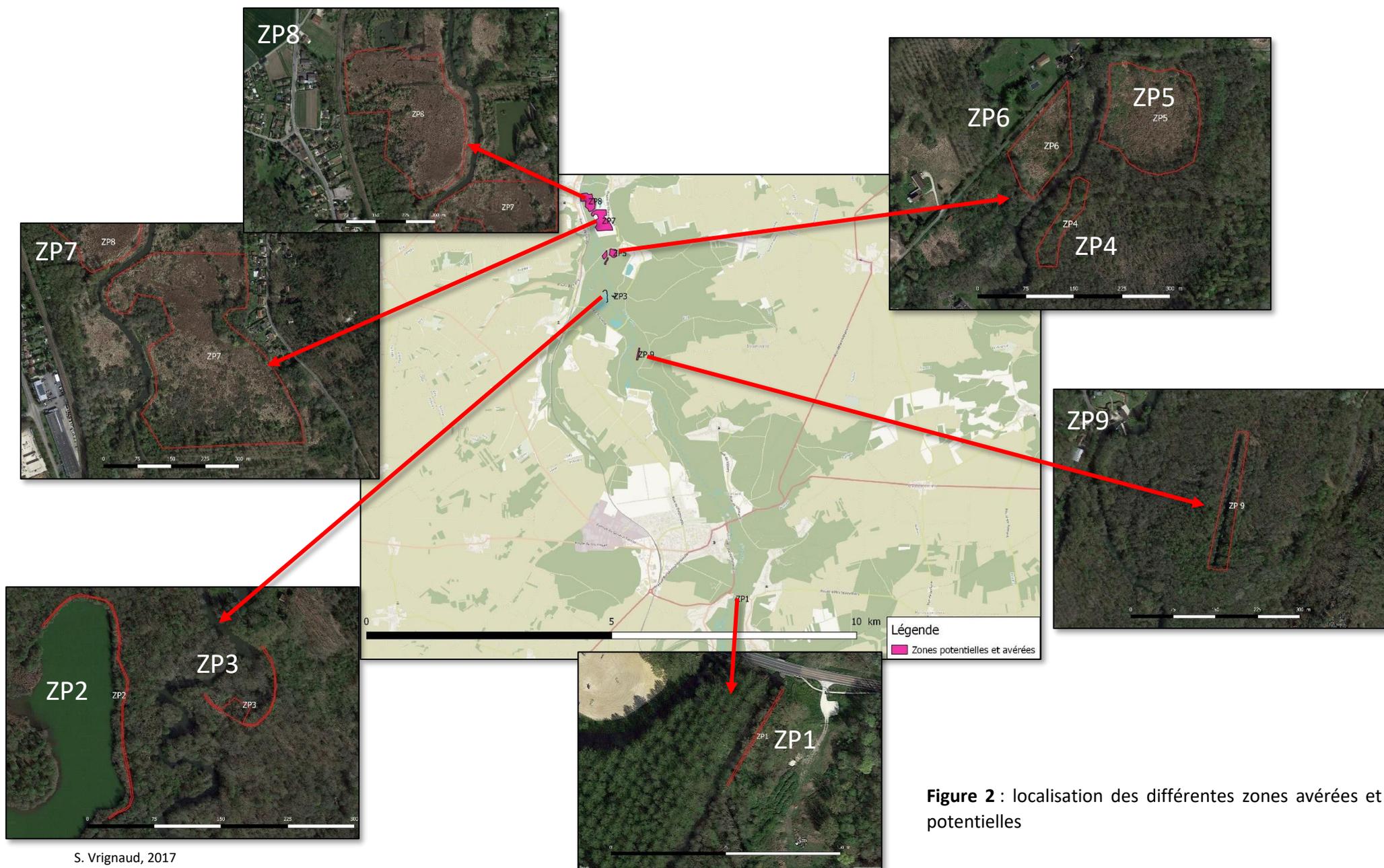


Figure 2 : localisation des différentes zones avérées et potentielles

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 31 juillet au 5 août 2017 par Sylvain VRIGNAUD. Les conditions météorologiques étaient favorables (pas de pluie). 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) (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.

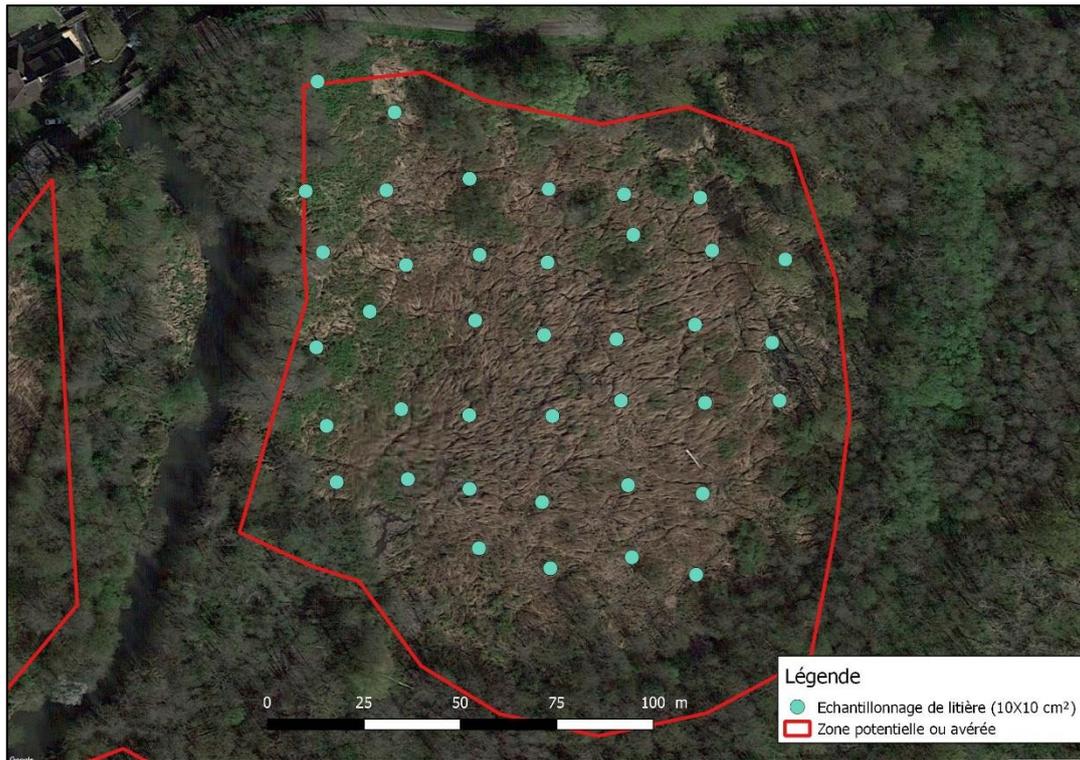


Figure 2 : localisation de l'échantillonnage de litière pour la recherche de *Vertigo angustior* (carrés de 10X10 cm²) – station ZP5

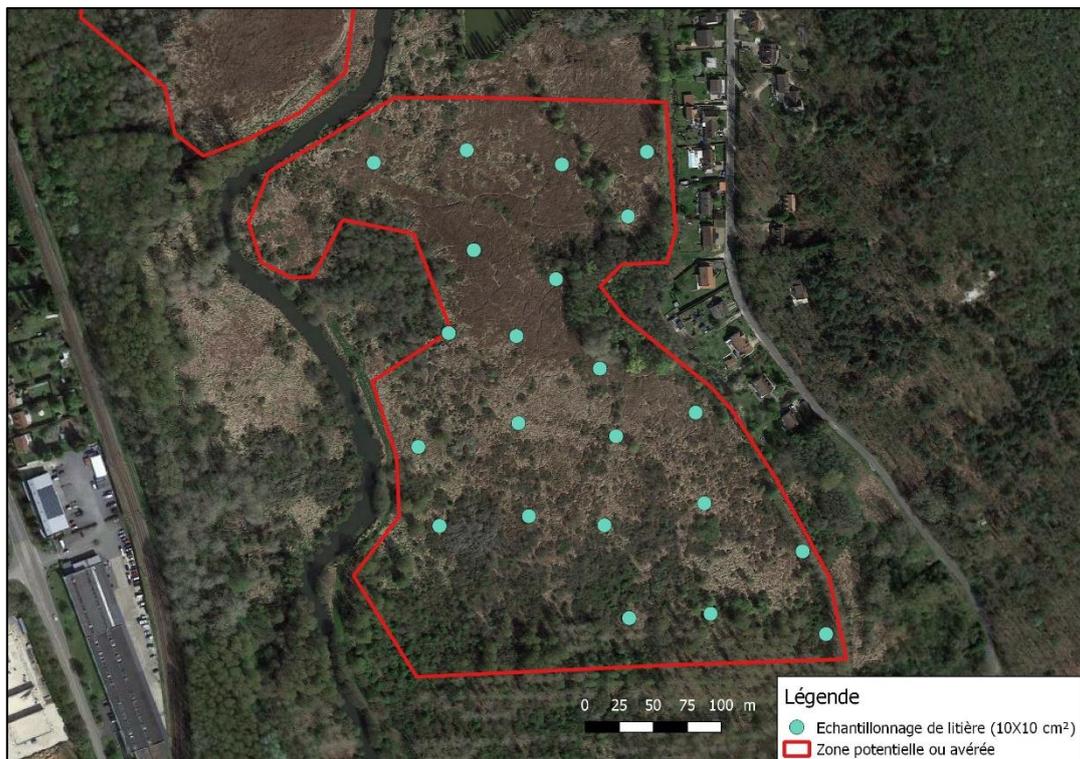


Figure 3 : localisation de l'échantillonnage de litière pour la recherche de *Vertigo angustior* (carrés de 10X10 cm²) – station ZP7

1.6. Recherche du Vertigo de Des Moulins

La strate herbacée du carrée de 25 * 25 cm est secouée sur un bac spécialement conçu pour (cf. figures n°4 et n°5). 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).

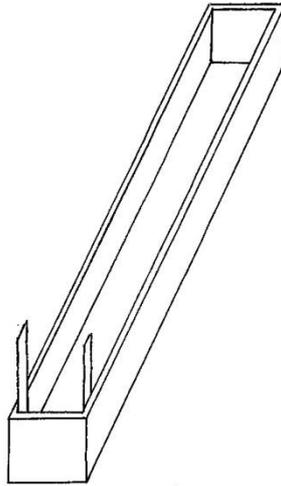
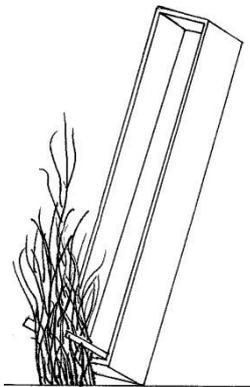
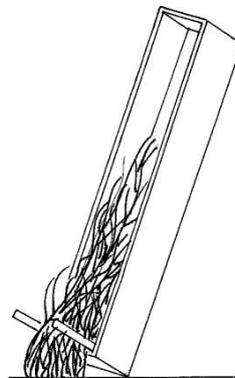


Figure n°4 : bac de battage de la végétation (quadra de 25 X 25 cm)

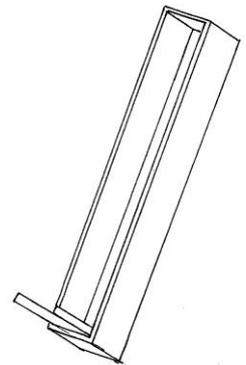


Etape 1 : séparation de la végétation contenue dans le quadra

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°5 : 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 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 petit. 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 temporelle 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) la maximale (la 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 de ce modèle est représentée par la figure 6.

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

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

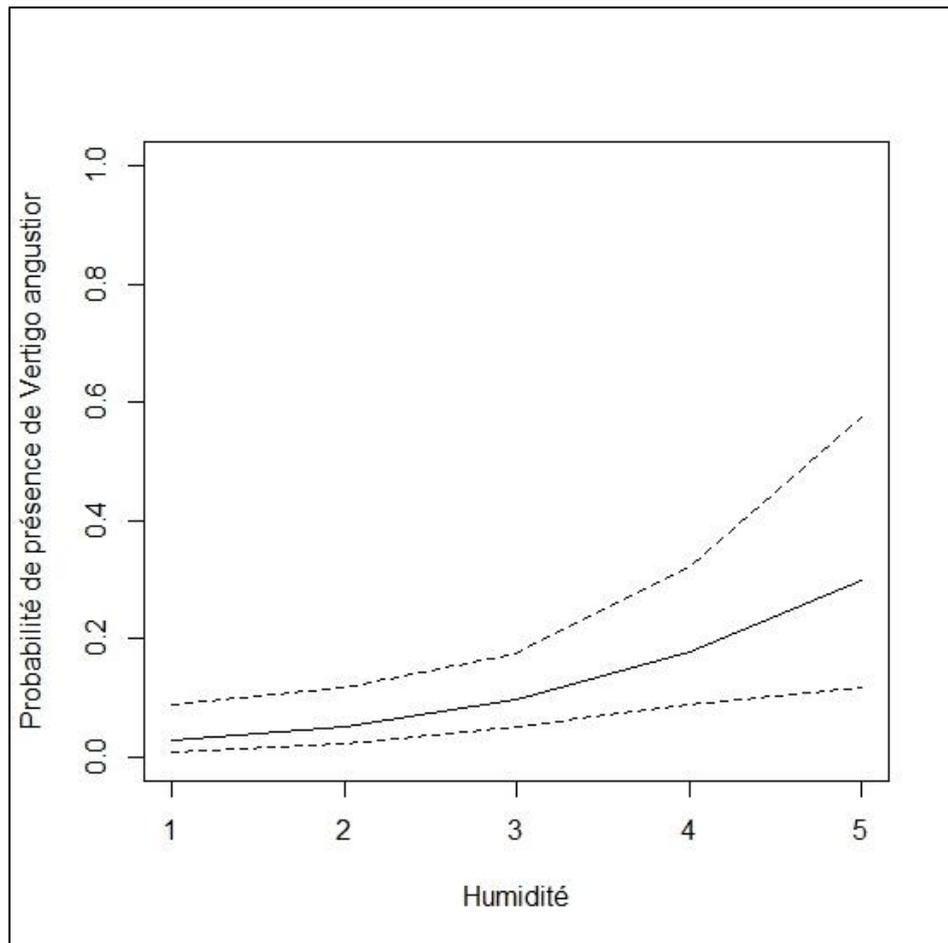


Figure 6 : représentation graphique de la probabilité de présence du *Vertigo angustior* en fonction de l'humidité (glm binomial, $p = 0,00751$; pourcentage de variance expliquée = 10,05 %)

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 7).

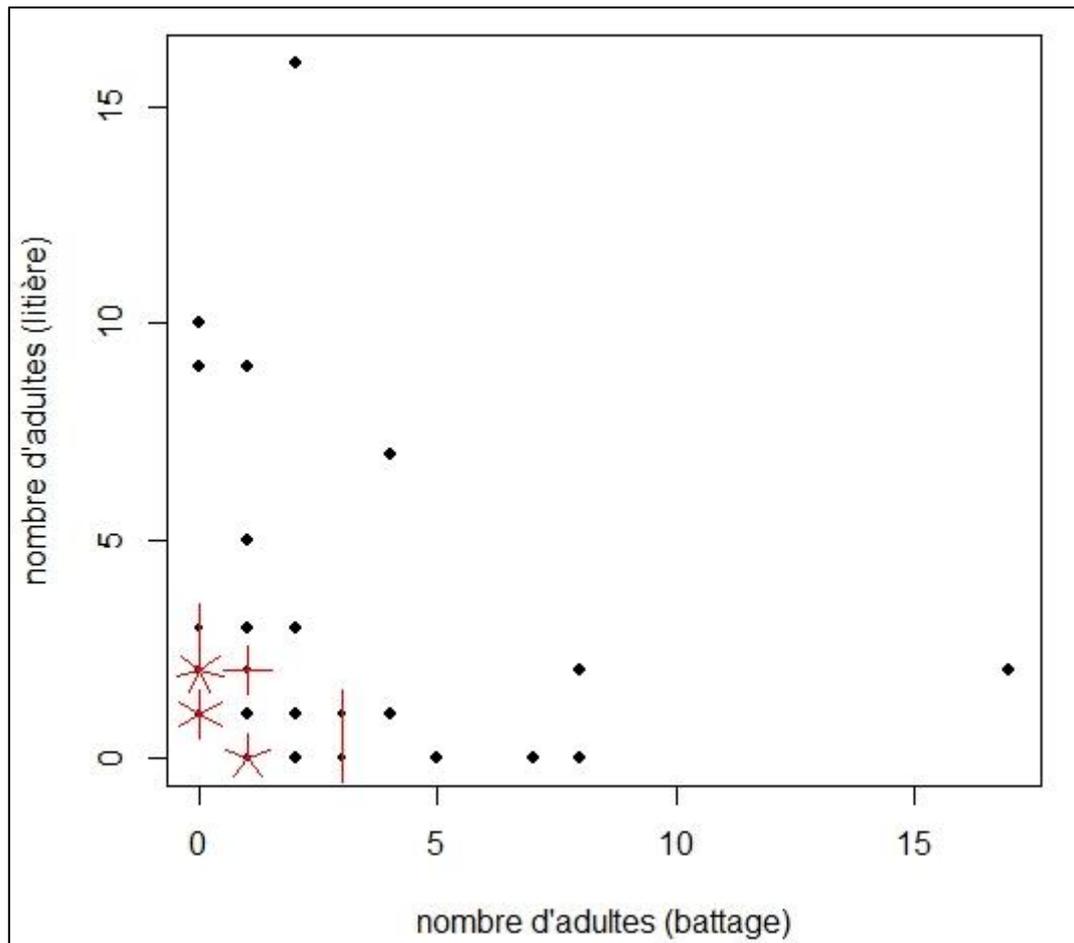


Figure 7 : diagramme en tournesol du nombre d'adultes récents de *Vertigo moulinsiana* au niveau de la litière en fonction du nombre d'adultes sur la végétation

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 ($p = 0,17$).

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 (cf. annexe 2). 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). 36 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)	0,4503	-	Partie de 2013, 2014 et 2015
Hauteur compacte		0,5672	Partie de 2013 et 2017
+ Recouvrement en <i>Carex elata</i> / <i>riparia</i>	-4,1642	0,0336	
+ Humidité		1,0544	

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

$$y = \frac{x}{0,4503} \quad \text{Equation n°2}$$

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 d'une partie des données de 2013 et de 2017), il est alors possible d'affiner l'estimation par l'équation suivante :

$$y = \frac{x}{\frac{e^{(0,5672 \times A + 0,0336 \times B + 1,0544 \times C + 4,1642)}}{1 + e^{(0,5672 \times A + 0,0336 \times B + 1,0544 \times C + 4,1642)}}} \quad \text{Equation n°3}$$

Avec x = nombre d'individus adultes trouvés lors du battage de la végétation, A = hauteur compacte de la strate herbacée (en m), B = pourcentage de recouvrement en *Carex elata* / *riparia* et C = humidité.

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 estimés par point d'échantillonnage. Ces effectifs moyens estimés pour chaque point d'échantillonnage peuvent donc être comparés année après année. Et une tendance peut être esquissée grâce à un modèle linéaire généralisé des effectifs moyens estimés en fonction des années. Les modèles retenus sont ceux ayant une probabilité de réalisation (p) inférieure à 0,05 (19 chances sur 20 de ne pas se tromper). Pour les modèles où p est supérieure à 0,05, aucune tendance se dessine (ni augmentation, ni diminution des densités) (cf. figure 8). Le signe de β (le coefficient directeur de la droite reliant les effectifs annuels), s'il est positif, cela indique une augmentation des densités (cf. figure 9) et s'il est négatif, une diminution des densités (cf. figure 10).

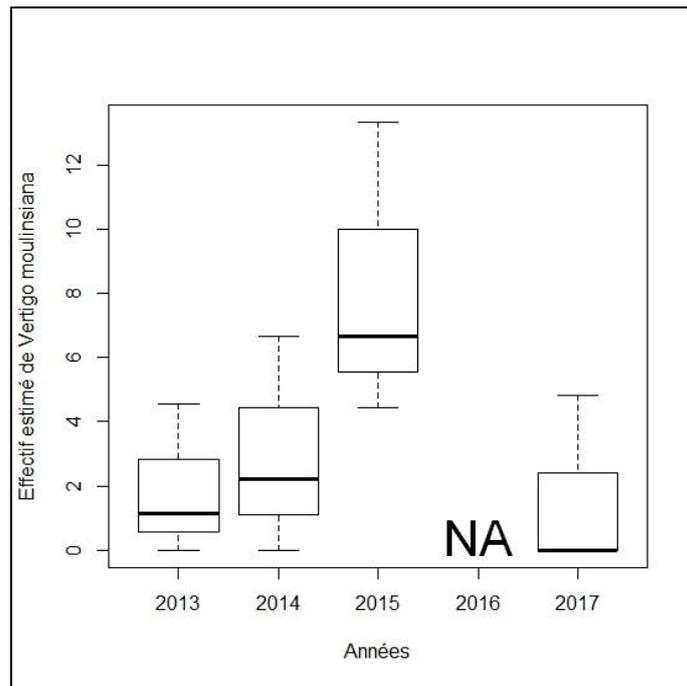


Figure 8 : cas d'une stagnation des effectifs (ni augmentation, ni diminution, $p > 0,05$) au fil des ans. Exemple du point d'échantillonnage n°ZP5 44 ($p = 0,949$) (NA = données indisponibles)

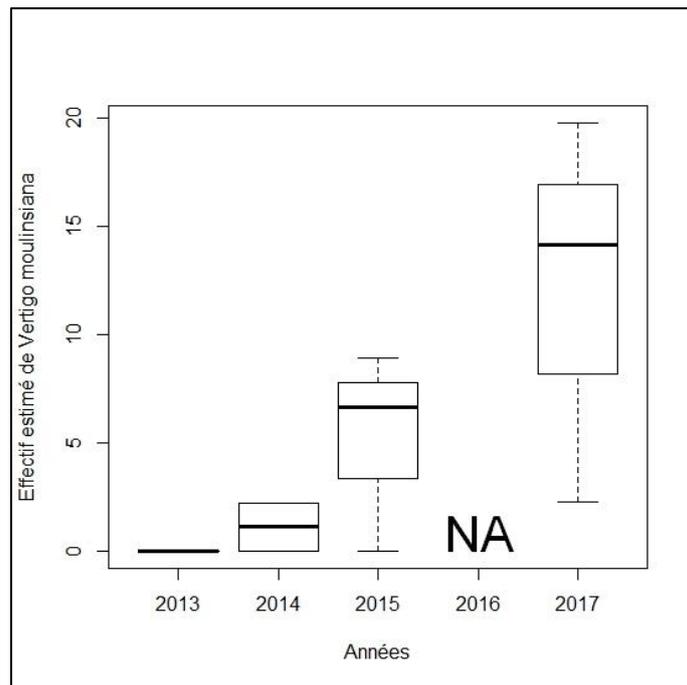


Figure 9 : cas d'une augmentation des effectifs au fil des ans ($p < 0,05$, $\beta > 0$). Exemple du point d'échantillonnage n°ZP5_27 ($p = 0,003$; coefficient directeur de la droite de régression = 3,18) (NA = données indisponibles)

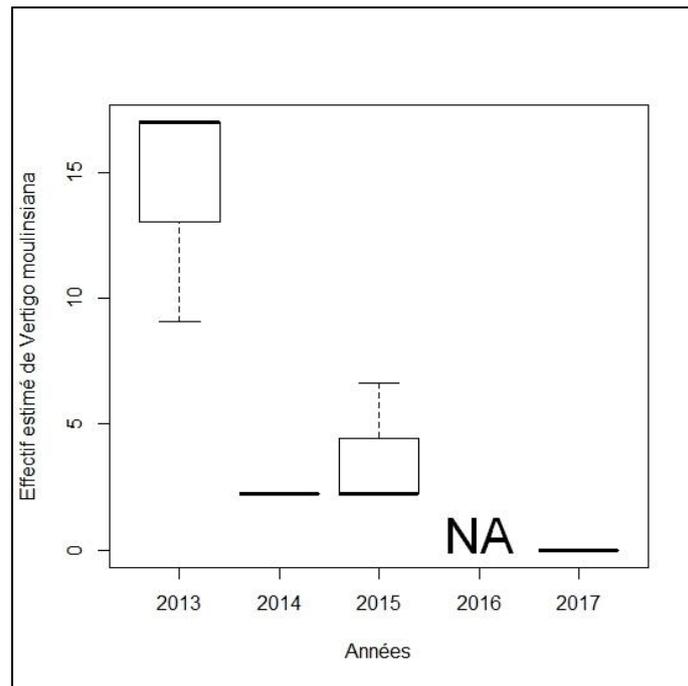


Figure 10 : cas d'une diminution des effectifs ($p < 0,05$, $\beta < 0$) au fil des ans. Exemple du point d'échantillonnage n°ZP5_31 ($p = 0,006$; coefficient directeur de la droite de régression = $-2,96$) (NA = données indisponibles)

Une cartographie peut alors être dressée affichant les tendances sur les 5 années du suivi (cf. partie dédiée aux résultats).

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 d'autres informations issues d'autres indicateurs.

Le modèle ici développé pour le dénombrement des *Vertigo moulinsiana* adultes par le seul recensement des individus présents sur la végétation ne prend pas en compte l'incertitude (l'intervalle de confiance de 95 %) normalement utilisée dans ce genre d'approche. Elle fait appel à des notions statistiques complexes qui n'ont pas été mises en œuvre dans cette étude et cette année, mais elles le seront dans les rendus prochains. La conséquence est de conclure à significativité de certaines tendances alors qu'avec l'incertitude, ce serait non significatif. Il y a donc une légère exacerbation des résultats.

Le fait qu'en 2016 il n'y ai pas eu de suivi affecte la significativité des tendances observées. En effet, cette lacune augmente l'incertitude des modèles linéaires généralisés 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 a été constatée sur les points d'échantillonnage, mais la faible humidité indique une régression des conditions habitationnelles.

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

Station	2013	2014	2015	2016	2017	Ordonné 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	15 991 \pm 4 420	-7,93 \pm 2,19	0,069
	30,77 %	22,22 %	4,55 %	NA	0,00 %			
ZP7	3 sur 22	4 sur 7	0 sur 12	NA	0 sur 22	12 911 \pm 14 176	-6,40 \pm 7,04	0,459
	13,64 %	42,86 %	0,00 %	NA	0,00 %			
ZP8	NA	NA	0 sur 5	NA	NA	NA	NA	NA
	NA	NA	0,00 %	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 11



Figure 12



Figure 13



Figure 14

Figures 11 à 14 : occurrences de *Vertigo angustior* en fonction des années (2013, 2014, 2015 et 2017) sur la station ZP5

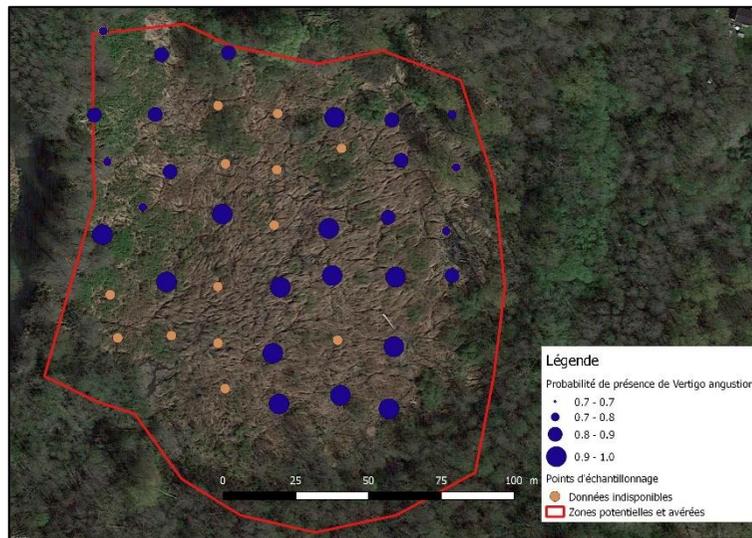


Figure 15

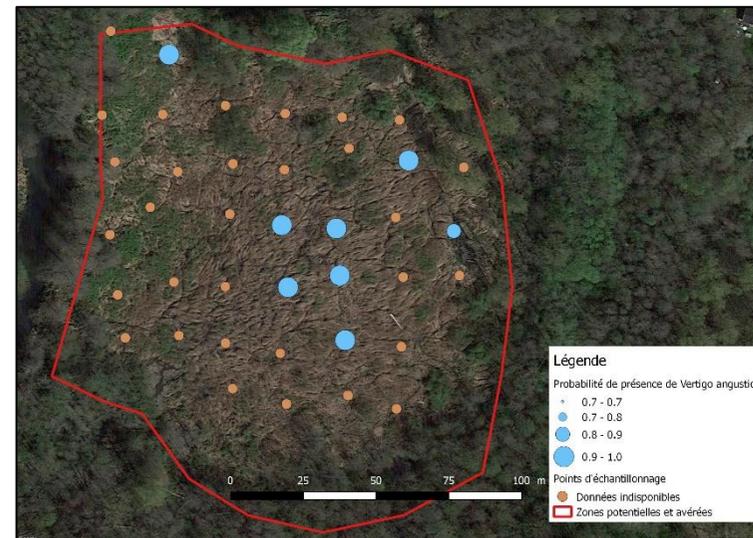


Figure 16



Figure 17

Figures 15 à 17 : variation de la probabilité de présence de *Vertigo angustior* (en fonction de l'humidité) sur la station ZP5 en 2013, 2014 et 2017

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. 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 (figures 15 à 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, l'espèce n'a plus été revue. Les conditions d'humidité ont été constatées comme un peu plus favorables en 2017 (mais pas de façon significative), cependant pas suffisamment pour que l'espèce puisse à nouveau être détectée.

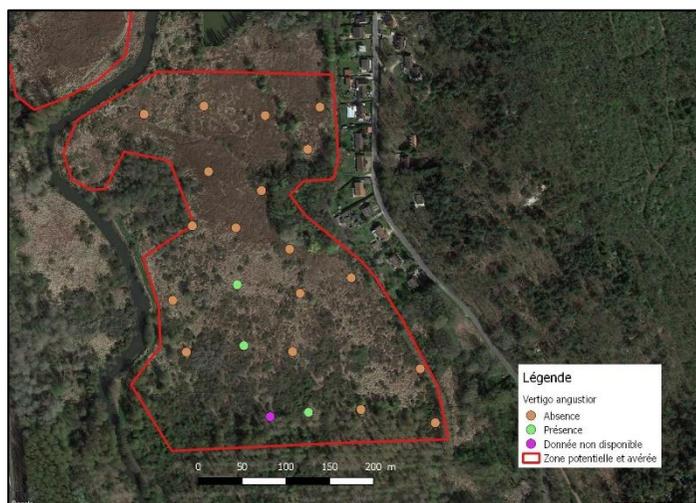


Figure 18

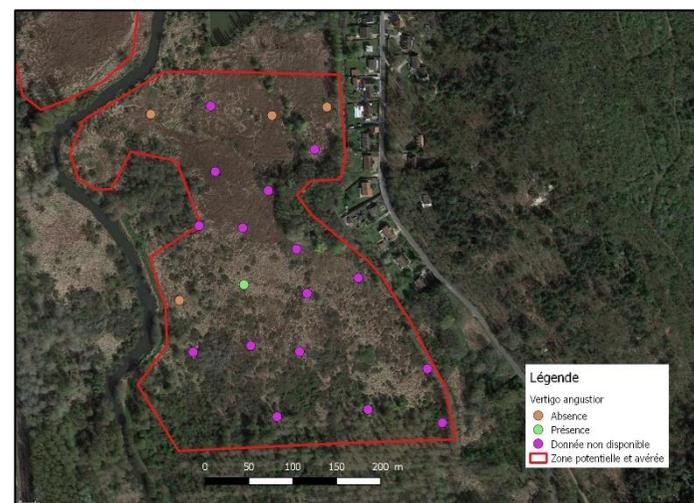


Figure 19

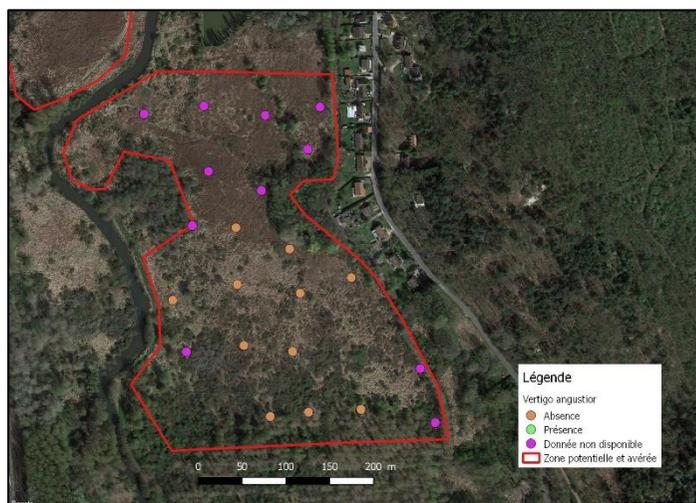


Figure 20

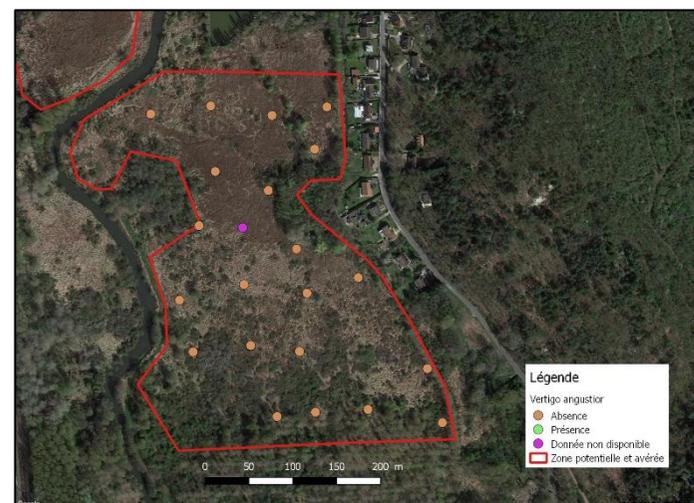


Figure 21

Figures 18 à 21 : occurrences de *Vertigo angustior* en fonction des années (2013, 2014, 2015 et 2017) sur la station ZP7

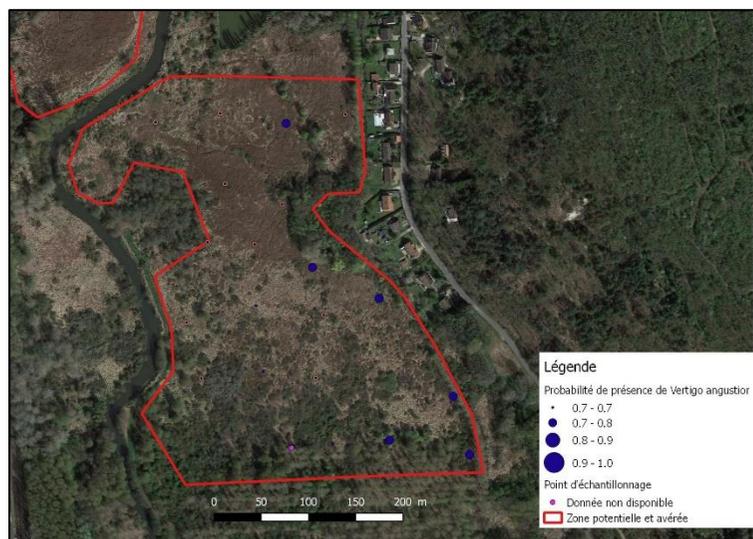


Figure 22



Figure 23



Figure 24

Figures 22 à 24 : variation de la probabilité de présence de *Vertigo angustior*
(en fonction de l'humidité) sur la station ZP7 en 2013, 2014 et 2017

2.2. Vertigo de Des Moulins

2.2.1. Résultats globaux

En matière d'occurrence, 2017 est la plus mauvaise des 4 années de suivi (20,80 % de l'ensemble des points de battage) derrière 2013 (29,02 % des points de battage). Cependant, au cours de la durée du suivi, la tendance à la baisse ($-0,032 \pm 0,068$) n'est pas significative au seuil de 95 % (glm, $p = 0,686$).

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
Nombre de battages	286	207	263	0	399
Nombre de battages avec <i>V. moulinsiana</i>	83	105	150	0	83
Proportion de battage avec <i>V. moulinsiana</i> par rapport au total à l'ensemble des battages	29,02%	50,72%	57,03%	NA	20,80%

*NA = données non disponibles

En 2017, *Vertigo moulinsiana* n'a pas été trouvé sur la station ZP8. Sur la station ZP7, il a été trouvé un peu dans le nord, mais surtout dans le sud-est. Sur la ZP6, il a été noté dans le nord, et sur la ZP5, surtout le long d'un arc de cercle allant de l'est à l'ouest en passant par le nord. Sur la ZP 3, un individu a été trouvé, aucun sur la ZP2. Sur la ZP9, 1 individu a fait l'objet d'une observation. Et enfin, sur la ZP1, l'espèce a été trouvée sur toute la station.

2.2.2. Résultats par zones potentielles ou avérés

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. En outre, les résultats du suivi attestent d'une constance relative tant des occurrences que des concentrations (tableau 6 et figures 25 à 27). Les années prochaines devraient confirmer cette situation.

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
Nombre de battages	0	2	0	0	4
Nombre de battages avec <i>V. moulinsiana</i>	0	2	0	0	4
Proportion de battage avec <i>V. moulinsiana</i> par rapport au total à l'ensemble des battages	NA	100,00%	NA	NA	100,00%

*NA = données non disponibles



Figure 25



Figure 26

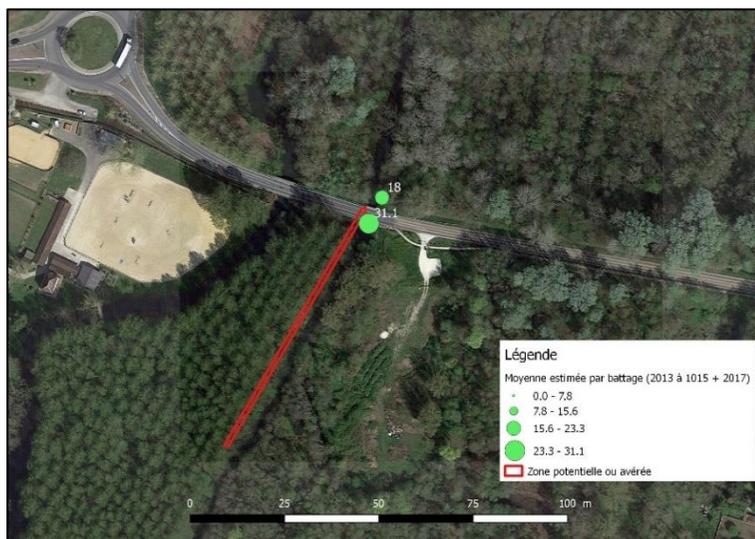


Figure 27

Figure 25 : effectifs estimés de la station ZP1 en 2014
Figure 26 : effectifs estimés de la station ZP1 en 2017
Figure 27 : moyenne des effectifs estimés de la station ZP1 sur les années 2014 et 2017

ZP 2

Cette station est située 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 28).

En 2017, aucun individu n'a été trouvé (figure 29). La station a fait l'objet d'un entretien massif par un broyage systématique du sentier (figure 30). Ainsi, les habitats les plus favorables ne présentaient aucun potentiel lors des prospections. Si la strate herbacée peut s'exprimer dans les années à venir, il est possible que des individus ayant survécu puissent à nouveau recoloniser.



Figure 28 : 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)

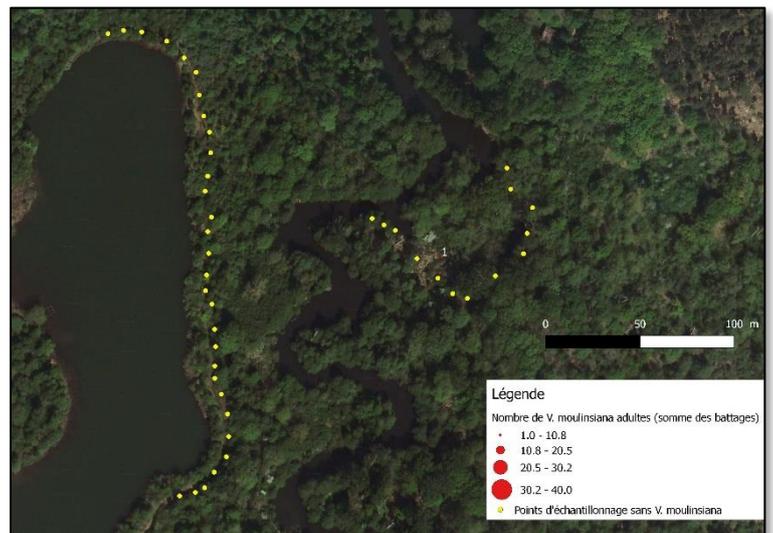


Figure 29 : localisation des différents points d'échantillonnage sur les stations ZP 2 et ZP 3 ; aucun battage n'a révélé la présence de *Vertigo moulinsiana* sur la station ZP 2 (pour la station ZP 3, cf. ci-dessous).



Figure 30 : station ZP 2 ; le sentier a fait l'objet d'un broyage méthodique ne permettant pas l'épanouissement de *Vertigo moulinsiana*

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
Nombre de battages	0	0	0	0	108
Nombre de battages positifs	0	0	0	0	0
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	NA	NA	NA	NA	0,00%

*NA = données non disponibles

ZP 3

La station ZP 3 est composée d'une berge et d'une partie surfacique situées dans un ancien méandre de l'Essonne.

Les occurrences y sont très variables mais ne présentent pas de tendances significatives (glm, $p = 0,538$) (tableau 8). De même aucune tendance ne se dessine concernant les effectifs (figures 31 à 35).

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

*NA = données non disponibles



Figure 31



Figure 32



Figure 33



Figure 34



Figure 35

Figure 31 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2013
Figure 32 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2014
Figure 33 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2015
Figure 34 : effectifs estimés de la station ZP3 en 2017
Figure 35 : moyenne des effectifs estimés de la station ZP3 sur les années 2014 et 2017

ZP 4

La station ZP4 est particulièrement difficile d'accès (accès privé) et 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 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 36).

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
Nombre de battages	2	0	3	0	0
Nombre de battages positifs	0	0	3	0	0
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	0,00%	NA	100,00%	NA	NA

*NA = données non disponibles

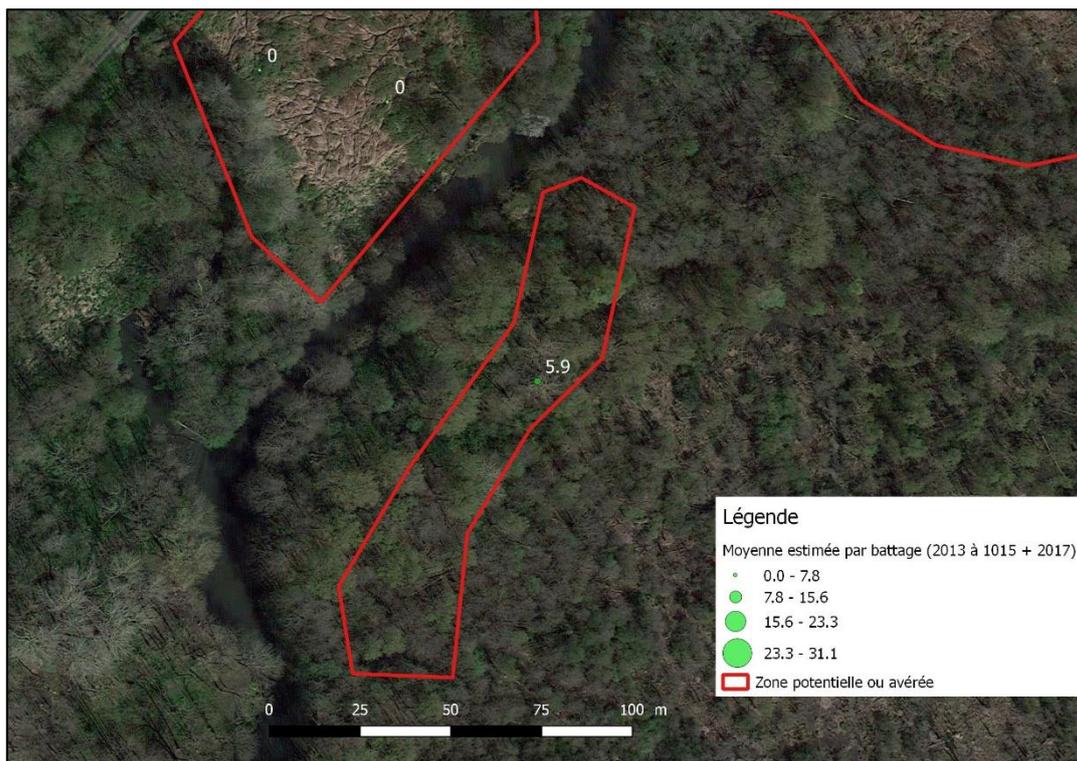


Figure 36 : moyenne des effectifs estimés de *Vertigo moulinsiana* sur 2013 à 2015 et 2017 et sur la station ZP 4

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 importants. 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, $p = 0,474$) (figure 41). Cependant, depuis le début du suivi, on assiste 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'atteste les régressions ou les augmentations significatives sur les zones concernées (figures 37 à 39).

Ces déplacements sont pour l'heure inexplicables précisément. Elles sont probablement le fruit d'un changement de végétation et/ou de modifications hygrométriques. Une exploitation des conditions habitationnelles poussée permettra de mieux comprendre le phénomène en cours et amorcé depuis déjà quelques années.

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
Nombre de battages	126	83	108	0	117
Nombre de battages positifs	48	41	77	0	64
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	38,10%	49,40%	71,30%	NA	54,70%

*NA = données non disponibles



Figure 37



Figure 38



Figure 39



Figure 40



Figure 41

Figures 37 à 40 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 5 et sur les années 2013, 2014, 2015 et 2017
Figure 41 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* par battage sur les années du suivi et tendances significatives

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, $p = 0,61$) (tableau 11). En outre, même si les densités estimées par point d'échantillonnage de 2017 sont plus faibles que 2014 et 2015, elles n'ont, elles non-plus, pas évolué significativement (figures 42 à 46).

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
Nombre de battages	15	7	6	0	15
Nombre de battages positifs	5	6	5	0	2
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	33,33%	85,71%	83,33%	NA	13,33%

*NA = données non disponibles



Figure 42



Figure 43



Figure 44



Figure 45



Figure 46

Figures 42 à 45 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 5 et sur les années 2013, 2014, 2015 et 2017
Figure 46 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* par battage sur les années du suivi

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), sans tendances significatives toutefois (glm, $p = 0,86$) (tableau 12). Les densités sont en moyenne faibles sur la durée du suivi, à l'exception d'un point situé en position centrale où la concentration a significativement progressé au cours du suivi (progression de 6,51 individus estimée par an) (figures 47 à 51).

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
Nombre de battages	72	39	64	0	66
Nombre de battages positifs	0	17	35	0	11
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	0,00%	43,59%	54,69%	NA	16,67%

*NA = données non disponibles



Figure 47



Figure 48



Figure 49



Figure 50



Figure 51

Figures 47 à 50 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 7 et sur les années 2013, 2014, 2015 et 2017
 Figure 51 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* par battage sur les années du suivi

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 48,37 % des battages en 2014 à 0 % en 2017. La diminution de l'occurrence est de – 12 % par an sans être significative au seuil de 95 %, même si elle l'est très proche ($p = 0,053$).

La variation des concentrations est significative en deux points situés au nord-ouest du site avec une régression de 1,03 à 1,81 individus par an.

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
Nombre de battages	57	62	68	0	57
Nombre de battages positifs	25	30	19	0	0
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	43,86%	48,39%	27,94%	NA	0,00%

*NA = données non disponibles



Figure 52



Figure 53



Figure 54



Figure 55



Figure 56

Figures 52 à 55 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 8 et sur les années 2013, 2014, 2015 et 2017
Figure 56 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* par battage sur les années du suivi

ZP 9

La station ZP9 est une petite zone située 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 alors 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 soit le site était déjà occupé en 2012 et que les concentrations sur la végétation étaient trop faibles pour pouvoir être détectées, soit l'inondation de 2016 a permis une colonisation.

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
Nombre de battages	0	0	0	0	18
Nombre de battages positifs	0	0	0	0	1
Proportion de points positifs par rapport au total à l'ensemble des battages	NA	NA	NA	NA	5,56%

*NA = données non disponibles

Carte avec GLM



Figure 57 : moyenne estimée de *Vertigo moulinsiana* pour chaque battage sur la station ZP 9 et sur l'année 2017

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 (il y a juste 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 juillet à septembre) correspond à une phase très probablement critique tant pour les escargots que pour la végétation. Aussi cette période de stress hydrique maximal peut donc être considérée comme un facteur particulièrement discriminant et donc essentiel dans l'étude.

En 2013 et 2014, l'humidité semble avoir été constante, mais depuis, 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 58).

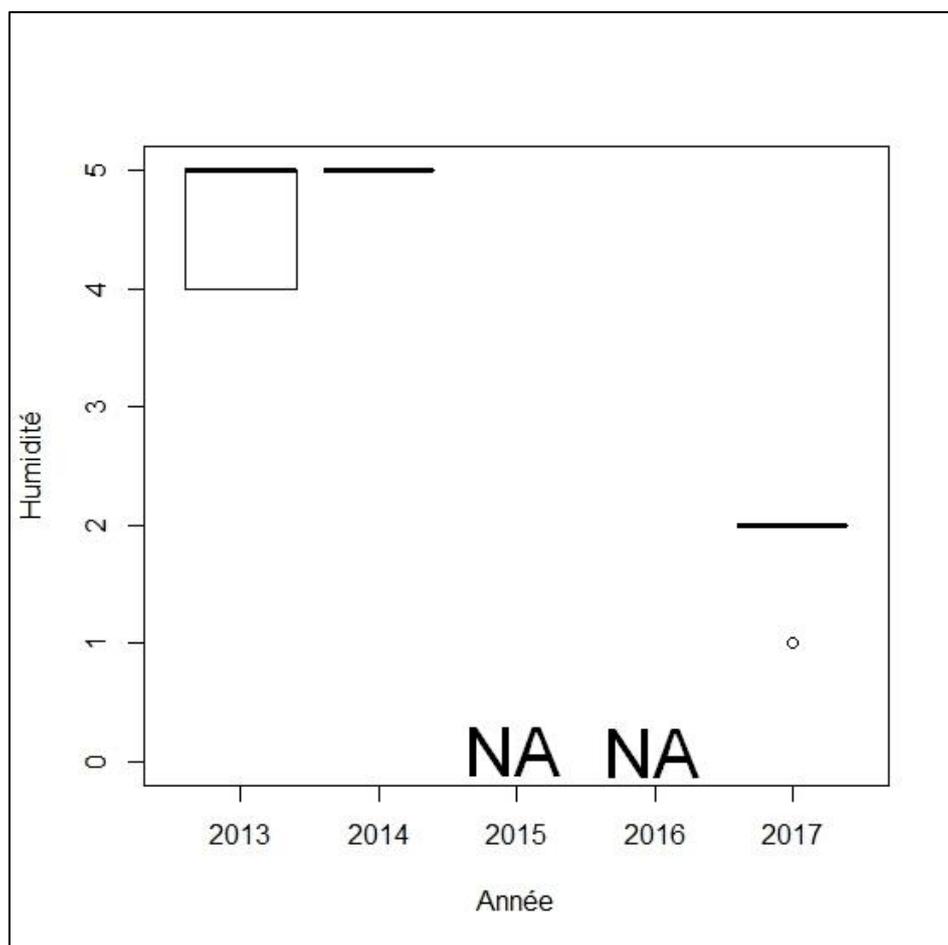


Figure 58 : boîtes à moustache de l'humidité au fil des ans sur la station ZP 6 (NA = données absentes)

Cette régression de l'humidité déjà pointée du doigt en 2013 (VRIGNAUD 2013) est d'origine local (aménagement hydrauliques) et/ou d'origine plus globale (réchauffement planétaire avec modifications hydrologiques). Des études et enquêtes plus poussées dans ce sens permettrait de mieux cerner le rôle de l'un et de l'autre dans la régression constatée.

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	267,66±164,64	-0,132±0,082	0,117
ZP5	4,130±0,202	4,817±0,128	NA	NA	2,000±0,000	1288,073±50,708	-0,638±0,025	0,000
ZP6	4,600±0,277	5,000±0,000	NA	NA	1,800±0,210	1698,74±128,95	-0,841±0,064	0,000
ZP7	1,200±0,143	4,000±0,000	NA	NA	1,818±0,000	151,39±122,92	-0,074±0,061	0,227
ZP8	2,235±0,179	4,952±0,000	NA	NAZ	2,053±0,000	608,07±126,07	-0,300±0,063	0,000
ZP9	NA	NA	NA	NA	1,889±0,269	-	-	-

L'absence constatée et en particulier en 2017 sur certaines stations tant de *Vertigo angustior* que de *V. moulinsiana* 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 tant petites que discrètes. Cependant, ces données soulignent bien la régression constatée et plutôt généralisée.

Les quelques années qui restent pour ce suivi permettront d'apprécier si un retour est possible ou si la disparition est belle et bien réelle.

Résumé

Le suivi des *Vertigo angustior* et *V. moulinsiana*, espèces annexées à la directive faune-flore-habitat, a débuté en 2013 suite à une première étude faisant l'état des lieux en 2012. 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 4^{ème} année effective de suivi, il a été constaté une régression globale des deux espèces. Ainsi *Vertigo moulinsiana* n'a pas été retrouvé sur certaines stations et un déplacement de population a été constaté sur une zone en particulier (ZP5). De même, aucun *V. angustior* n'a été détecté en 2017 et 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.

L'humidité 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) est liée à des modifications hydrauliques locales (modification des écoulements) ou des changements hydrologiques globaux (réchauffement planétaire). Une mise en perspective de ces résultats avec d'éventuels suivis dans d'autres secteurs ainsi que des études et enquêtes en ce sens permettrait de mieux cerner la part de l'un et de l'autre.

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 restant.

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.

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

Modèle	Ordonné 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 graminiformes)	-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 : Résultats des modèles linéaires généralisés (avec la fonction cbind) du rapport : adultes sur la végétation / adultes dans la litière (n=36)

Echelle logistique à l'exception de *

Variables environnementales	Ordonné à l'origine	Coefficient directeur	AIC	Δ AIC
Modèle nul (~1)	0,4503*	-	188,63	90,47
Jours de l'année	-0,1067	-0,0004	190,63	32,47
Hauteur compacte	-1,1206	0,4487	138,93	40,77
Hauteur totale	-1,1675	0,3803	139,68	41,52
Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>	-1,3178	0,0450	109,46	11,30
Hauteur de la litière	-0,2437	-0,0430	144,52	46,36
Humidité	0,0589	1,0644	128,64	30,48
Compacité H ₀	1,5403	-1,6091	127,23	29,07
Jours de l'année	8,616	-0,0422	134,71	36,55
+ Hauteur compacte		0,0555		
Jours de l'année	9,5494	-0,0460	136,20	38,04
+ Hauteur totale		-0,0134		
Jours de l'année	3,5710	-0,0220	109,43	11,27
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0404		
Jours de l'année	9,7562	-0,0457	134,01	35,85
+ Hauteur de la litière		-0,0459		
Jours de l'année	7,2391	-0,0464	119,56	21,40
+ Humidité		1,1470		
Jours de l'année	7,3399	-0,0286	125,74	27,58
+ Compacité H ₀		-1,2631		
Hauteur compacte	-1,2072	0,0662	139,61	41,45
+ Hauteur totale		0,3416		
Hauteur compacte	-1,6281	0,2244	107,29	9,13
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0443		
Hauteur compacte	-0,7902	0,5360	136,54	38,38
+ Hauteur de la litière		-0,0693		
Hauteur compacte	-4,5642	0,8677	113,55	15,39
+ Humidité		1,3468		
Hauteur compacte	1,3108	0,1638	124,88	26,72
+ Compacité H ₀		-1,6251		
Hauteur totale	-1,6526	0,2148	109,83	11,67
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0430		
Hauteur totale	-0,8653	0,4337	138,17	40,01
+ Hauteur de la litière		-0,0605		
Hauteur totale	-4,6084	0,6968	114,07	15,91
+ Humidité		1,3499		
Hauteur totale	1,0170	0,1870	127,98	29,82
+ Compacité H ₀		-1,4503		
Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>	-1,6055	0,0483	110,47	12,31
+ Hauteur de la litière		0,0348		
Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>	-3,0273	0,0393	104,21	6,05

+ Humidité		0,8581		
Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>	-0,0357	0,0377	107,00	8,84
+ Compacité H₀		-0,8997		
Hauteur de la litière	-2,8221	0,0042	130,63	32,47
+ Humidité		1,0758		
Hauteur de la litière	1,5308	0,0118	129,12	30,96
+ Compacité H₀		-1,6609		
Hauteur compacte	-1,7220	0,0766	108,77	10,61
+ Hauteur totale		0,1708		
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0439		
Hauteur compacte	-4,7256	0,0768	113,34	15,18
+ Hauteur totale		0,6647		
+ Humidité		1,3693		
Hauteur compacte	1,1256	0,0791	126,48	28,32
+ Hauteur totale		0,1311		
+ Compacité H₀		-1,5693		
Hauteur compacte	-4,1642	0,5672	98,26	0,10
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0336		
+ Humidité		1,0544		
Hauteur compacte	-0,1353	0,1061	104,28	6,12
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0377		
+ Compacité H₀		-0,9622		
Hauteur compacte	-2,4697	0,6546	109,03	10,87
+ Humidité		1,1718		
+ Compacité H₀		-1,1405		
Hauteur totale	-4,2163	0,4779	100,2	2,04
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0321		
+ Humidité		1,0660		
Hauteur totale	-2,7916	0,5548	111,05	12,89
+ Humidité		1,1930		
+ Compacité H₀		-0,9729		
Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>	-1,6806	0,0331	102,76	4,60
+ Humidité		0,7707		
+ Compacité H₀		-0,8210		
Hauteur compacte	-2,8439	0,4559	98,16	0
+ Recouvrement en <i>C. elata/riparia</i>		0,0300		
+ Humidité		0,9533		
+ Compacité H₀		-0,7015		

*l'intercept du modèle nul a été mis sur une échelle naturelle

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

NA = donnée indisponible

ref	y	X	2013	2014	2015	2016	2017
ZP1_1	48.285612	2.422563	NA	10	NA	NA	1
ZP1_1	48.285612	2.422563	NA	NA	NA	NA	4
ZP1_2	48.285551	2.422516	NA	12	NA	NA	9
ZP1_2	48.285551	2.422516	NA	NA	NA	NA	2
ZP2_1	48.339071	2.386699	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_10	48.339694	2.38695	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_12	48.33987	2.386949	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_12	48.33987	2.386949	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_14	48.340055	2.386884	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_15	48.34013	2.386892	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_17	48.340338	2.3869	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_17	48.340338	2.3869	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_18	48.340408	2.386926	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_18	48.340408	2.386926	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_19	48.340532	2.386881	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_19	48.340532	2.386881	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_2	48.339071	2.386699	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_20	48.340604	2.3869	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_21	48.340716	2.386921	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_21	48.340716	2.386921	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_22	48.340815	2.386913	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_22	48.340815	2.386913	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_23	48.340892	2.386871	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_23	48.340892	2.386871	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_24	48.340993	2.38684	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_24	48.340993	2.38684	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_25	48.341102	2.386817	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_26	48.341171	2.386731	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_26	48.341171	2.386731	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_4	48.339185	2.386946	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_5	48.339259	2.387033	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_7	48.339464	2.387042	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_9	48.339635	2.38695	NA	NA	NA	NA	0
ZP2_9	48.339635	2.38695	NA	NA	NA	NA	0
ZP3_1	48.340401	2.388076	0	1	3	NA	0
ZP3_10	48.340232	2.389158	2	0	NA	NA	0
ZP3_11	48.34033	2.389184	3	0	3	NA	0
ZP3_12	48.340542	48.340542	0	0	2	NA	NA
ZP3_13	48.340542	2.389067	0	1	NA	NA	0

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

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

ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_3	48.34871	2.388279	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_30	48.347994	2.388229	1	0	1	NA	0
ZP5_30	48.347994	2.388229	1	0	2	NA	1
ZP5_30	48.347994	2.388229	0	0	1	NA	0
ZP5_30	48.347994	2.388229	NA	0	NA	NA	NA
ZP5_31	48.347992	2.38852	8	1	1	NA	0
ZP5_31	48.347992	2.38852	15	1	3	NA	0
ZP5_31	48.347992	2.38852	15	1	1	NA	0
ZP5_32	48.348028	2.38876	4	NA	3	NA	1
ZP5_32	48.348028	2.38876	17	3	1	NA	1
ZP5_32	48.348028	2.38876	6	0	1	NA	1
ZP5_32	48.348028	2.38876	NA	1	NA	NA	NA
ZP5_33	48.348023	2.389054	2	0	NA	NA	0
ZP5_33	48.348023	2.389054	7	2	1	NA	0
ZP5_33	48.348023	2.389054	0	1	1	NA	0
ZP5_34	48.348028	2.389315	10	0	NA	NA	1
ZP5_34	48.348028	2.389315	0	1	1	NA	1
ZP5_34	48.348028	2.389315	0	NA	NA	NA	0
ZP5_34	48.348028	2.389315	NA	0	NA	NA	0
ZP5_35	48.347837	2.387765	0	NA	3	NA	3
ZP5_35	48.347837	2.387765	0	NA	2	NA	5
ZP5_35	48.347837	2.387765	0	NA	2	NA	0
ZP5_36	48.347844	2.388014	0	NA	NA	NA	0
ZP5_36	48.347844	2.388014	0	NA	1	NA	2
ZP5_36	48.347844	2.388014	0	NA	NA	NA	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	1	6	4	NA	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	1	NA	1	NA	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	1	0	1	NA	0
ZP5_37	48.347821	2.38823	NA	3	NA	NA	0
ZP5_38	48.34779	2.388484	7	3	3	NA	0
ZP5_38	48.34779	2.388484	12	0	7	NA	0
ZP5_38	48.34779	2.388484	10	0	2	NA	2
ZP5_39	48.34783	2.388785	1	0	3	NA	0
ZP5_39	48.34783	2.388785	1	0	NA	NA	0
ZP5_39	48.34783	2.388785	1	0	1	NA	0
ZP5_40	48.34781	2.389046	1	0	2	NA	0
ZP5_40	48.34781	2.389046	1	1	3	NA	0
ZP5_40	48.34781	2.389046	0	0	1	NA	0
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_41	48.34780	2.389291	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_42	48.347699	2.38808	NA	NA	1	NA	NA

ZP5_42	48.347699	2.38808	NA	NA	1	NA	NA
ZP5_42	48.347699	2.38808	NA	NA	2	NA	NA
ZP5_43	48.347682	2.388263	7	0	16	NA	1
ZP5_43	48.347682	2.388263	3	0	14	NA	0
ZP5_43	48.347682	2.388263	1	1	11	NA	5
ZP5_43	48.347682	2.388263	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_44	48.347635	2.388513	0	3	3	NA	0
ZP5_44	48.347635	2.388513	4	1	2	NA	1
ZP5_44	48.347635	2.388513	1	NA	6	NA	0
ZP5_44	48.347635	2.388513	NA	1	NA	NA	NA
ZP5_45	48.347661	2.388798	1	2	1	NA	0
ZP5_45	48.347661	2.388798	1	3	NA	NA	0
ZP5_45	48.347661	2.388798	1	1	NA	NA	0
ZP5_45	48.347661	2.388798	NA	NA	NA	NA	NA
ZP5_46	48.34762	2.389023	2	NA	NA	NA	0
ZP5_46	48.34762	2.389023	3	2	NA	NA	0
ZP5_46	48.34762	2.389023	2	0	2	NA	0
ZP5_6	48.348749	2.389117	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_6	48.348749	2.389117	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_6	48.348749	2.389117	0	NA	NA	NA	NA
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	0	NA	NA	0
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	NA	NA	NA	0
ZP5_7	48.348519	2.387657	0	NA	NA	NA	0
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	6
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	2
ZP5_8	48.348521	2.387939	0	NA	NA	NA	2
ZP5_9	48.348548	2.38823	0	NA	NA	NA	3
ZP5_9	48.348548	2.38823	0	NA	NA	NA	1
ZP5_9	48.348548	2.38823	0	NA	NA	NA	1
ZP6_1	48.348144	2.386382	6	5	NA	NA	0
ZP6_1	48.348144	2.386382	3	NA	29	NA	0
ZP6_1	48.348144	2.386382	2	8	17	NA	2
ZP6_1	48.348144	2.386382	NA	14	NA	NA	NA
ZP6_2	48.347792	2.38581	5	1	2	NA	1
ZP6_2	48.347792	2.38581	2	15	1	NA	0
ZP6_2	48.347792	2.38581	0	11	2	NA	0
ZP6_3	48.347821	2.386322	0	NA	NA	NA	0
ZP6_3	48.347821	2.386322	0	NA	NA	NA	0
ZP6_3	48.347821	2.386322	0	NA	NA	NA	0
ZP6_4	48.34748	2.385822	0	NA	NA	NA	0
ZP6_4	48.34748	2.385822	0	NA	NA	NA	0
ZP6_4	48.34748	2.385822	0	NA	NA	NA	0
ZP6_5	48.347401	2.386297	0	NA	NA	NA	0
ZP6_5	48.347403	2.386299	0	NA	NA	NA	0

ZP6_5	48.347402	2.386298	0	NA	NA	NA	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	NA	1	NA	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	NA	2	NA	0
ZP7_1	48.355478	2.383747	0	NA	1	NA	0
ZP7_10	48.354109	2.385988	0	NA	5	NA	0
ZP7_10	48.354111	2.385990	0	NA	9	NA	0
ZP7_10	48.354110	2.385989	0	NA	8	NA	0
ZP7_11	48.353592	2.384190	0	NA	NA	NA	0
ZP7_11	48.353591	2.384189	0	NA	NA	NA	0
ZP7_11	48.353593	2.384191	0	NA	NA	NA	0
ZP7_12	48.353748	2.385181	0	NA	NA	NA	0
ZP7_12	48.353748	2.385181	0	NA	1	NA	0
ZP7_12	48.353748	2.385181	0	NA	NA	NA	0
ZP7_12	48.353748	2.385181	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	2	NA	7
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	1	NA	5
ZP7_13	48.353661	2.38615	0	NA	2	NA	4
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	2	4	NA	1
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	1	1	NA	1
ZP7_14	48.353818	2.386939	0	0	NA	NA	0
ZP7_14	48.353818	2.386939	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0
ZP7_15	48.353065	2.384399	0	NA	NA	NA	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	0	NA	NA	NA	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	0	NA	NA	NA	0
ZP7_16	48.35313	2.385285	0	NA	NA	NA	0
ZP7_17	48.35306	2.386034	0	NA	NA	NA	0
ZP7_17	48.35308	2.386036	0	NA	NA	NA	0
ZP7_17	48.35307	2.386035	0	NA	NA	NA	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	0	3	NA	2
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	1	1	NA	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	0	NA	NA	NA	0
ZP7_18	48.353216	2.387025	NA	1	NA	NA	NA
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	NA	NA	0
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	1	NA	0
ZP7_19	48.352896	2.388	0	NA	1	NA	0
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	NA	14	NA	0
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	1	9	NA	1
ZP7_2	48.355561	2.384669	0	0	11	NA	0
ZP7_20	48.35242	2.38519	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_20	48.35242	2.38519	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_20	48.35242	2.38519	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	NA	NA	NA

ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_21	48.35241	2.38569	NA	NA	NA	NA	NA
ZP7_22	48.352453	2.38628	0	0	NA	NA	0
ZP7_22	48.352453	2.38628	0	NA	NA	NA	0
ZP7_22	48.352453	2.38628	0	NA	NA	NA	2
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	8	NA	2
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	7	NA	2
ZP7_23	48.352482	2.387087	0	NA	8	NA	0
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	1
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	0
ZP7_24	48.352347	2.388232	0	NA	NA	NA	0
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	NA	13	NA	0
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	1	13	NA	0
ZP7_3	48.355466	2.385612	0	2	8	NA	0
ZP7_3	48.355466	2.385612	NA	1	NA	NA	NA
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	NA	5	NA	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	1	8	NA	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	0	0	3	NA	0
ZP7_4	48.35555	2.386456	NA	0	NA	NA	NA
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	NA	1	NA	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	6	NA	NA	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	0	7	1	NA	0
ZP7_5	48.354897	2.384739	NA	2	NA	NA	NA
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	1	1	NA	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	NA	1	NA	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	0	1	NA	NA	0
ZP7_6	48.354704	2.385554	NA	0	NA	NA	NA
ZP7_7	48.355121	2.386268	0	NA	NA	NA	0
ZP7_7	48.355121	2.386268	0	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_8	48.354346	2.38449	0	2	3	NA	0
ZP7_8	48.354346	2.38449	0	2	1	NA	0
ZP7_8	48.354346	2.38449	NA	1	NA	NA	NA
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	NA	NA	0
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	NA	NA	0
ZP7_9	48.354326	2.385161	0	NA	1	NA	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	1	0	1	NA	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	1	1	6	NA	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	0	NA	2	NA	0
ZP8_1	48.358501	2.38021	NA	1	NA	NA	NA
ZP8_10	48.357618	2.380196	0	1	NA	NA	0
ZP8_10	48.357618	2.380196	0	NA	NA	NA	0
ZP8_10	48.357618	2.380196	0	1	NA	NA	0

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

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

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