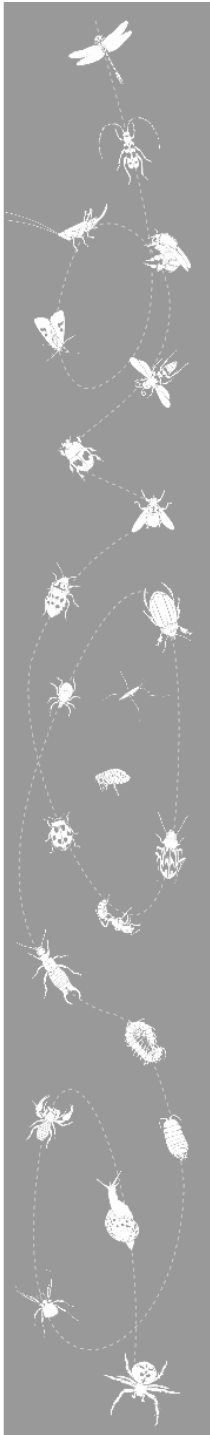


**Etude comparative des communautés  
d'arthropodes terrestres dans  
différents contextes de gestion des  
prés et marais salés de la baie du  
Mont Saint-Michel (35/50)**



Année 2022



**Coordination** : Pierre DEVOGEL

**Prospections** : Benoît LECAPLAIN & Pierre DEVOGEL

**Identification** : Pierre DEVOGEL (araignées, coléoptères carabiques), Benoît LECAPLAIN (mollusques), Clément GOURAUD (Fourmis), Jean-Paul LECHAPT (coléoptères curculionidae).

**Analyse et rédaction** : Pierre DEVOGEL

**Relecture** : Franck HERBRECHT

**Remerciements** :

Nous tenons particulièrement à remercier Morgan GRIVAUD pour l'énergie et la bonne humeur avec laquelle il nous a accompagné au cours de cette étude.

**Ce rapport doit être référencé comme suit :**

DEVOGEL P., 2022. – Etude comparative des communautés d'arthropodes terrestres dans différents contextes de gestion des prés et marais salés de la baie du Mont Saint-Michel (35/50) - Rapport du Gretia pour le Conservatoire du Littoral, le Syndicat Mixte Littoral Normand, le Syndicat Bassin Versant du Couesnon et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. 52 p.

**Illustrations de couverture** : Multiplicité des faciès de végétation en baie du Mont Saint-Michel, 16/09/2021, Pierre Devogel

**I. Contexte**

I.1. Contexte du projet .....	3
I.2. Contexte de l'étude.....	4
I.3. Objectifs de cette étude.....	4
I.4 Historique de la connaissance entomo-arachnologique locale.....	5

**II. Matériel et méthodes ..... 5**

II.1. Choix des secteurs étudiés.....	5
II.2.Choix des taxons étudiés.....	8
II.2.1.Les Araignées.....	8
II.2.2.Les Coléoptères Carabidae .....	11
II.2.3.Les Amphipodes .....	13
II.3. Méthodes d'échantillonnages mises en place .....	14
II.5.Analyses statistiques .....	16

**III.Résultats..... 16**

III.1.Acquis de l'étude.....	16
III.2. Approche structurelle .....	20
III.2.1.Description des communautés.....	20
III.2.2.Les Araignées caractéristiques / indicatrices .....	23
III.2.3. Les Coléoptères carabidae caractéristiques / indicateurs .....	27
III.2.4. La richesse spécifique.....	30
III.3. Approche fonctionnelle.....	31
III.3.1.Comparaison des abondances .....	31
III.3.2.Proportion d'abondance en espèces halophiles .....	32
III.3.3.Comparaison de biomasse en amphipodes .....	33
III.4. Synthèse des paramètres par station .....	35

**IV. Bilan et perspectives..... 42**

Apport à la connaissance entomo-arachnologique .....	42
Influence de la gestion par pâturage .....	42
Influence du pâturage dirigé.....	44
Influence de la fauche des stations à Chiendent maritime .....	44
Conclusion et ouverture.....	45

**Bibliographie ..... 46****Annexe 1 : Liste des études et thèses sur l'étude des invertébrés en baie du Mont Saint-Michel. .... 48****Annexe 2 : Liste taxonomique des espèces d'Aranéides et de Coléoptères Carabidae .. 50**

## I. Contexte

### I.1. Contexte du projet

La baie du mont Saint-Michel, inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1979, est composée d'une juxtaposition de grandes unités écologiques : les marais arrière-littoraux, les polders, les marais salés (i.e. schorres) et les vasières (i.e. slikkes). La partie maritime de la baie (schorre et slikke) fait partie du réseau européen Natura 2000 (Zone Spéciale de Conservation et Zone de Protection Spéciale). Les marais salés qui la compose sont des écosystèmes relativement rares, couvrant au total une surface inférieure à 0,01% de la surface du globe (MEIRE & KUIJEN, 1988, cités par DESENDER & MAELFAIT, 1999). Le long des côtes européennes leur répartition est très fragmentée, toutefois ces écosystèmes ont une production primaire parmi les plus importantes de la planète (jusqu'à 30 tonnes de matière sèche par hectare et par an en Europe : LEFEUVRE ET AL., 2000) et une production secondaire inhérente très élevée. Les marais salés assurent donc, de par leur productivité très importante, des fonctions écologiques majeures, par exemple l'exportation directe de matière organique vers les écosystèmes côtiers lors des marées (ODUM, 1969 *in* NOUGUES, 2004), ou indirecte, les amphipodes qui s'y développent servant de ressource alimentaire principale pour de nombreuses espèces de poissons (LAFFAILLE ET AL., 2000) et d'oiseaux. Ces marais sont des écosystèmes influencés par une immersion périodique liée aux fluctuations tidales et une très forte salinité du sol qui en résulte. De par la présence de ces contraintes, ils possèdent une faune et une flore peu diversifiées mais hautement spécialisées, qui contribuent à leur donner une très forte valeur conservatoire.

Les enjeux de conservation et de gestion des fonctionnalités des marais salés ainsi que de leur biodiversité sont donc très importants (LEFEUVRE ET AL., 2003), alors même qu'ils connaissent des problèmes communs à toutes les zones humides, tels que la pollution, l'eutrophisation, la fragmentation des sites, le pompage ou l'intensification des pratiques agricoles (CHAMPION ET AL., 2000). De plus, la baie connaît une autre menace, rencontrée dans de nombreux autres marais salés européens, qui est le développement envahissant d'une espèce autochtone, le Chiendent maritime (*Elytrigia acuta*). Ce phénomène d'expansion modifie considérablement le couvert végétal, entraînant une modification des marais tant sur le plan conservatoire que sur le plan fonctionnel (PETILLON ET AL., 2005a, b). En baie du Mont Saint-Michel, les marais salés ont un rôle économique fort du fait de l'élevage de moutons de « prés salés ». La majeure partie des schorres (appelés localement « herbus ») de la baie sont pâturés à des intensités très différentes selon les secteurs.

Malgré leur exceptionnelle richesse et la multitude d'enjeux qu'ils supportent, les marais salés n'ont jusqu'à présent pas fait l'objet de programme complet d'acquisition de connaissances ; de ce fait, la connaissance naturaliste y reste disparate, selon les secteurs et les compartiments biologiques. Les effets des mesures de gestion concernant ces milieux sont dès lors difficiles à décrire.

L'impact sur la fonctionnalité des milieux des opérations de lutte active contre la propagation du Chiendent maritime menées dans le cadre des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques depuis 2015, en coordination avec les cahiers des charges AOT/COT (Autorisation d'occupation temporaire/Convention d'occupation temporaire), nécessiterait d'être analysé. Les actions de restauration par pâturage, fauche et/ou broyage réalisées par les associations pastorales modifient directement la strate herbacée, mais n'ont pas encore fait l'objet d'études pour connaître leurs impacts à plus long terme sur la richesse et la productivité des marais salés (faune, flore, pédologie). Le présent projet vise à étudier ces divers compartiments, notamment en perspective du renouvellement des AOT en 2022 et des modalités d'accompagnement proposées par la future PAC (Politique Agricole Commune).

### **I.2. Contexte de l'étude**

Cette étude s'inscrit dans un projet global qui vise à collecter puis croiser les connaissances disponibles sur différents compartiments biologiques. Ces compartiments sont les suivants : phytosociologie, ornithologie, ichtyologie, entomo-arachnologie. Les résultats obtenus dans chaque compartiment pourront être synthétisés et mutualisés dans des fiches d'analyse croisées, notamment ceux concernant les mêmes secteurs géographiques préalablement identifiés, au regard des pratiques de gestion mises en œuvre. De plus, les réponses qu'apporteront ces travaux offriront un outil d'accompagnement des MAEC (Mesures AgroEnvironnementales et Climatiques) en cours et pourront contribuer à l'acquisition de connaissances sur les secteurs de prés salés attribués au Conservatoire du littoral en baie du Mont-Saint-Michel.

### **I.3. Objectifs de cette étude**

Cette étude a pour objectif premier l'acquisition de données naturalistes sur les invertébrés terrestres dans des secteurs de prés et marais salés de la baie du mont Saint-Michel sous diverses modalités de gestion. Cette collecte de données et l'interprétation qui en sera faite doit apporter des éléments de réponse vis-à-vis des objectifs suivants :

- évaluer l'amplitude des effets potentiels des pratiques agricoles (fauche avec export) et pastorales (pâturage) actuelles sur la faune d'invertébrés des prés et marais salés ;
- déterminer quelles sont les pratiques les plus adaptées pour conserver / restaurer la fonctionnalité et la patrimonialité des prés et marais salés ;
- identifier les paramètres liés aux invertébrés terrestres pouvant servir d'indicateurs de l'état de conservation des prés et marais salés.

#### **I.4 Historique de la connaissance entomo-arachnologique locale**

Antérieurement à cette étude, la baie du mont Saint-Michel a été l'objet de plusieurs études, publications scientifiques, thèses et rapports de synthèse au cours des quarante dernières années. Une liste non exhaustive de ces travaux est présente en Annexe 1. Une partie des données issues de ces travaux sont numérisées dans des bases de données accessibles. Toutefois, en raison de la difficulté, voire de l'impossibilité, d'extraire d'une partie de ces études leurs données brutes et d'associer ces données brutes avec des localisations GPS exactes, il est aujourd'hui difficile d'établir le nombre réel de données existantes et leur localisation sur ce territoire. Une partie des données antérieures à cette étude peuvent être considérées comme « dégradées » : effectifs non détaillés et/ou données datées et/ou géolocalisées de manière imprécise. Ces travaux apportent toutefois de précieuses informations quant à la présence historique de telles ou telles espèces en baie du Mont. Ainsi, en 2007 le rapport de synthèse BRANCH faisait un état de synthèse de 123 espèces d'araignées et de 71 espèces de coléoptères carabidae présents entre la digue et la slikke de la baie du Mont Saint-Michel (PETILLON ET AL., 2007).

## **II. Matériel et méthodes**

### **II.1. Choix des secteurs étudiés**

Au vu de la surface très importante de marais salés situés dans le territoire d'étude, l'analyse comparative de stations présentant différents faciès de végétation et modalités de gestion a été mise en place. Ainsi, nous avons pu comparer notamment des secteurs de marais salés ne faisant l'objet d'aucune gestion et des stations fauchées, broyées et/ou pâturées, afin d'analyser l'impact de ces pratiques sur le milieu. Le protocole mis en place ici correspondant aussi au protocole du volet optionnel n°4 du protocole national de surveillance scientifique des "Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" (Le Luherne & Caillot, 2018), la localisation des stations a été définie en fonction de leur proximité avec les criches (chenaux naturels estuariens) suivies dans le cadre du volet ichtyologique de ce projet.

Au sein des stations, les volets entomologique, botanique, avifaunistique, ichtyologique et pédologique ont ainsi été déclinés, à des échelles adaptées à chaque protocole de suivi, afin d'analyser la fonctionnalité des différents faciès de marais salés. En parallèle de ces études, une analyse du rythme de submersion des marais salés via la prise en compte des relevés Lidar et des observations de terrain, sera réalisée par le Conservatoire du littoral. En effet, le recouvrement par la mer de ces espaces structure profondément les sous-unités fonctionnelles des systèmes de marais salés et influe sur la biodiversité en place. Le croisement de ces relevés et cartographies avec la présente étude permettra de contextualiser certaines observations naturalistes sur le plan fonctionnel.

Les stations ont été préalablement sélectionnées sur l'ensemble du littoral de prés et marais salés de la baie du mont Saint-Michel en fonction des modalités de gestion existantes.



Figure 1 : Localisation des stations d'échantillonnage en baie du mont Saint-Michel

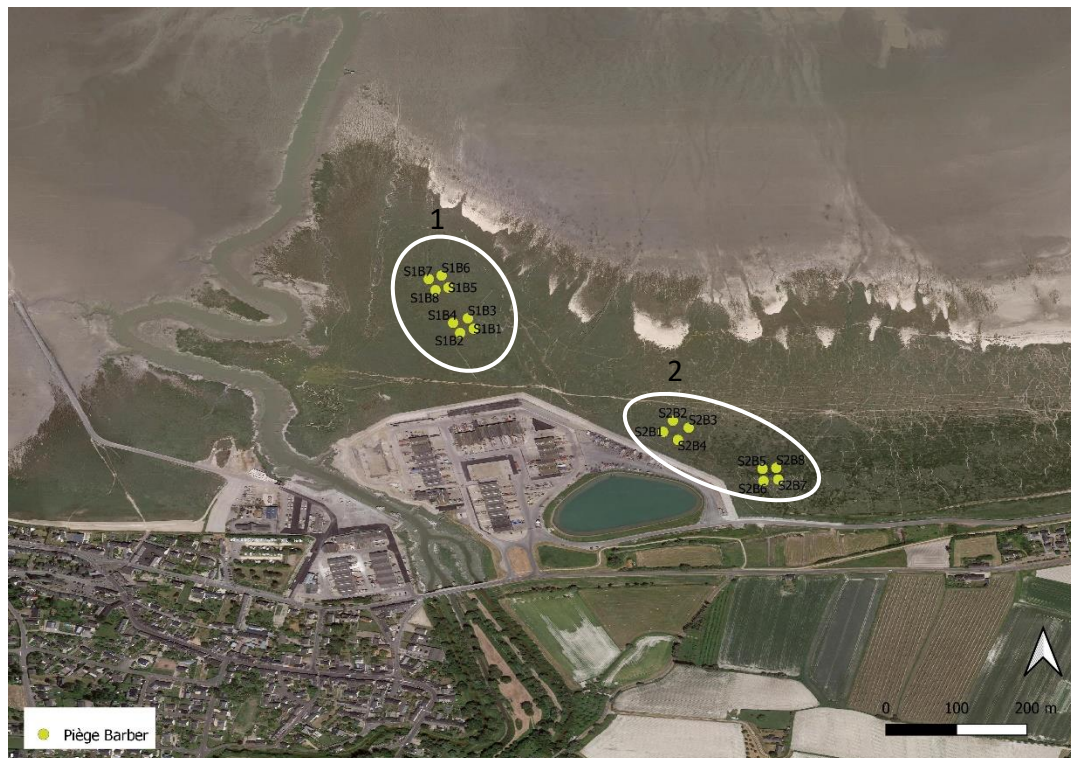


Figure 2 : Localisation des systèmes de piégeage sur les stations 1 et 2 – Le Vivier sur Mer



Figure 3 : Localisation des systèmes de piégeage sur les stations 3 et 4 – Le Mont-Saint-Michel



Figure 4 : Localisation des systèmes de piégeage sur les stations 5, 6 et 7 - Huisnes-sur-mer



**Tableau 1 : Coordonnées GPS, espèce végétale dominante et modalités de gestion présente sur les stations d'échantillonnage**

Station	Espèce végétale dominante	Modalité de gestion	X	Y
1	Obione	Aucune	-1.768871	48.607888
2	Puccinellie	Pâturage dirigé	-1.764084	48.605380
3	Chiendent maritime/Arroche/Soude	Aucune	-1.537232	48.637851
4	Chiendent maritime/Puccinellie	Fauche annuelle	-1.537938	48.638550
5	Chiendent maritime/ <i>Agrostis stolonifera</i> / <i>Trifolium fragiferum</i>	Pâturage quotidien	-1.453599	48.630213
6	Puccinellie/Chiendent maritime/ <i>Agrostis stolonifera</i> / <i>Platago maritima</i>	Pâturage fréquent	-1.756351	48.635353
7	Obione	Pâturage occasionnel	-1.463229	48.643559

## II.2.Choix des taxons étudiés

Les Coléoptères Carabiques et les Araignées ont été choisis car ils constituent les groupes de macro-Arthropodes terrestres les plus abondants et les plus diversifiés des milieux étudiés (FOSTER & TREHERNE, 1976 ; ELKAIM & RYBARCZYCK, 2000). Par ailleurs, les amphipodes ont été pris en compte du fait de la grande biomasse qu'ils représentent dans les marais salés, au point qu'ils représentent une des principales composantes de la forte productivité de ces milieux.

### II.2.1.Les Araignées

Les araignées sont des Arachnides appartenant au phylum des Arthropodes et à l'embranchement des Chélicérates. Les Arachnides présentent quatre paires de pattes et des chélicères. On y retrouve principalement, en ce qui concerne l'ouest de l'Europe, les araignées, les opilions (ou faucheux), les scorpions, les pseudoscorpions et enfin les acariens.

#### Identification

Le corps des araignées est divisé en deux parties (Fig. 5) : le céphalothorax (ou *Prosoma*) et l'abdomen (ou *Opisthosoma*). Le céphalothorax, plus solide, car constitué de chitine, est lui-même divisé : sa face supérieure forme la carapace, l'inférieure le sternum. Entre ces deux parties s'insèrent les pattes, les pédipalpes, les chélicères et la bouche. Les araignées possèdent en général huit yeux, parfois six, répartis sur la région céphalique. Leur taille et leur disposition varient selon les familles, ce qui en fait un critère important pour l'identification. Les chélicères, composées d'une partie basale et de crochets articulés, servent à mordre et à injecter le venin. Toutes les espèces sont venimeuses à quelques exceptions (les araignées de la famille des Uloboridae ne possèdent pas de glandes à venin). Les chélicères, variant de taille et d'apparence, sont, elles aussi, très utiles à l'identification.

Les pattes-mâchoires (ou pédipalpes) sont constituées de six segments (coxa, trochanter, fémur, patella, tibia et tarse). Le tarse de la femelle possède souvent une petite griffe à son extrémité.

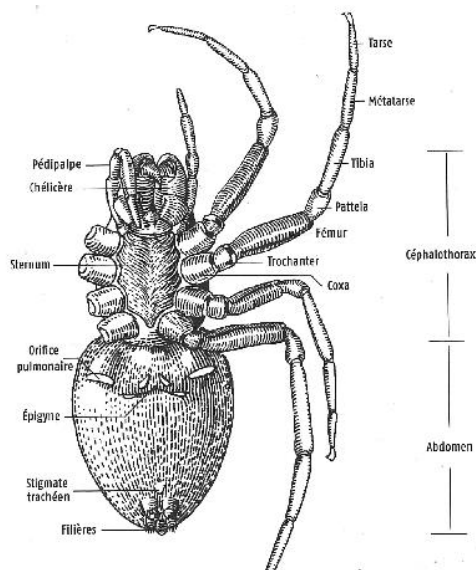


Figure 5 : Représentation schématique d'une araignée, ici *Araneus* sp. (Bellmann, 2014).

Chez les mâles adultes, les palpes sont modifiés en organes sexuels d'accouplement qui sont la structure la plus importante pour l'identification des individus mâles au niveau spécifique (Fig. 6). Derrière ces palpes sont disposées les quatre paires de pattes. Chacune d'elles est constituée de sept segments (coxa, trochanter, fémur, patella, tibia, métatarse et tarse). Elles portent souvent des épines et des organes sensoriels : les trichobothries, sensibles aux mouvements de l'air et aux vibrations. L'abdomen varie selon les espèces par la taille, la forme et les dessins qu'il porte. Les mâles ont habituellement un abdomen plus petit que les femelles. Chez les deux sexes, il est en général marqué d'une tache lancéolée sur sa face dorsale. Celle-ci est nommée tache cardiaque du fait de la présence du cœur juste en dessous du tégument. Sur la face ventrale, au niveau du pli épigastrique, se trouvent les orifices génitaux. Chez les femelles adultes, ils sont inclus, le plus souvent, dans un organe sclérifié : l'épigyne (Fig. 7), qui est la structure la plus importante pour l'identification des femelles au niveau spécifique. De chaque côté de cet organe sont disposés, chez la plupart des espèces, les poumons. À l'extrémité de l'abdomen se trouvent l'organe excréteur, placé sur une petite proéminence nommée le tubercule anal, le stigmate trachéen et enfin les filières, dont la disposition et le nombre varient (de deux à huit selon les familles, généralement six).



Figure 6 : Bulbe copulateur du mâle de *Larinioides cornutus*. (Cliché : C. Courtial).



Figure 7 : Épigyne de la femelle de *Larinioides cornutus*. (Cliché : C. Courtial).

L'identification des individus se fait tout d'abord jusqu'à un niveau générique par l'observation, entre autres, de la disposition et la forme des yeux, des filières, de la forme générale du spécimen (ou habitus) et de la disposition des épines et des trichobothries sur les pattes. Enfin, l'identification au niveau spécifique est essentiellement assurée par l'observation des organes génitaux (bulbes copulateurs des mâles et épigynes des femelles).

Le travail d'identification s'effectue sous loupe binoculaire, grossissement 10 à 40x et nécessite différentes clefs d'identification : (ROBERTS, 1987, 1995). Lorsque cela était nécessaire (HEIMER & NENTWIG, 1991) et (Michael John Roberts, 1999) ont servi de compléments. La nomenclature retenue est celle du World Spider Catalog (WORLD SPIDER CATALOG, 2022).

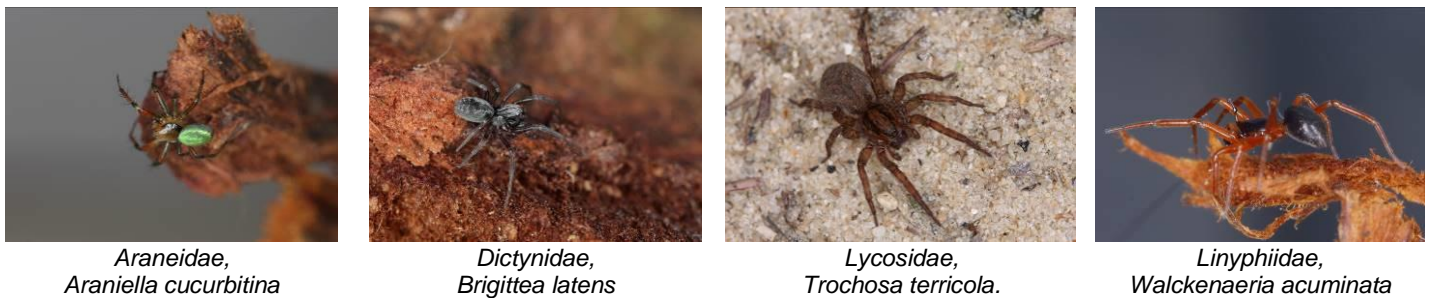


Figure 8 : Quelques araignées appartenant à 4 familles (Clichés : C. Courtial).

### Écologie

On dénombre 41 familles d'araignées en France, certaines représentées sur la figure 4. Le nombre d'espèces varie ainsi selon les auteurs : 1 569 dans le catalogue des araignées de France (LE PERU, 2007) à 1 620 dans le catalogue provisoire des araignées de France (CHANSIGAUD & CANARD, 1997). La Bretagne abrite à l'heure actuelle 612 espèces d'araignées et 739 dans le Massif armoricain (COURTIAL & PETILLON, 2016).

Abondantes et réparties dans tous les écosystèmes terrestres, elles occupent tous les biotopes : des zones humides et systèmes halophiles aux déserts arides. Cependant, bien que possédant un système de respiration aérien, une espèce possède un mode de vie exclusivement aquatique : l'Argyronète aquatique (*Argyroneta aquatica* Clerck, 1757). Les araignées sont des prédateurs carnivores exclusifs et sont considérées comme les plus importants prédateurs d'insectes dans la nature. Elles ont, par conséquent, un rôle significatif dans les écosystèmes.

Les araignées sont des prédateurs d'insectes et d'arthropodes en général, elles développent différentes stratégies de chasse. Du fait de la diversité de ces modes de chasse et leur capacité de résistance à la dessiccation, elles exploitent une grande diversité d'habitats et l'ensemble des strates de chaque biotope (de la litière à la canopée) ; les communautés s'agencent en fonction de la structure (hauteur et recouvrement) de la couverture végétale et des microclimats qui en résultent. Une communauté d'espèces peut donc se scinder en groupes fonctionnels (ou guildes) utilisant en commun un mode de chasse identique (CANARD, 1984). On distingue ainsi trois guildes : les araignées à toiles, les araignées d'affût et les araignées errantes.

### *La connaissance sur les araignées en France*

En ce qui concerne la distribution, l'atlas le plus complet à ce jour est un atlas départemental sur les araignées de Maine-et-Loire (BRAUD, 2007). Un catalogue des araignées de France synthétisant les données existantes par département a été publié récemment (LE PERU, 2007). Dans l'ouest de la France, le catalogue des araignées de l'ouest de la France (ALAIN CANARD ET AL., 1990) était jusqu'à maintenant la seule référence pour étudier la distribution des araignées à cette échelle. En 2014, des arachnologues normands ont publié le premier catalogue départemental des araignées de Basse-Normandie (CHEREAU ET AL., 2014). Depuis 2012 le projet d'atlas des araignées armoricaines (AAA 2012-2017) a été initié par deux bénévoles de l'association (Cyril Courtial et Julien Pétilon) avec deux objectifs : le premier est de cartographier les araignées présentes sur les treize départements de l'aire géographique étudiée, le second d'identifier les habitats des espèces.

En effet, sur ce dernier point, à savoir l'affinité des espèces à un habitat, nous nous référons actuellement à la bibliographie étrangère (anglaise et tchèque principalement). Ces informations sont lacunaires, car de nombreuses espèces armoricaines sont absentes de ces régions. De plus, la biogéographie influe de façon importante sur la valence écologique des espèces. Par exemple, *Piratula uliginosa* (Thorell, 1856), une Lycosidae occupant exclusivement des tourbières et landes humides dans notre région, s'observe au Royaume-Uni aussi sur les pelouses calcicoles (milieu sec). La base de données de l'atlas des araignées armoricaines permettra ici de pallier à ces biais.

À l'échelle nationale, il existe un projet en cours de cartographie départementale des araignées de France coordonné par l'AsFrA (Association Française d'Arachnologie).

### *Statut(s) de protection*

Il n'existe à l'heure actuelle aucune Liste Rouge des araignées à l'échelle nationale. On peut cependant citer l'existence de deux listes régionales, la première concernant la région Nord-Pas-de-Calais et la seconde, la Picardie. Pour cette dernière, seules les araignées orbitèles ont été listées.

En Basse-Normandie on peut citer la liste des araignées ZNIEFF élaborée concernant la famille des Lycosidae et établie par Jacob (COORD, 2015), et validée en CSRPN en date du 26 novembre 2015. Cette liste inclut 10 espèces. En Pays de Loire, une liste des araignées déterminantes ZNIEFF a été élaborée par le CSRPN (évaluation animée par J. Tourneur et validée par le conseil scientifique en février 2018). Cette liste inclut 96 espèces. Un travail similaire est en cours pour la Bretagne.

### *II.2.2. Les Coléoptères Carabidae*

Les Carabidae sont des Coléoptères appartenant au phylum des Arthropodes et à la classe des Insectes. La classe des Insectes comprend des animaux avec trois paires de pattes, une paire d'antennes et des pièces buccales externes. On y retrouve, en ce qui concerne l'ouest de l'Europe, une trentaine d'ordres parmi lesquels certains sont bien connus (Coléoptères,

Lépidoptères, Odonates, Orthoptères ...) et d'autres un peu moins (Trichoptères, Psocoptères, Plécoptères, etc...). L'ordre des Coléoptères est celui qui réunit le plus d'espèces décrites à l'heure actuelle avec près de 350 000 espèces réparties en 500 familles dans le monde. C'est la famille des Carabidae qui, avec environ 40 000 espèces, en compte le plus. On peut trouver en France 1 057 espèces, dont 155 sont considérées comme endémiques ou sub-endémiques. En ex-Basse-Normandie près de 350 espèces de carabidae ont été recensées, soit les trois quarts des espèces répertoriées à l'échelle du Massif armoricain (490 espèces) et un tiers de la faune de France.

### Identification

L'identification des individus se fait tout d'abord jusqu'à un niveau générique par l'observation, entre autres, de la couleur, de la forme, de la ponctuation et de la « pilosité » globale du corps et des appendices, de la forme du pronotum, de la forme du dernier article des palpes maxillaires, du nombre de soies sus-orbitales, de la forme des mandibules, du nombre de soies sur les palpes labiaux... A l'échelle de l'espèce les critères peuvent être très visibles, par exemple la couleur des élytres, ou très difficiles à percevoir avec par exemple la forme de la micro-réticulation des élytres. Enfin, l'identification au niveau spécifique peut nécessiter pour certains genres, notamment ceux dont les critères morpho-anatomiques extérieurs sont difficiles à percevoir, l'observation des organes génitaux des mâles (édéage et paramères). Le travail d'identification s'effectue sous loupe binoculaire, grossissement 10 à 40x et nécessite différentes clefs d'identification : (LUFF, 2007 ; COULON ET AL., 2011a, 2011b).

### Ecologie

Les plus petites espèces mesurent à peine plus de 1 mm et les plus grandes jusqu'à 40 mm. Abondantes et réparties dans tous les écosystèmes terrestres, elles occupent tous les biotopes : des zones humides et systèmes halophiles aux déserts arides. La plupart de celles que l'on retrouve en France se retrouvent sous ou sur le sol, à l'exception de certains genres tels que *Calosoma*, *Lebia*, *Dromius*, ... qui passent la majorité de leur temps dans la végétation.

Le régime alimentaire des larves comme des adultes de ce groupe est très varié. On y retrouve en effet des zoophages généralistes (la majorité), des zoophages spécialisés (sur les fourmis, les escargots ou encore les collemboles) des omnivores, des granivores (genres *Amara*, *Ophonus* ...) ou encore des phytophages (certains *Ophonus*). Le cycle annuel et le cycle journalier peuvent aussi varier au sein de ce groupe. Il est d'ailleurs intéressant de noter une certaine relation entre la couleur des espèces et leur période d'activité journalière. En effet de nombreuses espèces aux couleurs vives voire métalliques sont actives de jour (*Cicindela*, *Elaphrus*, *Notiophilus*, *Asaphidion* ...), tandis que les espèces plus sombres (*Harpalus*, *Nebria*, *Pterostichus* ...) sont davantage nocturnes. La capacité de dispersion des coléoptères peut être évaluée de manière indirecte via la taille de la paire d'ailes dédiées au vol. Ces ailes, quand elles sont développées, sont repliées sous les

élytres. On retrouve ainsi des espèces dites « microptères » n'ayant pas d'ailes développées, des espèces « macroptères » ayant des ailes aptes au vol et des espèces « polymorphes » chez lesquelles on peut trouver toutes les transitions possibles de ailés à non-ailés. Du fait de la diversité de ces modes de chasse, d'activité et de capacité de dispersion, elles exploitent une grande diversité d'habitats et l'ensemble des strates de chaque biotope (de la litière à la canopée) ; les communautés s'agencent en fonction de la structure (hauteur et recouvrement) de la couverture végétale et des microclimats qui en résultent. Une communauté d'espèces peut donc se scinder en groupes fonctionnels (ou guildes).

### *Statut(s) de protection et de menace*

De nombreuses espèces de coléoptères *Carabidae* sont protégées en France métropolitaine. La majorité de celles-ci sont des espèces cavernicoles (*Aphaenops*, *Hydraphaenops*, *Trichaphaenops*) de la moitié sud de la France. Le reste des espèces de *Carabidae* protégées appartiennent au genre *Carabus/Chrysocarabus*. On trouve sur le territoire du Massif armoricain une espèce protégée, *Chrysocarabus auronitens* (ssp. *cupreonitens* et ssp. *subfestivus*), forestière et absente du littoral. La probabilité d'échantillonner cette espèce lors de cette étude est donc proche de zéro. Il n'existe pas de liste rouge des carabiques à l'échelle nationale ni même régionale en France.

### *II.2.3. Les Amphipodes*

Comme tous les Crustacés, les amphipodes possèdent deux paires d'antennes et une respiration branchiale. Les amphipodes se caractérisent par l'absence d'une carapace unique, la présence d'une cuticule calcifiée et par un corps comprimé latéralement divisé en quatre régions, elles-mêmes divisées en plusieurs segments. Le thorax porte des pattes et des appendices de préhension, l'abdomen porte des appendices remplissant diverses fonctions : déplacement sur le sol et grande aptitude au saut autorisé par les uropodes. Du fait de la disposition des trois derniers segments du pléon (recourbés sous l'abdomen), il lui est possible de sauter à plus de 20 cm de hauteur. Les gnathopodes (appendices des premiers segments) sont préhensibles, on note un fort dimorphisme sexuel au niveau de la deuxième paire qui est hypertrophiée chez les mâles.

Le genre *Orchestia* représente la grande majorité des amphipodes présents en marais salés atlantiques. A de multiples reprises, seule l'espèce *Orchestia gamarellus* (Pallas, 1766) est notée comme présente en baie du Mont Saint-Michel, toutefois la présence d'*Orchestia mediterranea* Costa, 1853, préférentielle des laisses de mer, notée du site d'étude par FOUILLET (1984) et du littoral atlantique sur plusieurs localités au nord et au sud du site d'étude, est tout à fait probable.

Au vu du nombre total d'individus capturés (=26 097), l'identification n'a pas été menée sur l'ensemble des échantillons et une partie des spécimens collectés ont été identifiés comme étant *O. gamarellus* (Pallas, 1766), ce qui n'exclut pas la présence d'*O.*

*mediterranea*. Pour cela, et du fait des objectifs de l'étude, les données produites dans ce cadre sont donc ramenées par défaut au rang générique d'*Orchestia* Leach, 1814.

Les individus du genre *Orchestia* recherchent généralement des conditions microclimatiques précises, à la fois une humidité atmosphérique proche de 100 %. BACKLUND, 1945 in LACHAUX, 1982 mais aussi un milieu nutritif (végétaux en décomposition) en lien avec son régime alimentaire détritiphage généraliste. Ces espèces ont une capacité de dispersion terrestre relativement plus faible que leur capacité de dispersion aquatique (FANINI & LOWRY, 2014), d'où l'importance du degré de submersion dans le maintien de l'espèce. Le genre *Orchestia* tolère une large gamme de salinité, BACKLUND, 1945 in LACHAUX, 1982 note cependant pour *O. gamarellus* une préférence pour les basses salinités, tandis qu'*O. mediterranea* supporte des valeurs plus élevées en accord avec sa répartition plus basse sur l'estran. (WILDISH, 1970). La reproduction de ces espèces ne nécessite pas de migrations particulières, les œufs étant conservés dans les poches incubatrices des femelles ainsi que le premier stade libre, les jeunes individus vivent de même avec et comme les adultes (CHARNIAUX-COTTON, 1957).

Aucune espèce d'Amphipode n'est protégée en France métropolitaine.

### II.3. Méthodes d'échantillonnages mises en place

L'échantillonnage sur chaque station a été réalisé à l'aide de pots-pièges de type Barber (BARBER, 1931). Actifs de jour comme de nuit, ils permettent de capturer en continu les arthropodes se déplaçant au sol, ce dans un rayon de 10 mètres autour du piège (TOPPING & SUNDERLAND, 1992). Les pièges utilisés (Fig. 9) sont composés d'un pot, d'un cylindre creux et d'un entonnoir. Le cylindre est enterré dans le substrat, sa partie supérieure affleurant le sol, et le pot logé à l'intérieur. Un entonnoir est utilisé pour canaliser les invertébrés dans le pot et limiter la prise de petits vertébrés. Le produit conservateur utilisé est un mélange de saumure (300g/l) ; quelques gouttes d'agent mouillant (liquide vaisselle) sont ajoutées pour diminuer la tension de surface et ainsi empêcher les espèces capables de marcher sur l'eau de s'échapper. Afin de réduire l'évaporation du mélange ou sa dilution par l'eau de pluie, il est important de prévoir un chapeau, représenté ici par une plaque de plastique alvéolé.

Sur chacune des sept stations, huit pièges Barber ont été mis en place. Les pièges au sein des stations sont espacés de dix mètres afin de minimiser les interférences entre ces derniers (WARD ET AL., 2001). 56 pièges ont été posés le 3 mai 2021 puis relevés cinq fois jusqu'au 14 juin 2021 selon le calendrier indiqué dans le tableau 1. Chaque piège a ainsi été actif durant 35 jours. Nous avons privilégié un échantillonnage printanier d'une part parce qu'il s'agit de la saison la plus favorable à la capture des invertébrés en marais salés et d'autre part parce que les résultats obtenus tendent à différer peu d'une saison à l'autre dans ces milieux (PETILLON ET AL., 2007). Le contenu des différents pièges est ensuite trié pour conserver les invertébrés dans de l'éthanol à 70°.

Le piégeage par Barber est une méthode efficace pour mesurer la biomasse existante en marais salés (MANTZOUKI ET AL., 2012). Ainsi pour chaque relevé de Barber les amphipodes capturés dans le cadre de cette étude ont été séchés en étuve à 100°C pendant 5 jours et leur nombre a été estimé (sauf pour le relevé n°4). Les valeurs de biomasse et les effectifs ainsi recueillis permettent la description du fonctionnement trophique des stations.

Un échantillonnage complémentaire des arthropodes présents dans la végétation a été réalisé le 23/09/2021 sur l'ensemble des stations. Cet échantillonnage a consisté à parcourir trois transects de 50m en actionnant un filet fauchoir. Des espèces de nombreux groupes taxonomiques, parmi les araignées notamment, peuvent se retrouver à la fois au niveau du sol et dans la végétation, selon la structure de cette dernière. Ainsi, l'objectif initial de l'échantillonnage par filet fauchoir a été, d'une part, de compléter l'inventaire et, d'autre part, de confirmer l'absence sur les stations de certains taxons au regard du piégeage Barber ainsi que d'affiner l'évaluation des effectifs des espèces observées.



Figure 9 : photographie d'un pot-piège sur la station 7 (Cliché P. Devogel - Gretia)

Tableau 2 : Calendrier de piégeage dans les 7 stations échantillonnées en 2021

Date	Coefficient de marée	Heure pleine mer	Numéro de session de piégeage				
03/05/2021	53	12h41	1				
10/05/2021	76	7h16					
17/05/2021	56	11h00		2			
23/05/2021	73	17h39					
Désactivation des pièges : retrait des flacons, entonnoirs et chapeaux							
31/05/2021	70	11h38				4	5
07/06/2021	60	5h58					
14/06/2021	67	10h17					



## II.5. Analyses statistiques

Du fait de la multiplicité des contraintes abiotiques (submersion régulière, salinité) qui s'exercent, les marais salés abritent naturellement des cortèges d'arthropodes hautement spécialisés (IRMLER ET AL., 2002) mais relativement pauvres (peu d'espèces) et peu diversifiés localement, avec une forte dominance de quelques espèces halophiles ou halotolérantes. Ainsi, l'évaluation de l'état de conservation des marais salés ne peut pas reposer sur l'unique appréciation des niveaux de richesse et de diversité.

Une approche taxonomique visant à décrire les cortèges observés a été réalisée au travers d'une AFC, d'une description des espèces jugées indicatrices et d'une comparaison des richesses spécifiques observées entre stations. Les espèces indicatrices des stations ont ensuite été déterminées selon la méthode de l'IndVal (Indicator Value) (Dufrêne & Legendre, 1997) avec le package « indicpecies » (De Caceres & Legendre, 2009). Une analyse taxonomiquement plus complète, basée sur la comparaison des richesses spécifiques estimées à partir d'estimateurs de richesse (Chao 1, Jackknife 1, Bootstrap, etc) ou encore la comparaison des indicateurs de diversité (Simpson, Piélu), ne nous semble pas être la plus appropriée dans le contexte. L'analyse réalisée ici, jugée plus pertinente, est basée sur la comparaison des proportions de richesse et d'abondance des espèces halophiles et sur les biomasses en amphipodes. Ces variables de réponse peuvent être considérées comme étant indicatrices du fonctionnement du marais salé, notamment son degré de submersion et sa productivité primaire. L'ensemble des analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel Past v.4.03 et R v.4.1.2.

## III. Résultats

### III.1. Acquis de l'étude

Cette étude a permis de générer 2 322 données d'invertébrés, basées sur un total de 42 329 individus collectés et identifiés en 88 espèces et 4 taxons de rangs supérieurs à l'espèce (Tableau 3). Au vu des faibles effectifs et richesses spécifiques observées par la méthode du filet fauchoir, sur l'ensemble des stations, les résultats obtenus par cette méthode ne seront pas détaillés ici. A l'inverse l'échantillonnage par piégeage Barber a été mené avec succès dans sa totalité. Les groupes ciblés par cette méthode sont naturellement ceux qui comptent le plus grand nombre d'individus : araignées (n=8 855), carabiques (n=6 428) et amphipodes (n=26 097). Tous pièges et dates confondus, les araignées sont représentées par 36 espèces et les carabiques par 23 espèces. Ces valeurs n'appellent pas de comparaison, s'agissant de niveaux taxonomiques différents (respectivement classe, famille et ordre).

Les autres groupes ont été échantillonnés de façon beaucoup plus marginale (ou n'ont pas encore pu être valorisés). En revanche la totalité des mollusques terrestres (3 espèces, 775 individus) et quelques autres familles de coléoptères (19 espèces) (coccinelles, chrysomèles, charançons, staphylins...) capturés ont pu être valorisés.

Au regard de la liste de synthèse de connaissance des espèces d'araignées et de coléoptères carabidae présents entre la digue et la slikke de la baie du Mont Saint-Michel établie en 2007 dans le rapport BRANCH (PETILLON ET AL., 2007) et des données bibliographiques existantes (DELAHAYE, 1991), ce sont 11 nouvelles espèces qui sont à ajouter à la connaissance de la baie du mont Saint-Michel. Il s'agit de 3 espèces d'araignées : *Centromerita concinna* (Thorell, 1875), *Mermessus trilobatus* (Emerton, 1882), *Xysticus audax* (Schrank, 1803) et de 8 espèces de coléoptères carabidae : *Amblystomus niger* (Heer, 1841), *Bembidion lunulatum* (Geoffroy, 1785), *Bembidion semipunctatum* (Donovan, 1806), *Brachinus sclopetata* (Fabricius, 1792), *Calathus cinctus* Motschulsky, 1850, *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777), *Ocys harpaloides* (Audinet-Serville, 1821) et *Trechus quadristriatus* (Schrank, 1781). L'observation de ces espèces en 2021 s'est fait de manière généralisée sur l'ensemble des stations de l'étude, le fait qu'il s'agisse de nouvelles mentions ne peut donc être expliqué par une trop faible pression d'échantillonnage, antérieurement, sur tel ou tel type d'habitat, mais repose plutôt sur la capacité de dispersion/colonisation de ces espèces ainsi que la proximité des marais et prés salés avec des habitats variés.

Ainsi, ce sont aujourd'hui 127 espèces d'Araignées et 83 espèces de coléoptères carabidae dont la présence a été attestée en baie du Mont Saint-Michel. Cette liste est présente en Annexe 2.

Parmi les espèces observées ont été retrouvées 6 des 7 espèces d'araignées et 9 des 11 espèces de carabidae considérées comme halophiles et connues de la Baie du Mont Saint-Michel (PETILLON ET AL., 2007). Les espèces *Erigone arctica*, *Dyschirius salinus* et *Pogonus luridipennis* n'ont pas été observées en 2021. Si les deux premières, de par leur taille, se déplacent peu et ont donc de faibles chances d'être capturées par les pièges Barber, en revanche l'absence de *P. luridipennis*, sur près de six mille *Pogonus* capturés, est étonnante. En effet elle a été observée régulièrement en baie du mont Saint-Michel lors de précédentes études, et parfois en effectifs importants. Cette absence de capture est probablement due à son affinité avec les milieux de haute-slikke, milieux non échantillonnés dans le cadre de cette étude.

L'apport de cette étude à la connaissance des autres groupes est plus difficile à mettre en évidence en l'absence de travaux de synthèse préexistant. A partir de la connaissance existante bancarisée dans la base de données du Gretia et de Openobs, et qui inclue une partie non négligeable mais potentiellement non exhaustive des publications et rapports sur ce périmètre, 4 espèces observées dans le cadre de cette étude peuvent être considérées comme nouvelles pour la baie du mont Saint-Michel. Il s'agit de : *Phyllotreta vittula* (L. Redtenbacher, 1849), *Helophorus porculus* Bedel, 1881, *Salda littoralis* (Linnaeus, 1758) et *Psammotettix putoni* (Then, 1898). L'observation de cette dernière représente la première mention de l'espèce pour le département d'Ille-et-Vilaine.

**Tableau 3 : Liste des taxons et leur abondance observée dans chacune des stations par piégeage Barber. Les espèces considérées comme halophiles strictes sont soulignées. Pour rappel les effectifs des Amphipodes n'incluent que 4 relevés.**

Taxon	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Total
<b>Amphipoda</b>	8289	4572	7650	2623	3	29	2931	26097
<b>Talitridae</b>								
<i>Orchestia</i> Leach, 1814	8289	4572	7650	2623	3	29	2931	26097
<b>Araneae</b>	1478	1056	1542	2106	769	815	1089	8855
<b>Clubionidae</b>								
<i>Clubiona stagnatilis</i> Kulczynski in Chyzer & Kulczynski, 1897		1						1
<b>Dictynidae</b>								
<u><i>Argenna patula</i> (Simon, 1874)</u>	60	8	41	66	41	37		253
<b>Dysderidae</b>								
<i>Dysdera erythrina</i> (Walckenaer, 1802)				1				1
<b>Gnaphosidae</b>								
<i>Drassyllus lutetianus</i> (L. Koch, 1866)		1						1
<i>Haplodrassus signifer</i> (C.L. Koch, 1839)		1			3			4
<i>Micaria pulicaria</i> (Sundevall, 1831)					1			1
<i>Zelotes electus</i> (C.L. Koch, 1839)					1			1
<i>Zelotes latreillei</i> (Simon, 1878)			1			1		2
<b>Linyphiidae</b>								
<i>Agyneta rurestris</i> (C. L. Koch, 1836)				1				1
<i>Bathypantes gracilis</i> (Blackwall, 1841)						1	1	2
<i>Centromerita concinna</i> (Thorell, 1875)					1			1
<i>Erigone atra</i> Blackwall, 1833		1		2				3
<u><i>Erigone longipalpis</i> (Sundevall, 1830)</u>		32		1		31	2	66
<i>Mermessus trilobatus</i> (Emerton, 1882)					16			16
<i>Oedothorax fuscus</i> (Blackwall, 1834)		1		1	14	3		19
<i>Oedothorax retusus</i> (Westring, 1851)		3		3	24	1		31
<u><i>Silometopus ambiguus</i> (O. Pickard-Cambridge, 1906)</u>		7	1		5	42		55
<i>Tenuiphantes tenuis</i> (Blackwall, 1852)					4	2	4	10
<i>Tiso vagans</i> (Blackwall, 1834)					3			3
<b>Liocranidae</b>								
<i>Agroeca lusatica</i> (L. Koch, 1875)	2	2	17			2		23
<b>Lycosidae</b>								
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1758)					6			6
<u><i>Arctosa fulvolineata</i> (Lucas, 1846)</u>	385	81	482	605	15	46	80	1694
<i>Arctosa leopardus</i> (Sundevall, 1833)		1		2	13			16
<i>Pardosa nigriceps</i> (Thorell, 1856)					1			1
<i>Pardosa palustris</i> (Linnaeus, 1758)					399			399
<i>Pardosa prativaga</i> (L. Koch, 1870)				1				1
<u><i>Pardosa purbeckensis</i> F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>	1016	827	995	1419	7	604	999	5867
<i>Pardosa tenuipes</i> L. Koch, 1882		1			74	1		76
<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)					13			13
<b>Tetragnathidae</b>								
<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823					3			3
<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	11	87	4		113	39	2	256
<b>Theridiidae</b>								
<i>Crustulina sticta</i> (O. Pickard-Cambridge, 1861)					1			1
<u><i>Enoplognatha mordax</i> (Thorell, 1875)</u>	3	1	1	3	4	5	1	18
<b>Thomisidae</b>								
<i>Ozyptila simplex</i> (O. Pickard-Cambridge, 1862)	1	1		1	1			4
<i>Xysticus audax</i> (Schrank, 1803)					1			1
<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1758)					5			5
<b>Coleoptera</b>	747	590	1675	792	106	61	2618	6589
<b>Brentidae</b>								
<i>Catapion seniculus</i> (Kirby, 1808)			1					1
<i>Perapion curtirostre</i> (Germar, 1817)			1					1
<i>Protapion apricans</i> (Herbst, 1797)			1					1
<b>Cantharidae</b>								
<i>Cantharis lateralis</i> Linnaeus, 1758			1				1	2
<b>Carabidae</b>								
<i>Amara tibialis</i> (Paykull, 1798)					3			3
<i>Amblystomus niger</i> (Heer, 1841)		1						1

Taxon	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Total
<i>Anisodactylus poeciloides</i> (Stephens, 1828)	1	2	1	1				5
<i>Bembidion iricolor</i> Bedel, 1879				1				1
<i>Bembidion lunulatum</i> (Geoffroy, 1785)	1							1
<i>Bembidion minimum</i> (Fabricius, 1792)	1	1	5	26			4	37
<i>Bembidion normannum</i> Dejean, 1831	155	87	64	13		6	70	395
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)				2	2			4
<i>Bembidion semipunctatum</i> (Donovan, 1806)				1				1
<i>Brachinus sclopeta</i> (Fabricius, 1792)			1					1
<i>Calathus cinctus</i> Motschulsky, 1850					1			1
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)					1			1
<i>Dicheirotichus gustavii</i> Crotch, 1871	3		6	9			5	23
<i>Dicheirotichus obsoletus</i> (Dejean, 1829)			1			2		3
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)			1					1
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	1							1
<i>Ocys harpaloides</i> (Audinet-Serville, 1821)	1							1
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)				1				1
<i>Pogonus chalceus</i> (Marsham, 1802)	577	495	1568	721		39	2538	5938
<i>Pogonus littoralis</i> (Duftschmid, 1812)	1	1		2				4
<i>Tachys bistriatus</i> (Duftschmid, 1812)				1				1
<i>Tachys scutellaris</i> Stephens, 1828	3							3
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)						1		1
<b>Chrysomelidae</b>								
<i>Phyllotreta vittula</i> (L. Redtenbacher, 1849)			1					1
<b>Coccinellidae</b>								
<i>Coccinella undecimpunctata</i> Linnaeus, 1758					1			1
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i> (Linnaeus, 1760)				1	1			2
<b>Curculionidae</b>								
<i>Hypera nigrirostris</i> (Fabricius, 1775)					2			2
<i>Polydrusus pulchellus</i> Stephens, 1831			4	3				7
<i>Sibinia primita</i> (Herbst, 1795)				2				2
<i>Tanymecus palliatus</i> (Fabricius, 1787)					3			3
<i>Trichosirocalus thalhammeri</i> Schultze, 1906						2		2
<b>Elateridae</b>								
<i>Athous haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1801)				1				1
<i>Elateridae</i> Leach, 1815			21	1				22
<b>Helophoridae</b>								
<i>Helophorus porculus</i> Bedel, 1881				1	1			2
<b>Heteroceridae</b>								
<i>Heterocerus fenestratus</i> (Thunberg, 1784)				1				1
<b>Hydraenidae</b>								
<i>Ochthebius dilatatus</i> Stephens, 1829				1				1
<b>Scarabaeidae</b>								
<i>Aphodius</i> Hellwig, 1798					13	1		13
<i>Eupleurus subterraneus</i> (Linnaeus, 1758)				1				1
<i>Haplia philanthus</i> (Fuessly, 1775)					46	6		52
<b>Staphylinidae</b>								
<i>Paederus littoralis</i> Gravenhorst, 1802					29			29
<i>Pselaphinae</i> Latreille, 1802	3		1			4		8
<b>Ellobiida</b>	200	52	102			1	386	741
<b>Ellobiidae</b>								
<i>Myosotella myosotis</i> (Draparnaud, 1801)	200	52	102			1	386	741
<b>Hemiptera</b>		5			3	2		10
<b>Cicadellidae</b>								
<i>Psammotettix putoni</i> (Then, 1898)		1						1
<b>Geocoridae</b>								
<i>Henestaris halophilus</i> (Burmeister, 1835)		1						1
<b>Saldidae</b>								
<i>Salda littoralis</i> (Linnaeus, 1758)		3						3
<b>Tingidae</b>								
<i>Kalama tricornis</i> (Schrank, 1801)					3	2		5
<b>Hymenoptera</b>				1	1			2
<i>Ichneumonidae</i> Latreille, 1802				1				1
<b>Pompilidae</b>								
<i>Priocnemis fennica</i> Haupt, 1927					1			1

Taxon	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Total
<b>Isopoda</b>				1				1
<i>Armadillidium vulgare</i> (Latreille, 1804)				1				1
<b>Stylommatophora</b>					34			34
<b>Geomitridae</b>								
<i>Cochlicella barbara</i> (Linnaeus, 1758)					33			33
<b>Pupillidae</b>								
<i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758)					1			1
<b>Abondance totale</b>	10714	6275	10969	5523	916	908	7024	42329
<b>Richesse taxinomique observée</b>	20	28	26	36	42	25	14	92

### III.2. Approche structurelle

#### III.2.1. Description des communautés.

Au regard des richesses spécifiques observées il semble exister des différences notables entre les stations. En effet la station 5 avec 42 espèces observées abrite une richesse spécifique plus élevée que les autres stations. A l'opposé, seulement 14 espèces ont été observées sur la station 7. Les autres stations se situent entre ces valeurs avec 20 à 36 espèces observées. Il est important de noter que de nombreuses espèces, près de 40% de celles observées lors de cette étude, n'ont été observées que par 1 individu. Cette proportion relativement forte résulte de l'incursion dans le marais :

- de manière régulière, d'espèces dites incursives, depuis des milieux adjacents : cas d'araignées et de carabiques errants et potentiellement halotolérants
- de manière accidentelle, d'espèces continentales, via les courants aériens littoraux : cas de nombreuses araignées de la famille des Linyphiidae et de quelques carabiques ayant une dispersion aérienne.

La première Analyse Fonctionnelle des Correspondances (Fig. 10) montre que l'ensemble des pièges de la station 5 semblent ainsi avoir récolté des araignées et des coléoptères carabidae significativement différents des pièges des six autres stations. L'échelonnement du reste des pièges le long de l'axe des ordonnées sous-entend une possibilité de structuration de ceux-ci au sein des six autres stations.

La deuxième AFC (Fig. 11) exclue donc la station 5, de façon à explorer les éventuelles disparités de cortèges entre les autres stations. On observe alors une individualisation des réplicats des différentes stations. La structuration des stations ne semble toutefois pas pouvoir être expliquée majoritairement par une des variables connues (gestion par fauche ou pâturage, végétation, distance au front de mer), avec un axe des abscisses expliquant 38% de la variance.

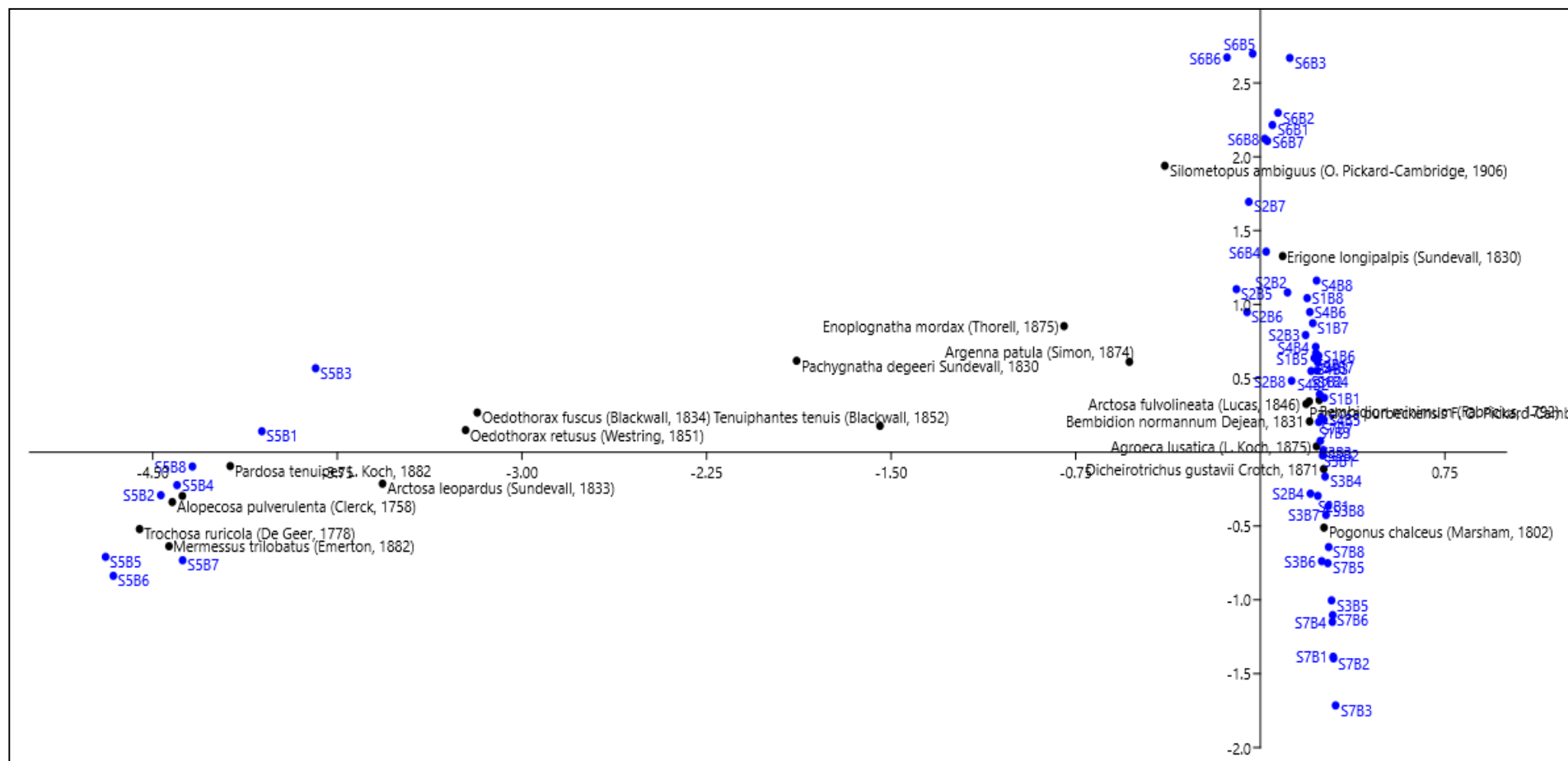


Figure 10 : Analyse Factorielle des Correspondances des stations pour les araignées et coléoptères carabidae (Axe 1 : 53%, Axe 2 : 13%)

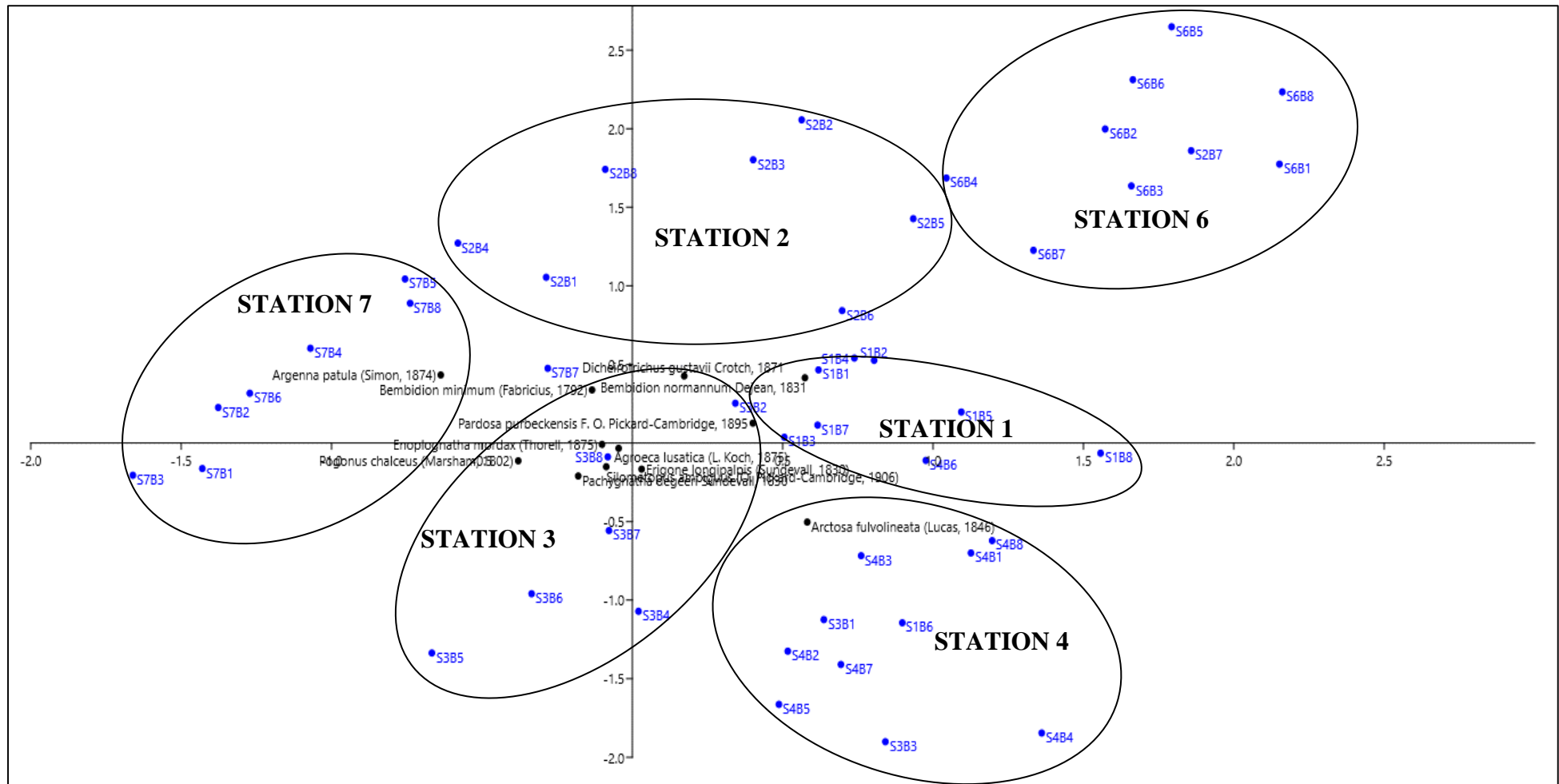


Figure 11 : Analyse Factorielle des Correspondances des stations 1-4,6 et 7 pour les araignées et les coléoptères carabidae (Axe 1 : 38%, Axe 2 : 18%).

### III.2.2. Les Araignées caractéristiques / indicatrices

Les espèces indicatrices des stations ont été déterminées selon la méthode de l'IndVal (Indicator Value) (Dufrêne & Legendre, 1997) avec le package « indicpecies » (De Cáceres & Legendre, 2009). Basé sur l'abondance relative et la fréquence relative d'une espèce, il mesure la fidélité et la spécialisation des espèces à un site donné. L'IndVal varie de 0 (non indicatrice) à 1 (indication parfaite). On considère une espèce indicatrice lorsque la valeur de l'indice est de 0,25 ou plus, et ce de façon significative.

Le tableau 4 présente les espèces qui ont été identifiées comme caractéristiques des stations d'échantillonnage par la technique des pots-pièges type Barber uniquement. Au total, 17 espèces ont été retenues comme indicatrices. Le plus grand nombre de ces espèces est observé au sein de la station 5 (n = 12), en raison probablement de son « originalité » plus marqué vis-à-vis des autres stations. La majorité de ces espèces sont des araignées à larges valences écologiques que l'on peut observer dans d'autres types d'habitats proches en termes de structuration ou de niveau d'humidité. A l'inverse on note que sur la station 4 et la station 6 les espèces considérées comme caractéristiques sont des espèces spécialistes et halophiles.

Aucune espèce n'est considérée comme indicatrice des station 1, 2, 3 et 7. Cela nous informe sur le fait que, à l'échelle de notre échantillon de 7 stations, celles-ci ne se démarquent pas des autres et accueillent des espèces similaires à l'une ou plusieurs autres stations.

**Tableau 4 : Tableau des araignées indicatrices par habitat échantillonné (IndVal > 0.25) associées au degré de spécialisation de l'espèce. Les espèces halophiles sont soulignées.**

Famille	Station / Taxon	IndVal	p.value	Degré de spécialisation
<b>Station 4</b>				
Lycosidae	<u><i>Arctosa fulvolineata</i> (Lucas, 1846)</u>	0,616	0.0001	Spécialiste
Lycosidae	<u><i>Pardosa purbeckensis</i> F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>	0,511	0.0001	Spécialiste
Dictynidae	<u><i>Argenna patula</i> (Simon, 1874)</u>	0,412	0.0027	Spécialiste
<b>Station 5</b>				
Lycosidae	<i>Pardosa palustris</i> (Linnaeus, 1758)	0,975	0.0001	Oligoèce non sélective
Lycosidae	<i>Pardosa tenuipes</i> L. Koch, 1882	0,732	0.0001	Oligoèce non sélective
Tetragnathidae	<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	0,564	0.0001	Euryèce
Linyphiidae	<i>Mermessus trilobatus</i> (Emerton, 1882)	0,474	0.0001	Euryèce
Linyphiidae	<i>Oedothorax retusus</i> (Westring, 1851)	0,458	0.0001	Euryèce
Lycosidae	<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)	0,447	0.0001	Euryèce
Lycosidae	<i>Arctosa leopardus</i> (Sundevall, 1833)	0,4	0.0001	Oligoèce non sélective
Linyphiidae	<i>Oedothorax fuscus</i> (Blackwall, 1834)	0,382	0.0001	Oligoèce non sélective
Lycosidae	<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1758)	0,354	0.0003	Euryèce
Thomisidae	<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1758)	0,354	0.0006	Euryèce
Tetragnathidae	<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823	0,274	0.0176	Euryèce
Linyphiidae	<i>Tiso vagans</i> (Blackwall, 1834)	0,274	0.0187	Euryèce
<b>Station 6</b>				
Linyphiidae	<u><i>Silometopus ambiguus</i> (O. Pickard-Cambridge, 1906)</u>	0,611	0.0001	Spécialiste
Linyphiidae	<u><i>Eriqone longipalpis</i> (Sundevall, 1830)</u>	0,382	0.0011	Spécialiste

Certaines araignées présentent une « valeur patrimoniale » élevée, du fait de leur caractère localisé à l'échelle régionale (équivalent à de la rareté) ou de leur leurs exigences écologiques



accusées leur conférant une forte sténotopie (lien exclusif ou presque avec les habitats salés). Le fait que les fréquences de présence ou les abondances de ces araignées remarquables varient entre les stations attire notre attention :

-les fortes abondances d'***Arctosa fulvolineata* (Lucas, 1846)** sur la station 1, 3 et 4.

Cette araignée, qui est errante diurne tout comme la plupart des autres Lycosidae, était considérée comme rare dans le Massif armoricain. Avec l'augmentation d'acquisition de connaissances sur les milieux littoraux des dix dernières années, il apparaît que cette espèce, bien que majoritairement localisée dans quelques grands secteurs (golfe du Morbihan, Guérande et Brière, baie de l'Aiguillon, côtes de la Manche et baie du Mont Saint-Michel), est relativement répandue sur le littoral Atlantique. Elle n'en reste pas moins une halophile inféodée aux habitats de la zone littorale sous influence tidale (marais salés, prés salés). *A. fulvolineata* est inscrite, parmi une dizaine d'espèces d'araignées, dans la Stratégie nationale de Création d'Aires Protégées terrestres (SCAP) en « priorité 1 ». C'est par ailleurs, une espèce prioritaire du Plan d'action sur la biodiversité au Royaume-Uni. (Habitat vulnérable). Bien que présente sur l'ensemble des stations, les abondances de cette espèce semblent indiquer une forte affinité avec les conditions de la station 4 (Tableau 4), et dans une moindre mesure 1 et 3. Il semblerait ainsi que le pâturage ne lui soit pas favorable, à l'inverse de la fauche ou de la présence du chien dent qui ne semble pas limiter les effectifs de cette espèce.

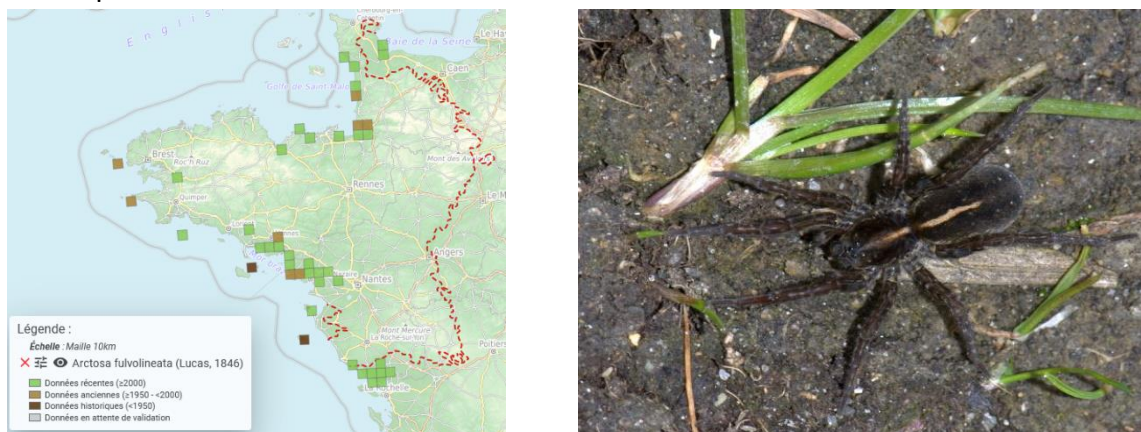


Figure 12 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *A. fulvolineata* (Source Geonature – Gretia, cliché : C. Roy)

-la quasi-absence de ***Pardosa purbeckensis* O.P.-Cambridge, 1895** sur la station 5, remplacée par ***Pardosa palustris* (Linnaeus, 1758)** présente uniquement sur cette même station

Ces araignées sont toutes les deux de la famille des Lycosidae. La première est considérée comme halophile, se cantonnant presque uniquement à la frange littorale et fréquentant essentiellement le schorre, les marais salés, les milieux estuariens. Dans les schorres de la baie du Mont Saint-Michel, elle est, l'araignée la plus commune et la plus abondante et semble avoir une affinité particulière pour les conditions telles que présentes en station 4 (Tableau 4). La seconde est beaucoup plus généraliste et non préférentielle des milieux littoraux. Un remplacement aussi marqué que celui-ci, d'une espèce halophile par une espèce euryèce, suggère une réelle différence structurelle et/ou fonctionnelle entre la station 5 et les autres stations.

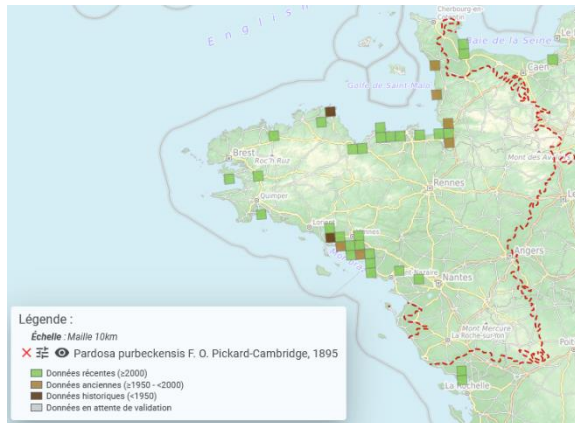


Figure 13 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Pardosa purbeckensis* (Source Geonature – Gretia, cliché : J. Van Keer)

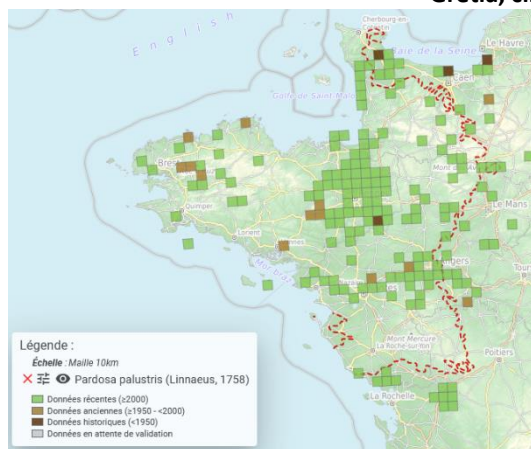


Figure 14 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Pardosa palustris* (Source Geonature – Gretia, cliché : P. Oger)

-la présence d'*Argenna patula* (Simon, 1874) sur les stations 1 à 6, et son absence sur la station 7. Il s'agit d'une espèce de dyctinide halophile, cantonnée aux milieux côtiers, estuariens et aux marais salants. Elle est présente notamment dans la laisse de mer et sous les pierres proches du rivage mais reste néanmoins rarement mentionnée dans le Massif armoricain. L'espèce semble ici tolérer à la fois le pâturage et la fauche, mais se retrouve aussi dans les milieux non exploités, son préférendum écologique semble se situer au niveau des conditions de la station 4. Son absence totale sur la station 7 est relativement étonnante et semble y indiquer la présence/l'absence d'un paramètre déterminant pour cette espèce, en relation avec son écologie.



Figure 15 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Argenna patula* (Source Geonature – Gretia, cliché : C. Roy)

-la présence quasi-exclusive d'***Erigone longipalpis*** (Sundevall, 1830) sur les stations 2 et 6. Cette araignée de la famille des linyphiides est considérée comme halophile. Elle fréquente les habitats humides, souvent au niveau du sol dans les estuaires côtiers et marais salants. Dans le Massif armoricain, elle reste assez peu citée et se cantonne à la frange littorale. En baie du Mont elle est connue pour son affinité avec les zones pâturées (PETILLON ET AL., 2007 ; LEROY ET AL, 2014), toutefois elle semble se retrouver préférentiellement dans les secteurs à pâturage dirigé/ponctuel, elle est d'ailleurs indicatrice de la station 6 (Tableau 4). La présence de secteurs gérés par un pâturage fréquent mais léger semble être une condition *sine qua non* pour que l'espèce puisse se maintenir en baie mont saint-michel.



Figure 16 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Erigone longipalpis* (Source Geonature – Gretia, cliché : L. Jansen)

-l'abondance de ***Silometopus ambiguus*** (O. Pickard-Cambridge, 1906) sur la station 6. Cette araignée de la famille des linyphiides est considérée comme halophile, fréquentant les estuaires côtiers, les marais salants et les milieux dunaires. Dans le Massif armoricain, elle est peu citée et se cantonne presque uniquement à la frange littorale et à l'estuaire de la Loire. Si l'on exclut l'individu (sans doute erratique) de la station 3, sa présence sur les stations 2 et 5 et son abondance relative sur la station 6 suggère une affinité pour les milieux pâturés. En effet, il est fort probable que pâturage ovin et ses effets sur la structure de la végétation influence indirectement les effectifs de cette espèce avec un *preferendum* proche de celui de la station 6, à savoir un pâturage fréquent.



Figure 17 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Silometopus ambiguus* (Source Geonature – Gretia, cliché : C. Roy)

-la présence exclusive de ***Mermessus trilobatus* (Emerton, 1882)** sur la station 5.

Cette Linyphiidae originaire d'Amérique du Nord a été introduite en Europe et aux Açores dans les années 70. Son point d'introduction supposé est au sud-Ouest de l'Allemagne. Aujourd'hui bien implantée dans toute l'Europe, on la retrouve dans de nombreux habitats et sur l'ensemble du Massif armoricain. L'impact de cette introduction sur les habitats n'est pas connu. Non halophile (à la limite halotolérante), cette espèce observée sur la station 5 par 16 individus est un indicateur de la particularité de cette station vis-à-vis des autres (Tableau 4).



Figure 18 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Mermessus trilobatus* (Source Geonature – Gretia, cliché : P. Oger)

### III.2.3. Les Coléoptères carabidae caractéristiques / indicateurs

De la même manière que pour les araignées, les espèces indicatrices des stations ont été déterminées selon la méthode de l'IndVal (Indicator Value) (Dufrêne & Legendre, 1997) avec le package « indicpecies » (De Cáceres & Legendre, 2009). Basé sur l'abondance relative et la fréquence relative d'une espèce, il mesure la fidélité et la spécialisation des espèces à un site donné. L'IndVal varie de 0 (non indicatrice) à 1 (indication parfaite). On considère une espèce indicatrice lorsque la valeur de l'indice est de 0,25 ou plus, et ce de façon significative.

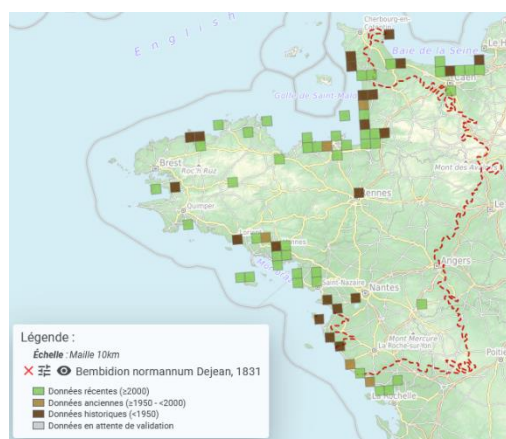
Le tableau 5 présente les espèces qui ont été identifiées comme caractéristiques des stations d'échantillonnage par la technique des pots-pièges type Barber uniquement. Au total, 8 espèces ont été retenues comme indicatrices. Le plus grand nombre de ces espèces est observé au sein de la station 5 (n = 4), en raison probablement de son « originalité » plus marqué vis-à-vis des autres stations. La majorité de ces espèces sont des carabiques spécialistes des milieux littoraux sableux, ou encore une espèce, *Bembidion properans*, à large valence écologique. Les stations 1, 4, 6 et 7 ont toutes une espèce indicatrice qui leur est propre. Ces quatre espèces sont connues pour être des halophiles sténoèces et spécialisées sur les schorres et marais salés.

**Tableau 5 : Tableau des carabes indicateurs par habitat échantillonné (IndVal > 0.25) associées au degré de spécialisation de l'espèce. Les espèces halophiles sont soulignées.**

Station / Taxon	IndVal	p.value	Degré de spécialisation	Milieux
<b>Station 1</b>				
<u><i>Bembidion normannum</i> Dejean, 1831</u>	0,608	6,00E-04	Spécialiste	Marais salés
<b>Station 4</b>				
<u><i>Bembidion minimum</i> (Fabricius, 1792)</u>	0,499	0.0048	Spécialiste	Marais salés
<b>Station 5</b>				
<i>Amara tibialis</i> (Paykull, 1798)	0,655	0.0001	Spécialiste	Milieux dunaires
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)	0,49	0.0034	Euryèce	
<i>Calathus cinctus</i> Motschulsky, 1850	0,378	0.0343	Spécialiste	Milieux dunaires
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	0,378	0.0345	Spécialiste	Milieux dunaires
<b>Station 6</b>				
<u><i>Dicheirotichus obsoletus</i> (Dejean, 1829)</u>	0,348	0.0052	Spécialiste	Marais salés
<b>Station 7</b>				
<u><i>Pogonus chalceus</i> (Marsham, 1802)</u>	0,65	1,00E-04	Spécialiste	Marais salés

L'existence de variations dans la présence/absence et dans les abondances de certaines espèces de coléoptères carabidae, ainsi que le caractère indicateur de certaines, notamment celles considérées comme halophiles, attire notre attention :

-l'absence de *Bembidion normannum* Dejean, 1831 et de *Bembidion minimum* (Fabricius, 1792), respectivement, la station 5 et les stations 5 et 6. Ces deux espèces, très proches morphologiquement et écologiquement, sont des coléoptères halophiles se déplaçant au sol ou par vol actif. Les conditions nécessaires au maintien de l'une ou de l'autre de ces deux espèces sont aujourd'hui mal connues. Il est toutefois intéressant de constater que *B. normannum* semble montrer un préférence en l'absence de gestion (indicatrice de la station 1, tableau 5) tout en tolérant le pâturage alors que *B. minimum* est une espèce indicatrice de la station 4 (tableau 5), gérée par fauche.



**Figure 19 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Bembidion normannum* (Source Geonature – Gretia, cliché : O. Bleich)**

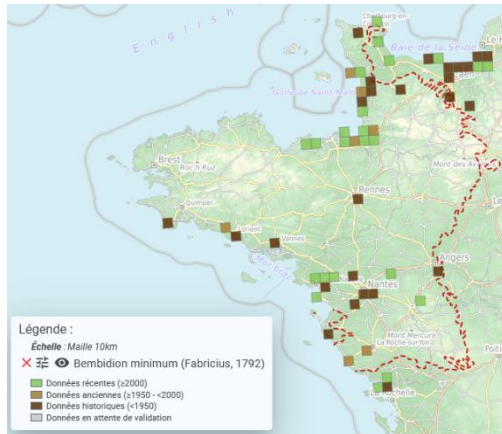


Figure 20 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Bembidion minimum* (Source Geonature – Gretia, cliché : O. Bleich)

-l'absence de *Pogonus chalceus* (Marsham, 1802) sur la station 4 et sa quasi-absence sur la station 5. Il s'agit de l'espèce de *Pogonus* la plus répandue. Elle est présente sur l'ensemble des côtes atlantiques européennes et sur le pourtour de la méditerranée, les populations atlantiques semblant être plus importantes que celles présentes en méditerranée. Halobionte, elle est aussi mentionnée dans quelques localités continentales sous influence salée, notamment en Allemagne. Sur le littoral elle est majoritairement trouvée dans les secteurs à argile marine lourde, pouvant être localement très abondante. C'est visiblement le cas sur la station 7 où elle est présente en de très fortes abondances et ressort comme étant indicatrice de la station (tableau 5). Dans les schorres de la baie du mont Saint-Michel, elle est l'espèce de coléoptère la plus commune et la plus abondante. Son absence sur la station 4 et les faibles effectifs de la station 5 sont représentatifs des changements de fonctionnement qui s'opèrent sur ces stations par rapport à un schorre typique.

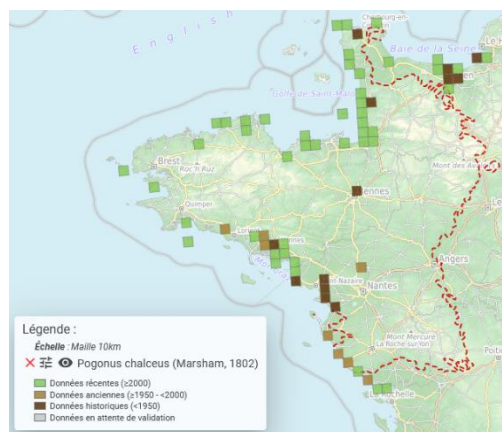


Figure 21 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Pogonus chalceus* (Source Geonature – Gretia, cliché : O. Bleich)

-les abondances observées de *Pogonus littoralis* (Duftschmid, 1812). Cette espèce présente une écologie très proche de *P. chalceus* mais accuse une répartition moins étendue au nord et au sud que ce dernier. De plus, elle ne semble pas présente sur les stations halines continentales. L'espèce a été trouvée précédemment en baie du Mont Saint-Michel dans diverses modalités de gestion et

toujours en faibles effectifs. C'est aussi le cas en 2021, ce qui rends difficile l'interprétation de l'impact de la gestion sur cette espèce.

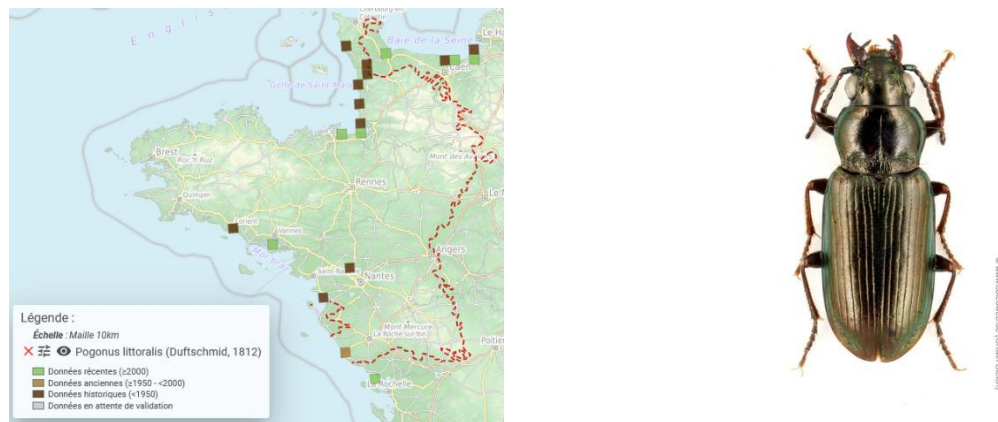


Figure 22 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Pogonus littoralis* (Source Geonature – Gretia, cliché : O. Bleich)

-la présence, bien qu'en faibles effectifs, uniquement sur les stations 1 à 4 d'*Anisodactylus poeciloides* (Stephens, 1828). Il s'agit d'un carabe halobionte (strictement inféodé aux milieux salés), se développant principalement dans les prés et marais salés atlantiques ouest-européens et est-méditerranéens. L'espèce a aussi été signalée en Europe continentale sur des sols salins, en Allemagne notamment. Considérée comme en voie de disparition sur liste rouge au Danemark, comme éteinte sur les côtes de la Belgique, l'espèce peut être considérée comme globalement en danger ; elle présente un risque d'extinction élevé du fait de l'isolement de ses populations et de sa faible capacité de dispersion. Sa présence sur les côtes du Massif armoricain semble stable, *a fortiori* en baie du mont Saint-Michel où elle est observée régulièrement, bien qu'en effectifs très faibles, lors de chaque étude avec piégeage au sol.

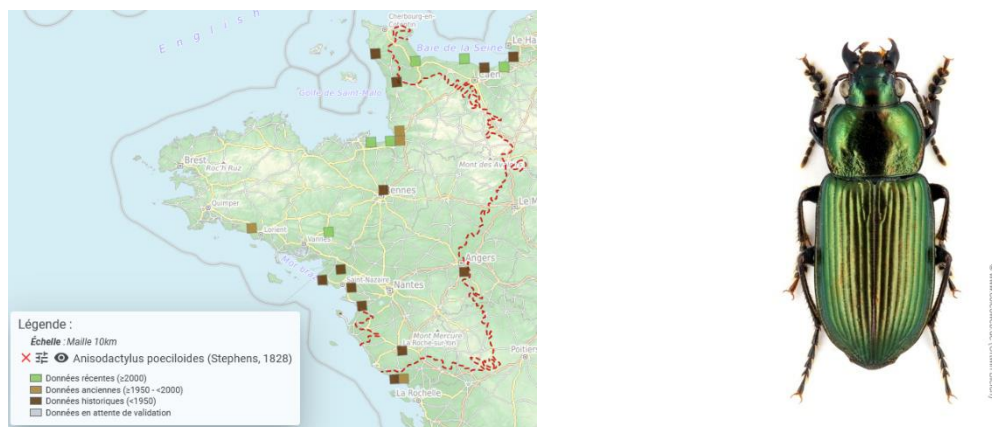


Figure 23 : illustration et carte de distribution dans l'ouest de *Anisodactylus poeciloides* (Source Geonature – Gretia, cliché : O. Bleich)

### III.2.4. La richesse spécifique

La figure 24 correspond à la représentation graphique de la richesse moyenne spécifique en araignées et coléoptères carabidae capturés par piège dans chacune des stations. Il existe des différences statistiquement significatives entre ces stations (Anova (df=6; F=9,7; p=4,65e-07)) ; le tableau 6 correspond aux résultats des comparaisons statistiques deux à deux de ces moyennes.

Ainsi, on observe que la station 5, qui correspond à un mélange ras de Chiendent maritime/*Agrostis stolonifera*/*Trifolium fragiferum* avec pâturage quotidien, abrite un nombre d'espèces moyen par piège supérieur à toutes les autres stations. A l'inverse, la station 7 qui correspond à zone à obione avec un pâturage occasionnel présente une richesse spécifique moyenne plus faible que les autres stations, cette différence n'étant cependant pas significative quand on la compare aux stations 1 et 3. Rappelons que les stations 1 et 3 ne sont pas gérées et que 7 ne l'est qu'occasionnellement par pâturage. On observe ainsi qu'en l'absence de pressions anthropiques, les milieux de marais salés semblent donc présenter une richesse spécifique naturellement faible en carabiques et araignées.

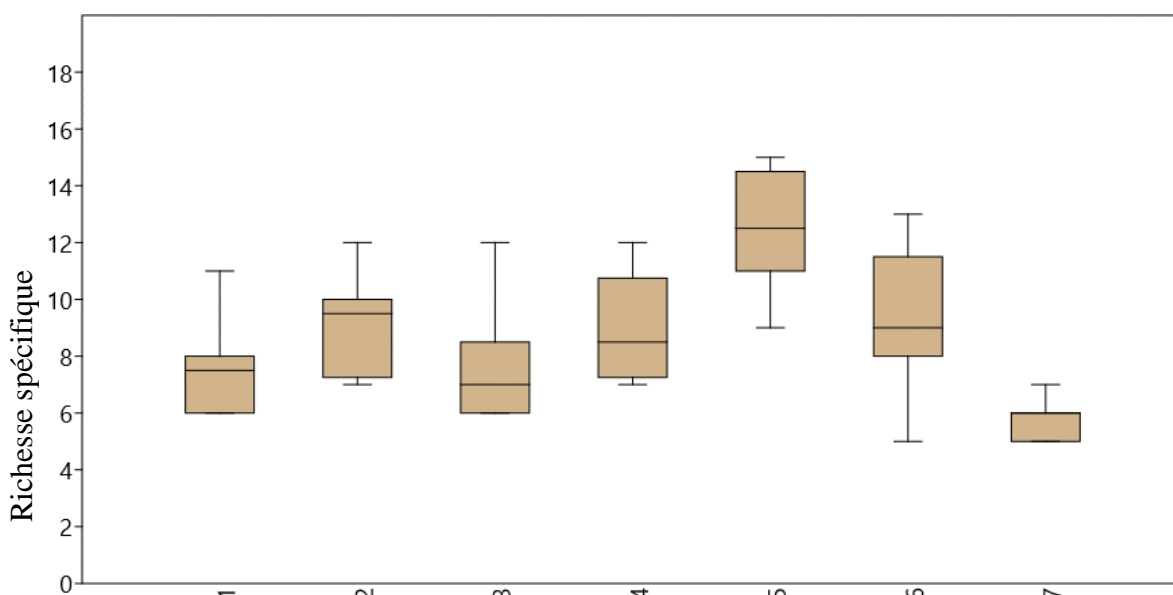


Figure 24 : Richesse spécifique moyenne en araignées et coléoptères carabidae par piège Barber dans les stations. Rappel des paramètres de végétation et de gestion : Tableau 1, page 8

Tableau 6 : résultats des comparaisons deux à deux par et test post-hoc de Tukey. Les valeurs en gras correspondent à des différences significatives ( $p < 0.05$ )

Station	1	2	3	4	5	6	7
1		0.596	1	0.6814	<b>7.401<sup>e-5</sup></b>	0.5096	0.5096
2	2.455		0.596	1	<b>0.0175</b>	1	<b>0.01207</b>
3	0	2.455		0.6814	<b>7.401<sup>e-5</sup></b>	0.5096	0.5096
4	2.266	0.188	2.266		<b>0.01207</b>	1	<b>0.01755</b>
5	7.365	4.91	7.365	5.199		<b>0.02524</b>	<b>1.034<sup>e-7</sup></b>
6	2.644	0.188	2.644	0.377	4.721		<b>0.008215</b>
7	2.644	5.099	2.644	4.91	10.01	5.288	

### III.3. Approche fonctionnelle

#### III.3.1. Comparaison des abondances

La figure 25 correspond à la représentation graphique de l'abondance moyenne en araignées et coléoptères carabidae capturés par piège dans chacune des stations. Il existe des différences statistiquement significatives entre ces stations (Anova (df=6, F=24,  $p=1,719 \times 10^{-18}$ )) ; le tableau 7



correspond aux résultats des comparaisons statistiques deux à deux de ces moyennes. Ainsi, on observe que les stations 5 et 6, qui correspondent à des stations pâturées, abritent des abondances d'arthropodes inférieures à toutes les autres stations, la station 2 exceptée. La station 7 se démarque par des variations majeures d'abondance d'un piège à l'autre. En moyenne, elle abrite toutefois plus d'araignées et de carabidae que la station 1, 2, 5 et 6, mais pas plus que les stations 3 et 4.

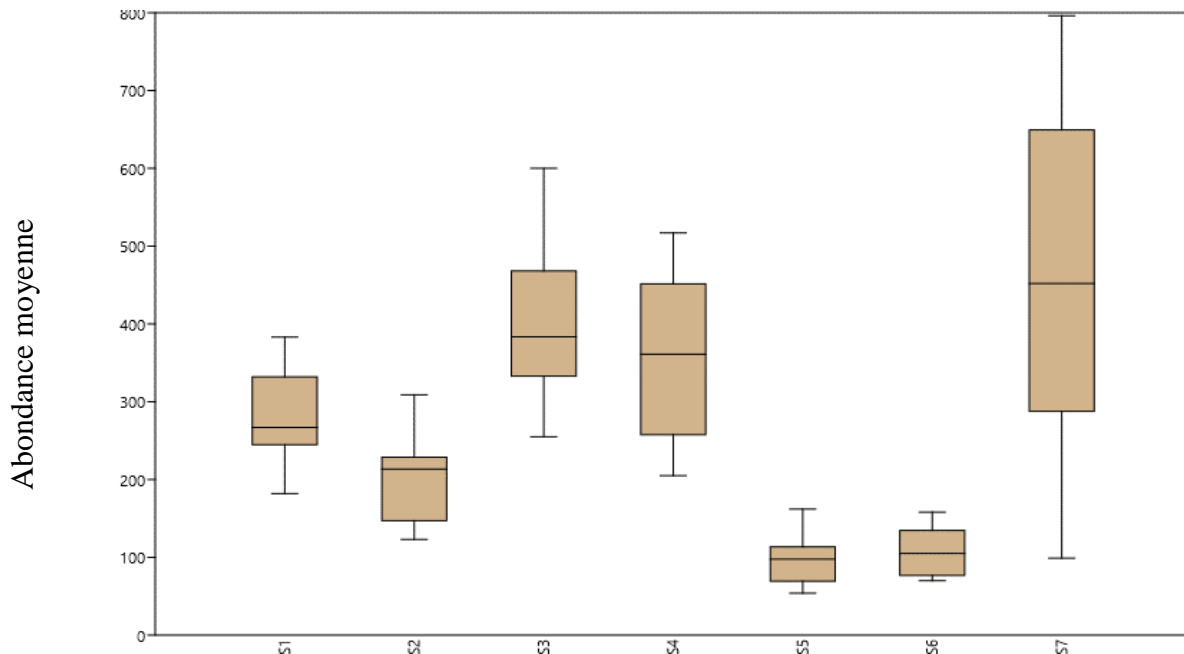


Figure 25 : Abondance moyenne en araignées et coléoptères carabidae par Barber dans les stations.

Tableau 7 : résultats des comparaisons deux à deux par et test post-hoc de Tukey. Les valeurs en gras correspondent à des différences significatives ( $p < 0.05$ )

Station	1	2	3	4	5	6	7
1		0.84	0.3132	0.739	<b>0.02847</b>	<b>0.04746</b>	<b>0.02258</b>
2	1.865		<b>0.01532</b>	0.09046	0.4434	0.5698	<b>0.0041</b>
3	3.114	4.979		0.9923	<b>2.752<sup>e-05</sup></b>	<b>5.45<sup>e-05</sup></b>	0.8993
4	2.132	3.997	0.9823		<b>0.000292</b>	<b>0.0005612</b>	0.5079
5	4.657	2.792	7.771	6.789		1	<b>4.356<sup>e-07</sup></b>
6	4.377	2.512	7.491	6.509	0.2802		<b>8.804<sup>e-07</sup></b>
7	4.779	6.644	1.665	2.647	9.437	9.156	

### III.3.2. Proportion d'abondance en espèces halophiles

La figure 26 correspond à la représentation graphique de la proportion d'abondance en araignées et coléoptères carabidae considérés comme halophiles des schorres atlantiques du Massif armoricain dans chacune des stations. Ces espèces correspondent à celles définies dans le rapport BRANCH (PETILLON ET AL., 2007) et listées dans ce présent rapport dans le tableau 3 et en annexe 2. Le facteur principal influençant la présence de ces espèces est la fréquence de submersion tidale. Ainsi, cette proportion d'abondance en espèces halophiles permet de comparer, de manière indirecte, le degré de salinité des milieux de chaque station et, donc, de caractériser leur fonctionnement en termes de marais salés.

On observe que la station 5 abrite des abondances très inférieures aux autres stations, avec moins de 10% d'individus halophiles. Les stations 2 et 6 abritent une majorité d'individus halophiles (94%) tandis que les stations 1, 3, 4 et 7 sont proches des 100%.

Ce paramètre indique clairement une perte d'influence haline sur la station 5 avec un cortège plus riche (comme nous l'avons vu supra) mais largement dominé par des espèces non caractéristiques des systèmes de prés et marais salés.

Il est intéressant d'observer par ailleurs que la station 4, correspondant à une parcelle de Chiendent à fauche annuelle en bordure de digue, présente une proportion d'espèces halophiles similaires à des stations d'obione telles que la station 1 ou 7, plus éloignées de la digue.

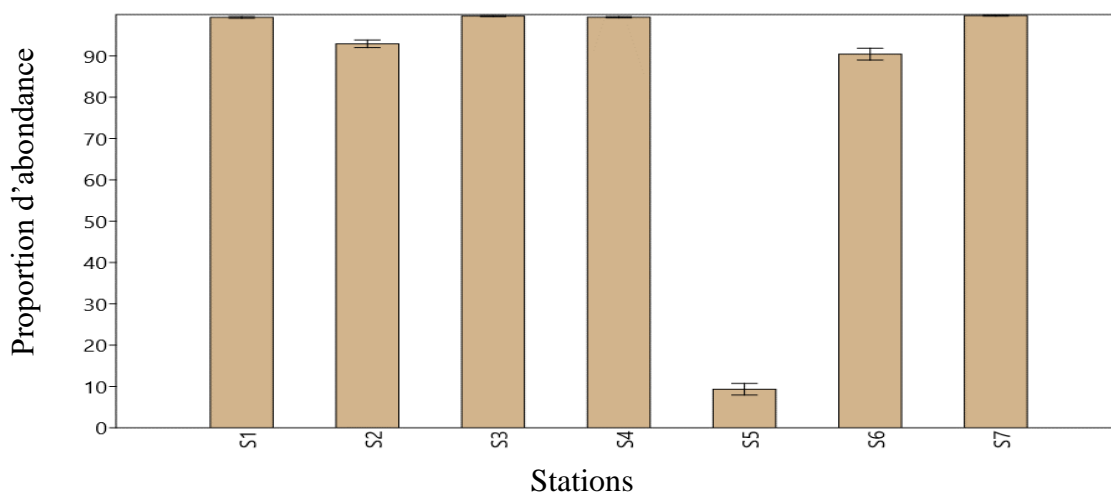


Figure 26 : Proportion d'abondance des espèces halophiles en araignées et coléoptères carabidae dans les stations.

### III.3.3. Comparaison de biomasse en amphipodes

La figure 27 correspond à la représentation graphique de la valeur de biomasse sèche moyenne cumulée d'*Orchestia* sur l'ensemble des sessions de piégeage dans les pièges Barber, pour chaque station. L'ensemble de cette biomasse correspond à un total de 774 grammes de matière sèche. Il existe des différences statistiquement significatives entre les stations à ce sujet (Anova (df=6, F=15.54 p=6.572e-10)) ; le tableau 8 correspond aux résultats des comparaisons statistiques deux à deux de ces moyennes. Ainsi, on observe deux groupes statistiquement distincts au regard de leur productivité en amphipodes : d'une part les stations 1, 2 et 3 avec une biomasse abondante (bien qu'assez variable d'un piège à l'autre), d'autre part les stations 4, 5, 6 et 7 avec une biomasse, globalement, nettement plus faible. Au sein de ce dernier groupe les stations 5 et 6 se démarquent par une absence quasi-totale d'*Orchestia*.

La distance à la digue n'influerait pas sur cette variable, d'après nos résultats. L'influence du facteur hydrique (humidité du sol) serait, par contre, un facteur clef dans le maintien du genre *Orchestia* sur le schorre (FOUILLET, 1984). Ce facteur est directement dépendant d'une part du degré de submersion et d'autre part de la couverture et de l'épaisseur de la végétation, donc partiellement et de manière indirecte sous influence des modalités de gestion mises en œuvre localement. Il apparaît ici que l'absence de gestion ou le pâturage dirigé qui caractérisent les stations 1, 2 et 3 semblent être les meilleures modalités pour maintenir les populations d'*Orchestia*, et donc le rôle fonctionnel des marais salés. A l'inverse la gestion par fauche telle que

sur la station 4 ou encore le pâturage régulier voire occasionnel tel que sur les stations 5 et 6 impactent fortement la présence des *Orchestia*.

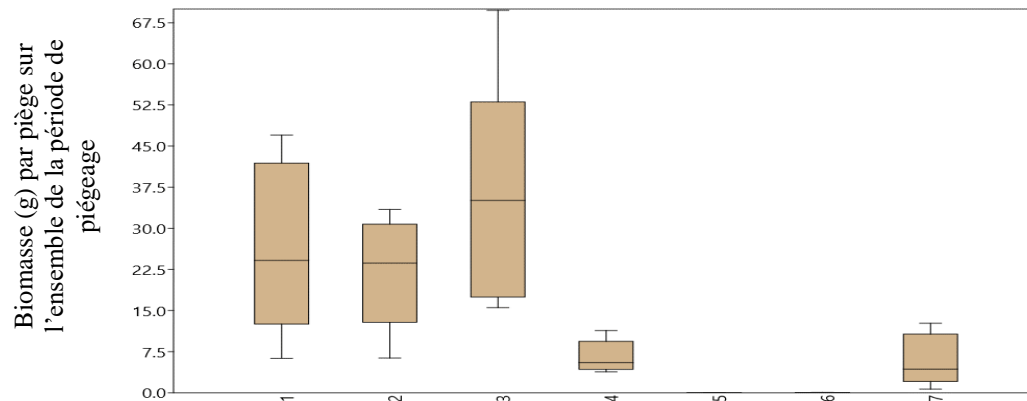



Figure 27 : Biomasse sèche moyenne (en gramme) en amphipodes par Barber dans les stations.


Tableau 8 : résultats des comparaisons deux à deux par et test post-hoc de Tukey. Les valeurs en gras correspondent à des différences significatives ( $p < 0.05$ )


Station	1	2	3	4	5	6	7
1		0.9862	0.356	<b>0.008198</b>	<b>0.0001271</b>	<b>0.00013</b>	<b>0.0055</b>
2	1.098		0.07636	0.06559	<b>0.001622</b>	<b>0.001664</b>	<b>0.04714</b>
3	3.002	4.1		<b>7.64e-06</b>	<b>7.4e-08</b>	<b>7.61e-08</b>	<b>4.76e-06</b>
4	5.289	4.191	8.291		0.8444	0.8482	1
5	7.14	6.042	10.14	1.851		1	0.9003
6	7.129	6.031	10.13	1.84	0.01137		0.9031
7	5.479	4.381	8.481	0.1902	1.661	1.65	


### III.4. Synthèse des paramètres par station

Station 1																																						
Coordonnées -1.768871 / 48.607888																																						
Espèce végétale dominante	Obione																																					
Modalité de gestion	Aucune																																					
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber																																					
Période d'échantillonnage	03/05-23/05/21 31/05-14/06/21																																					
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autres groupes																																	
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	7	10	NA	2																																	
	Abondance (individus)	1478	744	8289	203																																	
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	5	7	NA	NA																																	
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	71 %	70 %	100 %																																		
	Abondance halophile	1466	741	8289																																		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	99 %	99 %	100 %																																		
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	206																																		
<p>Liste d'espèces :</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th>Araignées</th> <th>Carabidae</th> <th>Autres</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Agroeca lusatica</i> (L. Koch, 1875)</td> <td><u><i>Anisodactylus poeciloides</i> (Stephens, 1828)</u></td> <td><i>Pselaphinae</i> Latreille, 1802</td> </tr> <tr> <td><u><i>Arctosa fulvolineata</i> (Lucas, 1846)</u></td> <td><i>Bembidion lunulatum</i> (Geoffroy, 1785)</td> <td><i>Myosotella myosotis</i> (Draparnaud, 1801)</td> </tr> <tr> <td><u><i>Argenna patula</i> (Simon, 1874)</u></td> <td><u><i>Bembidion minimum</i> (Fabricius, 1792)</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u><i>Enoplognatha mordax</i> (Thorell, 1875)</u></td> <td><b><u><i>Bembidion normannum</i> Dejean, 1831</u></b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Ozyptila simplex</i> (O. Pickard-Cambridge, 1862)</td> <td><u><i>Dicheirotichus gustavii</i> Crotch, 1871</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830</td> <td><i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)</td> <td></td> </tr> <tr> <td><u><i>Pardosa purbeckensis</i> F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u></td> <td><i>Ocys harpaloides</i> (Audinet-Serville, 1821)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u><i>Pogonus chalceus</i> (Marsham, 1802)</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u><i>Pogonus littoralis</i> (Duftschmid, 1812)</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u><i>Tachys scutellaris</i> Stephens, 1828</u></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Araignées	Carabidae	Autres	<i>Agroeca lusatica</i> (L. Koch, 1875)	<u><i>Anisodactylus poeciloides</i> (Stephens, 1828)</u>	<i>Pselaphinae</i> Latreille, 1802	<u><i>Arctosa fulvolineata</i> (Lucas, 1846)</u>	<i>Bembidion lunulatum</i> (Geoffroy, 1785)	<i>Myosotella myosotis</i> (Draparnaud, 1801)	<u><i>Argenna patula</i> (Simon, 1874)</u>	<u><i>Bembidion minimum</i> (Fabricius, 1792)</u>		<u><i>Enoplognatha mordax</i> (Thorell, 1875)</u>	<b><u><i>Bembidion normannum</i> Dejean, 1831</u></b>		<i>Ozyptila simplex</i> (O. Pickard-Cambridge, 1862)	<u><i>Dicheirotichus gustavii</i> Crotch, 1871</u>		<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)		<u><i>Pardosa purbeckensis</i> F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>	<i>Ocys harpaloides</i> (Audinet-Serville, 1821)			<u><i>Pogonus chalceus</i> (Marsham, 1802)</u>			<u><i>Pogonus littoralis</i> (Duftschmid, 1812)</u>			<u><i>Tachys scutellaris</i> Stephens, 1828</u>	
Araignées	Carabidae	Autres																																				
<i>Agroeca lusatica</i> (L. Koch, 1875)	<u><i>Anisodactylus poeciloides</i> (Stephens, 1828)</u>	<i>Pselaphinae</i> Latreille, 1802																																				
<u><i>Arctosa fulvolineata</i> (Lucas, 1846)</u>	<i>Bembidion lunulatum</i> (Geoffroy, 1785)	<i>Myosotella myosotis</i> (Draparnaud, 1801)																																				
<u><i>Argenna patula</i> (Simon, 1874)</u>	<u><i>Bembidion minimum</i> (Fabricius, 1792)</u>																																					
<u><i>Enoplognatha mordax</i> (Thorell, 1875)</u>	<b><u><i>Bembidion normannum</i> Dejean, 1831</u></b>																																					
<i>Ozyptila simplex</i> (O. Pickard-Cambridge, 1862)	<u><i>Dicheirotichus gustavii</i> Crotch, 1871</u>																																					
<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)																																					
<u><i>Pardosa purbeckensis</i> F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>	<i>Ocys harpaloides</i> (Audinet-Serville, 1821)																																					
	<u><i>Pogonus chalceus</i> (Marsham, 1802)</u>																																					
	<u><i>Pogonus littoralis</i> (Duftschmid, 1812)</u>																																					
	<u><i>Tachys scutellaris</i> Stephens, 1828</u>																																					
<p>Commentaire sur le cortège observé :</p> <p>Cortège restreint et hautement spécialisé, presque uniquement composé d'espèces halophiles. La forte biomasse en <i>Orchestia</i> et la présence d'espèces très spécialisées dont l'une d'entre elle est indicatrice de la station (gras), semblent indiquer un bon rôle fonctionnel du milieu.</p>																																						

Station 2					
Coordonnées -1.764084/ 48.605380					
Espèce végétale dominante	Puccinellie				
Modalité de gestion	Pâturage dirigé				
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber				
Période d'échantillonnage	03/05-23/05/21 31/05-14/06/21				
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autre groupes
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	17	6	NA	5
	Abondance (individus)	1056	587	4572	60
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	7	5	NA	NA
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	41 %	83 %	100 %	
	Abondance halophile	952	586		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	90 %	99 %	100 %	
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	174	
<b>Liste d'espèces :</b>					
<b>Araignées</b>		<b>Carabidae</b>		<b>Autres</b>	
Agroeca lusatica (L. Koch, 1875)		Amblystomus niger (Heer, 1841)		Staphilinidae Latreille, 1802	
<u>Arctosa fulvolineata (Lucas, 1846)</u>		<u>Anisodactylus poeciloides (Stephens, 1828)</u>		Myosotella myosotis (Draparnaud, 1801)	
Arctosa leopardus (Sundevall, 1833)		<u>Bembidion minimum (Fabricius, 1792)</u>		Henestaris halophilus (Burmeister, 1835)	
<u>Argenna patula (Simon, 1874)</u>		<u>Bembidion normannum Dejean, 1831</u>		Psammotettix putoni (Then, 1898)	
Clubiona stagnatilis Kulczynski in Chyzer & Kulczynski, 1897		<u>Pogonus chalceus (Marsham, 1802)</u>		Salda littoralis (Linnaeus, 1758)	
Drassyllus lutetianus (L. Koch, 1866)		<u>Pogonus littoralis (Duftschmid, 1812)</u>			
<u>Enoplognatha mordax (Thorell, 1875)</u>					
Erigone atra Blackwall, 1833					
<u>Erigone longipalpis (Sundevall, 1830)</u>					
Haplodrassus signifer (C.L. Koch, 1839)					
Oedothorax fuscus (Blackwall, 1834)					
Oedothorax retusus (Westring, 1851)					
Ozyptila simplex (O. Pickard-Cambridge, 1862)					
Pachygnatha degeeri Sundevall, 1830					
<u>Pardosa purbeckensis F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>					
Pardosa tenuipes L. Koch, 1882					
<u>Silometopus ambiguus (O. Pickard-Cambridge, 1906)</u>					
<b>Commentaire sur le cortège observé :</b>					
Les cortèges en araignées et carabidae comportent les espèces caractéristiques de marais salés tout en étant « enrichie » de la présence d'espèces continentales généralistes. Les proportions d'espèces halophiles ainsi que les abondances d'amphipodes indiquent néanmoins un bon fonctionnement du milieu.					


Station 3					
Coordonnées -1.537232/ 48.637851					
Espèce végétale dominante	Chiendent Arroche/Soude				
Modalité de gestion	Aucune				
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber				
Période d'échantillonnage	03/05-23/05/21 31/05-14/06/21				
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autre groupes
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	8	8	NA	6
	Abondance (individus)	1542	1647	7650	130
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	5	6	NA	NA
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	62 %	75 %	100 %	
	Abondance halophile	1536	1645		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	99 %	99 %	100 %	
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	292	
<b>Liste d'espèces :</b>					
<b>Araignées</b>		<b>Carabidae</b>		<b>Autres</b>	
<i>Agroeca lusatica</i> (L. Koch, 1875)		<i>Anisodactylus poeciloides</i> (Stephens, 1828)		<i>Cantharis lateralis</i> Linnaeus, 1758	
<i>Arctosa fulvolineata</i> (Lucas, 1846)		<i>Bembidion minimum</i> (Fabricius, 1792)		<i>Phyllotreta vittula</i> (L. Redtenbacher, 1849)	
<i>Argenna patula</i> (Simon, 1874)		<i>Bembidion normannum</i> Dejean, 1831		Elateridae Leach, 1815	
<i>Enoplognatha mordax</i> (Thorell, 1875)		<i>Brachinus sclopetata</i> (Fabricius, 1792)		<i>Pselaphinae</i> Latreille, 1802	
<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830		<i>Dicheirotichus gustavii</i> Crotch, 1871		<i>Myosotella myosotis</i> (Draparnaud, 1801)	
<i>Pardosa purbeckensis</i> F. O. Pickard-Cambridge, 1895		<i>Dicheirotichus obsoletus</i> (Dejean, 1829)		<i>Polydrusus pulchellus</i> Stephens, 1831	
<i>Silometopus ambiguus</i> (O. Pickard-Cambridge, 1906)		<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)			
<i>Zelotes latreillei</i> (Simon, 1878)		<i>Pogonus chalceus</i> (Marsham, 1802)			
<b>Commentaire sur le cortège observé :</b>					
La composition, riche en espèces halophiles, ainsi que les fortes abondances en araignées, en carabidae et en Amphipodes suggèrent que l'abondance du chiendent ne semble pas compromettre l'intégrité fonctionnelle du milieu.					

Station 4					
Coordonnées -1.537938/ 48.638550					
Espèce végétale dominante	Chiendent Puccinellie				
Modalité de gestion	Fauche annuelle				
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber				
Période d'échantillonnage	03/05-23/05/21 31/05-14/06/21				
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autre groupes
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	13	11	NA	11
	Abondance (individus)	2106	778	2623	126
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	5	8	NA	NA
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	38 %	54 %	100 %	
	Abondance halophile	2094	772		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	99 %	99 %	100 %	
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	53	
<b>Liste d'espèces :</b>					
<b>Araignées</b>		<b>Carabidae</b>		<b>Autres</b>	
Agyneta rurestris (C. L. Koch, 1836)		<u>Anisodactylus poeciloides (Stephens, 1828)</u>		Tytthaspis sedecimpunctata (Linnaeus, 1760)	
<u>Arctosa fulvolineata (Lucas, 1846)</u>		<u>Bembidion iricolor Bedel, 1879</u>		Athous haemorrhoidalis (Fabricius, 1801)	
Arctosa leopardus (Sundevall, 1833)		<u>Bembidion minimum (Fabricius, 1792)</u>		Elateridae Leach, 1815	
<u>Argenna patula (Simon, 1874)</u>		<u>Bembidion normannum Dejean, 1831</u>		Helophorus porculus Bedel, 1881	
Dysdera erythrina (Walckenaer, 1802)		Bembidion properans (Stephens, 1828)		Heterocerus fenestratus (Thunberg, 1784)	
<u>Enoplognatha mordax (Thorell, 1875)</u>		Bembidion semipunctatum (Donovan, 1806)		Ochthebius dilatatus Stephens, 1829	
Erigone atra Blackwall, 1833		<u>Dicheirotichus gustavii Crotch, 1871</u>		Eupleurus subterraneus (Linnaeus, 1758)	
<u>Erigone longipalpis (Sundevall, 1830)</u>		Poecilus cupreus (Linnaeus, 1758)		Armadillidium vulgare (Latreille, 1804)	
Oedothorax fuscus (Blackwall, 1834)		<u>Pogonus chalceus (Marsham, 1802)</u>		Ichneumonidae Latreille, 1802	
Oedothorax retusus (Westring, 1851)		<u>Pogonus littoralis (Duftschmid, 1812)</u>		Polydrusus pulchellus Stephens, 1831	
Ozyptila simplex (O. Pickard-Cambridge, 1862)		<u>Tachys bistriatus (Duftschmid, 1812)</u>		Sibinia primita (Herbst, 1795)	
Pardosa prativaga (L. Koch, 1870)					
<u>Pardosa purbeckensis F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>					
<b>Commentaire sur le cortège observé :</b>					
La faible biomasse relative en Amphipodes semble indiquer un potentiel de recyclage de la matière organique amoindri, probablement en lien avec la gestion par fauchage avec export. Les cortèges d'araignées et de coléoptères carabidae, s'ils restent majoritairement caractérisés par des espèces strictement halophiles dont une partie sont d'ailleurs indicatrices du milieu (en gras), comportent une part non négligeable (respectivement 62 % et 46 %) d'espèces généralistes, probablement en lien avec la proximité à la digue de la station.					

Station 5					
Coordonnées					
-1.453599/ 48.630213					
Espèce végétale dominante	Chiendent/Agrostis/Trifolium				
Modalité de gestion	Pâturage quotidien				
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber				
Période d'échantillonnage		03/05-23/05/21	31/05-14/06/21		
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autre groupes
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	26	4	NA	16
	Abondance (individus)	769	7	3	137
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	5	0	NA	NA
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	19 %	0 %	100 %	
	Abondance halophile	70	0		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	9 %	0 %	100 %	
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	0,008	
<b>Liste d'espèces :</b>					
<b>Araignées</b>		<b>Carabidae</b>		<b>Autres</b>	
<b>Alopecosa pulverulenta (Clerck, 1758)</b> <b>Arctosa fulvolineata (Lucas, 1846)</b> <b>Arctosa leopardus (Sundevall, 1833)</b> <b>Argenna patula (Simon, 1874)</b> Centromerita concinna (Thorell, 1875) Crustulina sticta (O. Pickard-Cambridge, 1861) <b>Enoplognatha mordax (Thorell, 1875)</b> <b>Haplodrassus signifer (C.L. Koch, 1839)</b> <b>Mermessus trilobatus (Emerton, 1882)</b> Micaria pulicaria (Sundevall, 1831) <b>Oedothorax fuscus (Blackwall, 1834)</b> <b>Oedothorax retusus (Westring, 1851)</b> Ozyptila simplex (O. Pickard-Cambridge, 1862) Pachygnatha clercki Sundevall, 1823 <b>Pachygnatha degeeri Sundevall, 1830</b> Pardosa nigriceps (Thorell, 1856) <b>Pardosa palustris (Linnaeus, 1758)</b> <u>Pardosa purbeckensis F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u> <b>Pardosa tenuipes L. Koch, 1882</b> Silometopus ambiguus (O. Pickard-Cambridge, 1906) Tenuiphantes tenuis (Blackwall, 1852) <b>Tiso vagans (Blackwall, 1834)</b> <b>Trochosa ruricola (De Geer, 1778)</b> Xysticus audax (Schrank, 1803) <b>Xysticus cristatus (Clerck, 1758)</b> Zelotes electus (C.L. Koch, 1839)		<b>Amara tibialis (Paykull, 1798)</b> <b>Bembidion properans (Stephens, 1828)</b> <b>Calathus cinctus Motschulsky, 1850</b> <b>Calathus fuscipes (Goeze, 1777)</b>		Aphodiinae Leach, 1815 Aphodius Hellwig, 1798 Coccinella undecimpunctata Linnaeus, 1758 Helophorus porculus Bedel, 1881 Hoplia philanthus (Fuessly, 1775) Paederus littoralis Gravenhorst, 1802 Tytthaspis sedecimpunctata (Linnaeus, 1760) Kalama tricornis (Schrank, 1801) Priocnemis fennica Haupt, 1927 Cochlicella barbara (Linnaeus, 1758) Pupilla muscorum (Linnaeus, 1758) Catapion seniculus (Kirby, 1808) Perapion curtirostre (Germar, 1817) Protapion apicans (Herbst, 1797) Hypera nigrirostris (Fabricius, 1775) Tanymecus palliatus (Fabricius, 1787)	
<b>Commentaire sur le cortège observé :</b>					
Forte richesse spécifique en araignée, toutes les espèces indicatrices de la station sont euryèces et/ou continentales ce qui se traduit par une très faible proportion d'espèces halophiles. Les espèces de carabiques observées sont plutôt affiliées aux milieux dunaires et arrière-littoraux. Absence quasi-totale d'Amphipodes ce qui laisse supposer un fonctionnement trophique très éloigné de celui d'un marais salé atlantique en bon état de conservation.					



Station 6					
Coordonnées					
-1.756351/ 48.635353					
Espèce végétale dominante	Puccinellie/Chierdent/Agrostis/Plantago				
Modalité de gestion	Pâturage fréquent				
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber				
Période d'échantillonnage	03/05-23/05/21 31/05-14/06/21				
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autre groupes
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	14	4	NA	6
	Abondance (individus)	815	48	29	16
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	6	3	NA	NA
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	42 %	75 %	100 %	
	Abondance halophile	725	47		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	88 %	99 %	100 %	
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	0,336	
<b>Liste d'espèces :</b>					
<b>Araignées</b>		<b>Carabidae</b>		<b>Autres</b>	
Agroeca lusatica (L. Koch, 1875)		<u>Bembidion normannum Dejean, 1831</u>		Hoplia philanthus (Fuessly, 1775)	
<u>Arctosa fulvolineata (Lucas, 1846)</u>		<u>Dicheirotichus obsoletus (Dejean, 1829)</u>		Pselaphinae Latreille, 1802	
<u>Argenna patula (Simon, 1874)</u>		<u>Pogonus chalceus (Marsham, 1802)</u>		Myosotella myosotis (Draparnaud, 1801)	
Bathyphanes gracilis (Blackwall, 1841)		Trechus quadristriatus (Schränk, 1781)		Kalama tricornis (Schränk, 1801)	
<u>Enoplognatha mordax (Thorell, 1875)</u>				Trichosirocalus thalhammeri Schultze, 1906	
<u>Erigone longipalpis (Sundevall, 1830)</u>					
Oedothorax fuscus (Blackwall, 1834)					
Oedothorax retusus (Westring, 1851)					
Pachygnatha degeeri Sundevall, 1830					
<u>Pardosa purbeckensis F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>					
Pardosa tenuipes L. Koch, 1882					
<u>Silometopus ambiguus (O. Pickard-Cambridge, 1906)</u>					
Tenuiphantes tenuis (Blackwall, 1852)					
Zelotes latreillei (Simon, 1878)					
<b>Commentaire sur le cortège observé :</b>					
Situation intermédiaire entre la station 5 et 7. Les proportions d'espèces halophiles sont réduites par l'apport d'espèces plus continentales halotolérantes/accidentelles. Bien que le cortège archnologique semble être en bon état avec la présence des espèces halophiles caractéristiques, l'assemblage de carabidae et les biomasses en amphipodes indiquent une possible dérive du fonctionnement trophique par rapport à ce qui l'optimal. Cette station semble être la « limite » tolérable de diversité et de fonctionnalité pour être considéré comme un marais salé en bon état.					

Station 7					
Coordonnées					
Espèce végétale dominante	Obione				
Modalité de gestion	Pâturage occasionnel				
Méthodes d'échantillonnage	8 pièges Barber				
Période d'échantillonnage	03/05-23/05/21 31/05-14/06/21				
Taxons		Araignées	Carabidae	Amphipodes	Autre groupes
Paramètres taxonomiques	Richesse spécifique	7	4	NA	2
	Abondance (individus)	1089	2617	2931	387
Paramètres fonctionnels	Richesse spécifique halophile (soulignées)	4	3	NA	NA
	Pourcentage d'espèces halophiles (%)	57 %	100 %	100 %	
	Abondance halophile	1082	2617		
	Pourcentage d'individus halophiles (%)	99 %	100 %	100 %	
	Biomasse sèche (g)	NA	NA	48	
<b>Liste d'espèces :</b>					
<b>Araignées</b>		<b>Carabidae</b>		<b>Autres</b>	
Agroeca lusatica (L. Koch, 1875)		<u>Bembidion normannum Dejean, 1831</u>		Hoplia philanthus (Fuessly, 1775)	
<u>Arctosa fulvolineata (Lucas, 1846)</u>		<u>Bembidion minimum (Fabricius, 1792)</u>		Pselaphinae Latreille, 1802	
<u>Argenna patula (Simon, 1874)</u>		<u>Dicheirotrichus obsoletus (Dejean, 1829)</u>		Myosotella myosotis (Draparnaud, 1801)	
Bathyphantes gracilis (Blackwall, 1841)		<b><u>Pogonus chalcus (Marsham, 1802)</u></b>		Kalama tricornis (Schrank, 1801)	
Enoplognatha mordax (Thorell, 1875)					
<u>Erigone longipalpis (Sundevall, 1830)</u>					
Oedothorax fuscus (Blackwall, 1834)					
Oedothorax retusus (Westring, 1851)					
Pachygnatha degeeri Sundevall, 1830					
<u>Pardosa purbeckensis F. O. Pickard-Cambridge, 1895</u>					
Pardosa tenuipes L. Koch, 1882					
Silometopus ambiguus (O. Pickard-Cambridge, 1906)					
Tenuiphantes tenuis (Blackwall, 1852)					
Zelotes latreillei (Simon, 1878)					
<b>Commentaire sur le cortège observé :</b>					
<p>Les obionaires de bas schorre représentent un rôle fonctionnel fort à l'échelle de l'estran, de par leur dynamisme d'export de la matière organique vers le large. Cet export implique une faible quantité de litière pérenne et est probablement le facteur explicatif prépondérant des abondances en <i>Orchestia</i> et des richesses, relativement faibles, en araignées et coléoptères observées. L'espèce <i>Pogonus chalcus</i>, indicatrice de la station, semble toutefois y trouver son preferendum écologique avec de très fortes abondances observées.</p>					

## IV. Bilan et perspectives

### Apport à la connaissance entomo-arachnologique

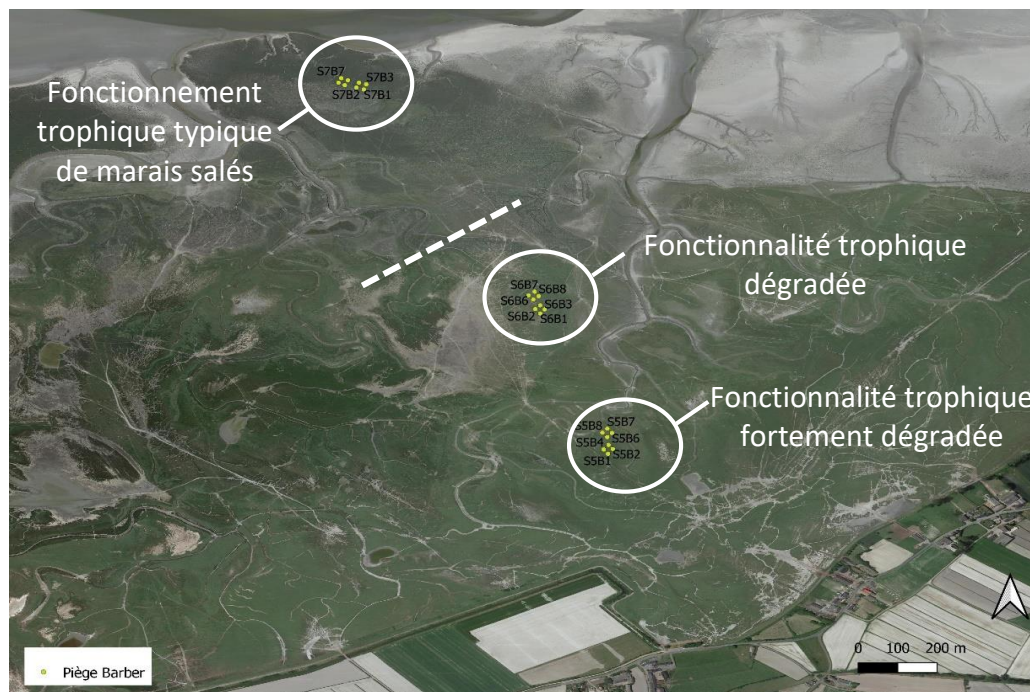
L'apport de cette étude à la connaissance des invertébrés de la baie du mont Saint-Michel peut paraître relativement faible au regard de l'ensemble de ce qui a pu être acquis lors des quarante années précédentes. Toutefois, ce sont 11 nouvelles espèces d'araignées et de coléoptères carabidae pour les milieux de prés et de marais salés de la baie qui ont pu être ajoutées, amenant à 127 espèces d'Araignées et 83 espèces de coléoptères carabidae dont la présence est aujourd'hui attestée en Baie. De plus, cette étude a permis de recenser de nouvelles stations d'espèces connues pour être relativement rares en baie du Mont Saint-Michel, même dans leurs milieux d'affinités, telles que *Erigone longipalpis*, *Anisodactylus poeciloides* ou encore *Pogonus littoralis*. Au vu des menaces croissantes (réchauffement climatique, augmentation du niveau de la mer) qui pèsent sur les schorres, une bonne connaissance de la répartition des espèces qui y sont présentes, mais de manière localisée, est nécessaire pour la conservation de ces dernières.

### Influence de la gestion par pâturage

En 2021 l'échantillonnage mis en place le long d'un gradient de pâturage (station 5, 6 et 7) a permis d'observer l'influence de celui-ci sur les abondances d'espèces d'araignées et de coléoptères carabidae halophiles ainsi que sur celles, mesurées en masse sèche, d'Amphipodes du genre *Orchestia*. Le pâturage tend à diminuer l'abondance et la richesse des espèces halophiles au profit d'espèces plus généralistes. De même avec l'augmentation des charges de pâturage on observe une diminution des biomasses en *Orchestia*. Ces résultats concordent avec ceux obtenus lors d'études antérieures similaires (e.g. thèse de Philippe Fouillet en 1986, thèse de Julien Pétilion en 2005, le rapport de master de M. de Flores en 2007). Nous avons pu observer, en 2021, une forte distinction des stations en termes d'abondance d'*Arctosa fulvolineata* (la seconde espèce d'araignée halophile dominante en marais salés), à l'image de la tendance constatée chez *P. purbeckensis*. En effet, il est établi que le pâturage, quelle que soit son intensité, modifie le couvert végétal (l'*Obione* s'amenuise rapidement puis disparaît suite au piétinement) et influe donc visiblement sur les peuplements d'arthropodes halophiles. On peut observer dans les stations pâturées une grande simplification de l'architecture de la végétation, ce qui implique des changements des microclimats et des microhabitats (PETILLON, 2005), alors même que la structure des peuplements d'araignées dépend principalement de ces facteurs (WISE, 1993). Dès qu'une zone à *Obione* est pâturée, la *Puccinellie* prend le dessus et l'architecture même de la végétation est profondément modifiée : le couvert végétal s'homogénéise et le nombre de refuges disponibles pour les araignées diminue sensiblement (PETILLON, 2005), ce qui est très préjudiciable à *Pardosa purbeckensis*, espèce typique des marais salés atlantiques, visiblement remplacée par *Pardosa palustris* sur les stations les plus pâturées. A l'inverse, la transformation par les moutons de la végétation en matière organique végétale dégradée (=fécès) favorise l'apparition et le maintien d'arthropodes décomposeurs coprophages halotolérants, notamment des coléoptères scarabaeidae (*Hoplia*, *Euplerus*, *Aphodius*). La présence de ces arthropodes est un indicateur direct

du changement de fonctionnement du marais vis-à-vis du recyclage/de l'export au large de la matière organique. En effet, en marais salé, la matière organique végétale produite est exportée par *outwelling*, soit de manière directe, soit de manière indirecte via la consommation par les *Orchestia* de la matière organique morte, puis de ces derniers par les oiseaux et poissons. En situation de pâturage, cette matière organique produite *in situ* est en partie exportée vers le continent (laine, viande des moutons), ce qui réduit le flux de matière organique vers le large et amenuise probablement l'accessibilité des poissons à une production organique secondaire.

En l'état actuel de nos observations, il existe des modifications structurelles et fonctionnelles croissantes de la digue vers le schorre, *a minima*, jusqu'au secteur 6 pour l'herbu de l'est de la baie du mont saint-michel. L'ensemble de l'herbu entre le secteur 6 et la digue peut ainsi être considéré comme dans un état de conservation fonctionnelle dégradé (station 6) voire désormais complètement différent (station 5) de celui qui pourrait être attendu dans un prés salés atlantique en bon état de conservation, notamment vis-à-vis du rôle de nourricerie pour les poissons (Fig. 28). Les résultats des autres volets de suivi en 2021, notamment du suivi ichthyologique ayant eu lieu sur la criche située à l'est de la station 6, semblent appuyer cette hypothèse. La pression de pâturage n'est pas quantifiée avec précision sur l'ensemble de l'herbu mais peut être visuellement constatées comme étant décroissante avec l'éloignement à la digue. D'autres facteurs, à commencer par le degré de submersion (et donc indirectement la salinité et l'hygrométrie) existent le long de ce gradient et peuvent être des variables co-explicatives de nos résultats.



**Figure 28 : Localisation supposée de la limite entre secteur ayant fonctionnement typique des prés et marais salés atlantique et secteur où les fonctionnalités trophiques semblent être modifiées sur l'herbu de l'est de la baie du mont Saint-Michel.**

La précision de la limite entre les zones encore correctement fonctionnelles et celles qui ne le sont plus pourrait être l'objet d'une étude spécifique, en lien avec une meilleure connaissance de la

répartition des pressions de pâturage et la prise en considérations d'autres variables (e.g. submersivité réelle), afin de pouvoir définir la charge idéale dans la recherche d'un compromis entre biodiversité/fonctionnalité et enjeux économiques. Il est toutefois possible qu'il ne s'agisse pas d'une limite simple à définir, en effet d'autres facteurs tels que la fréquence et le degré de submersion doivent entrer en ligne de compte dans la capacité de résilience des marais salés au pâturage.

Dans la littérature, les auteurs recommandent, pour différents milieux, de favoriser une hétérogénéité structurelle des écosystèmes afin d'augmenter la biodiversité. Dans le cas de zones pâturées, il est souvent recommandé de mettre en place une mosaïque de patchs pâturés (à divers degrés de pression) et non pâturés afin de favoriser une biodiversité optimale (DENNIS ET AL., 2001 ; PETILLON & FRANCOIS, 2004). Il a été démontré que la taille de ces patchs de végétation est un facteur important pour le maintien des peuplements d'*Orchestia* et les populations locales de certains coléoptères carabidae, tels que *Pogonus chalceus* (PETILLON ET AL., 2007). Des actions d'hétérogénéisation de la pression de pâturage mériteraient d'être mises en oeuvre pour que l'objectif de retrouver un fonctionnement de prés et marais salés, alliant les enjeux économiques et de biodiversité, soit atteint.

### **Influence du pâturage dirigé**

Le pâturage dirigé, tel que mis en place sur la station 2, semble être un exemple de compromis entre les pratiques pastorales et le respect de l'expression de la richesse et du bon fonctionnement du marais salé, au regard des abondances élevées d'*Orchestia* et de la dominance des araignées et carabiques halophiles caractéristiques que l'on y a observé. Ce constat serait à appuyer par un suivi similaire sur d'autres secteurs de marais salés, avec idéalement une expertise avant puis après modification des modalités de pâturage (chargement, notamment).

### **Influence de la fauche des stations à Chiendent maritime**

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude montrent que le Chiendent (station 4), malgré son caractère envahissant, paraît être moins néfaste que le pâturage intensif (station 5, 6) pour les peuplements d'invertébrés. NOUGUES (2004) a montré que le Chiendent, géré par une fauche annuelle (tel que c'est le cas sur la station 4), permet le maintien et l'abondance d'espèces d'Aranéides halophiles. Toutefois, la productivité en amphipodes se montrant quasi inexistante sur les stations pâturées quotidiennement (secteur 5) ou fréquemment (secteur 6) et très faible sur la station fauchée (secteur 4). La biomasse en *Orchestia* semble donc réagir négativement à toute pratique de gestion. Des résultats similaires ont déjà pu être relatés précédemment (PETILLON ET AL., 2007). Ainsi, la fauche avec export semble certes permettre le maintien des abondances d'arthropodes halophiles mais semble aussi altérer fortement le fonctionnement du système. En effet, rappelons ici que la présence des amphipodes, décomposeurs de matière organique végétale, est un indicateur direct de la production secondaire et indirect de la production primaire ; et d'export de la matière organique vers les milieux marins. Leur absence, même locale, sur les marais salés est indicateur d'une modification stationnelle du recyclage de la matière

organique qui peut engendrer une perte de fonctionnalité, même à l'échelle de la baie du mont Saint-Michel.

Il est à noter que des pratiques de fauche avec export, combinées au pâturage annuel, sont mises en place sur les herbous, notamment sur l'herbu de l'est. Dans la mesure où aucune des stations d'échantillonnage de la présente étude n'était située sur de tels secteurs, les incidences de la combinaison des deux modes de gestion ne pourront être explorées ici. Toutefois, de manière théorique et sur la base de ce qui a pu être constaté par ailleurs sur des stations pâturées et fauchées, la combinaison des deux modalités entraîne également, très probablement, une diminution des populations d'*Orchestia*.

### **Conclusion et ouverture sur une évaluation à plus large échelle du fonctionnement et de la diversité des marais salés**

Le protocole appliqué dans le cadre de cette étude est entièrement reproductible, ce qui permettra d'évaluer dans les années à venir l'éventuelle évolution des peuplements d'invertébrés que les stations abritent. Dans la perspective d'un tel suivi, la proportion d'araignées et de carabiques halophiles ou encore la biomasse en amphipodes apparaissent bel et bien comme des indicateurs fonctionnels pertinents des marais salés.

Nous avons mis en évidence ici que les marais salés présentent une hétérogénéité dans leur état de conservation, que ce soit en termes de fonctionnalité ou de diversité, en lien avec les pratiques de gestion. Il semble donc nécessaire de pouvoir localiser et quantifier les surfaces sur lesquelles des modes et modalités de gestion plus adaptés pourraient être proposés. Pour cela, un suivi de l'état de conservation sur une emprise géographique plus grande et dans un plus grand nombre de contextes de gestion que celles prises en compte dans le cadre de cette étude, doit être mis en place.

Or, les protocoles d'échantillonnage « traditionnels », tel que celui qui a été déployé dans le cas présent, restent limités en répliquabilité spatiale du fait que le traitement des échantillons demande beaucoup de temps. D'autres protocoles standardisés et pertinents, qui permettraient une plus forte répliquabilité spatiale tout en s'avérant moins chronophages, n'existent pas à ce jour.

Toutefois les avancées technologiques au cours des quinze dernières années dans le domaine du barcoding et du metabarcoding tendent à permettre d'envisager prochainement des approches basées sur l'échantillonnage d'ADN. Ces méthodes, bien que dépendantes d'une part de l'efficacité des processus d'extraction de l'ADN et d'autre part de l'existence de bases de données génétiques de référence, peuvent permettre l'identification rapide des espèces présentes dans l'ADN environnemental (CULVER *et al.* 2011 ; MILLER *et al.* 2016), lequel peut être prélevé de manière relativement rapide.

Bien qu'encore peu développée sur les milieux terrestres, cette approche pourrait être une solution d'automatisation et de répliquabilité des suivis des milieux naturels (LEANDRO & PETILLON, 2021), notamment lorsqu'il s'agit de trouver l'adéquation ou le meilleur compromis entre enjeux économiques et enjeux de biodiversité, comme en baie du Mont-Saint-Michel.

## Bibliographie

- BACKLUND, H. O., 1945. Wrack fauna of Sweden and Finland. *Opuscula Entomologica, Supplementum*, 5, 237.
- BALI, L., ANDRESI, D., TUBA, K., & SZINETAR, C., 2019. Comparing pitfall trapping and suction sampling data collection for ground-dwelling spiders in artificial forest gaps. *Arachnologische Mitteilungen: Arachnology Letters*, 58(1), 23-28.
- BARBER, H. S. 1931. Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46(2), 259-266.
- BORGES, P. A., & BROWN, V. K., 2003. Estimating species richness of arthropods in Azorean pastures: the adequacy of suction sampling and pitfall trapping. *Graellsia*, 59(2-3), 7-24.
- BRAUD S., 2007. Les Araignées de Maine-et-Loire, Inventaire et Cartographie. Mauges Nature, Bulletin de synthèse n°7, Beaupréau, 230 p.
- CANARD A., 1984. Contribution à la connaissance du développement, de l'écologie et de l'écophysiologie des Aranéides de landes armoricaines. Thèse d'Etat, Université de Rennes I, 152p.
- CANARD A., ASSELIN A., COUTANT O., MARC P., ROLLARD C., TIBERGHEN G., & YSNEL F., 1990. Araignées et Scorpions de l'Ouest de la France : catalogue et cartographie provisoire des espèces. Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne. 61. Rennes, 61, 302.
- CANARD A., CHANSIGAUD V., 1997. Catalogue provisoire des Araignées de France. Connaissance des Invertébrés - Série Arachnides- N°1-2 : 1-110
- CHAMPION E., BLANCHON J.J., EGRETEAU C., METAIS M., 2000. Gestion patrimoniale des zones humides des marais centre atlantiques. Guide technique et recueil d'expériences. Ligue de Protection des Oiseaux, Poitiers, 121p.
- CHARNIAUX-COTTON, H., 1957. Croissance, régénération et déterminisme endocrinien des caractères sexuels d'*Orchestia gammarella* Pallas (Crustacé Amphipode). *Ann. Sci. Nat. Zool. Biol. Anim.*, 19, 411-559.
- CHEREAU L., LEPERTEL N. & COURTIAL C., 2014. Araignées de Basse-Normandie : listes départementales provisoires (Arachnida, Araneae). *Invertébrés Armoricaains, les Cahiers du GRETIA*. 10 : 1-39
- COULON J., PUPIER R., QUEINNEC E. OLLIVIER E., RICHOUX P., 2011A.- Coléoptères Carabiques, volume 1 : première partie. Faune de France 94. 351p. ISBN : 978-2-903052-33-1
- COULON J., PUPIER R., QUEINNEC E. OLLIVIER E., RICHOUX P., 2011B.- Coléoptères Carabiques, volume 2 : première partie. Faune de France 95. 337p. ISBN : 978-2-903052-34-8
- CULVER M, FITAK R, HERRMANN HW. (2011). Genetic methods for biodiversity assessment IN Biological diversity frontiers in measurement and assessment. Magurran A, McGill B (Eds.). Oxford New York: Oxford University Press. 208-219.
- DE CACERES M. & LEGENDRE P., 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*.90: 3566-3574.
- DE FLORES M., 2007. Evaluation de l'impact du pâturage ovin sur l'arthropofaune de marais salés : étude des Aranéides et des Amphipodes en baie du mont Saint-Michel. Rapport de stage Master 2. Université Rennes 1. 30p.
- DELAHAYE R., 1991. – Contribution à la connaissance de *Cylindera germanica* (Linné) (Coléoptères Cicindèles). *Sciences Nat*, 72 : 17.
- DENNIS P., YOUNG M.R., BENTLEY C., 2001. The effects of varied grazing management on epigeal spiders, harvestmen and pseudoscorpions of *Nardus stricta* grassland in upland Scotland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86: 39-57.
- DESENDER K. & MAELFAIT J.P., 1999. Diversity and conservation of terrestrial arthropods in tidal marshes along the River Schelde : a gradient analysis. *Biological conservation*, 87: 221-229.
- DUFRENE M. & LEGENDRE P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*.67: 345-366

- DURANT D., 2002. Conséquences du pâturage ovin et du broyage sur la végétation de la réserve de chasse maritime de la baie du Mont Saint-Michel. Rapport d'étude pour le compte de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage et le centre d'étude Biologique de Chizé. 22p.+ Annexes
- DURANT D., 2003. Conséquences du pâturage ovin et du broyage sur la végétation de la réserve de chasse maritime de la baie du Mont Saint-Michel. Rapport d'étude pour le compte de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage et le centre d'étude Biologique de Chizé. 21p.+ Annexes
- ELKAIM, B., & RYBARCZYK, H., 2000. Structure du peuplement des invertébrés des zones halophiles de la baie de Somme (Manche Orientale). *Cahier de Biologie Marine*, 41, 295-311.
- FANINI, L., LOWRY, J., 2014. Coastal talitrids and connectivity between beaches: a behavioural test. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 457, 120–127.
- FOSTER, W. A., & TREHERNE, J. E., 1976. Insects of marine saltmarshes: problems and adaptations. *Marine insects*. L. Cheng ed. 5-42
- HEIMER, S. & W. NENETWIG, 1991. *Spinnen Mitteleuropas*. Ein Bestimmungsbuch. Parey, Berlin, Hamburg ISBN 3-489-53534-0
- IRMLER U., HELLER K., MEYER H. & REINKE H.-D., 2002. Zonation of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneida) in salt marshes at the North and the Baltic Sea and the impact of the predicted sea level increase. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1129-1147.
- JACOB E. (COORD.) 2015. - Proposition d'une méthodologie d'élaboration de listes d'espèces d'invertébrés déterminantes ZNIEFF de Basse-Normandie et application pour six taxons. Odonates, orthoptères, coléoptères aquatiques de milieux stagnants, lépidoptères Noctuidae, araignées Lycosidae et bourdons. Rapport du GRETIA pour la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Basse-Normandie. 87 pp. + annexes
- LACHAUX A., 1982 - Biologie écologie d'*Orchestia gammarellus* (Pallas), utilisation à des fins de nutrition en aquaculture. D.E.A. Ecologie-éthologie et aménagé Rennes 1-40
- LAFFAILLE P., LEFEUVRE J.C. & FEUNTEUN E., 2000. Impact of sheep grazing on juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., in tidal salt marshes. *Biological conservation*, 96 : 271-277.
- LEANDRO C. & PETILLON J., 2022. Diversité en arthropodes prédateurs comme indicateurs de gestion et développement d'une approche non invasive dans les milieux pastoraux. Rapport du projet Decid'aid du 15/03/202. 45 pp.
- LEFEUVRE J.C., BOUCHARD V., FEUNTEUN E., FRARE S., LAFFAILLE P. & RADUREAU A., 2000. European salt marshes diversity and functioning : The case study of the Mont Saint-Michel bay, France. *Wetlands Ecology and Managements*, 8: 147-161.
- LE LUHERNE E. & CAILLOT E., 2018. Définition d'un protocole national de surveillance scientifique des "Fonctions écologiques des prés salés (ouverts à la mer) pour l'ichtyofaune" et sa mise en place sur le Bassin Seine-Normandie en 2017. Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral (RNF-AFB). Rapport final – convention de partenariat AAMP/16/047. 127pp.
- LEROY, B., LE VIOL, I., & PÉTILLON, J. 2014. Complementarity of rarity, specialisation and functional diversity metrics to assess community responses to environmental changes, using an example of spider communities in salt marshes. *Ecological Indicators*, 46, 351-357.
- LE PERU B., 2007. Catalogue de répartition des Araignées de France. *Revue Arachnologique* . Ed. J-C Ledoux. 16: 1-468. ISSN 0398-4346.
- LUFF M. L., 2007.- Handbooks for the identification of British insects. Vol. 4, Pt. 2 : The Carabidae (ground beetles) of Britain and Ireland (2. ed). Royal Entomological Society. 247 pp.
- MILLER SE, HAUSMANN A, HALLWACHS W, JANZEN DH. 2016. Advancing taxonomy and bioinventories with DNA barcodes. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 371, 20150339.
- NOUGUES D., 2004. Conséquences de la gestion du Chiendent sur la restauration de la biodiversité en marais salés : exemple des peuplements d'Aranéides. Mémoire de Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes. Institut de Biologie et d'Ecologie Appliquée d'Angers, 39p. + Annexes.
- PETILLON J., FRANCOIS A., 2004. Les peuplements d'araignées de la vallée du Canut : inventaire en vue d'une évaluation des mesures de gestion conservatoire. Rapport d'étude du GRETIA pour le compte du conseil général d'ILLE-et-VILAINE. 43p. + Annexes.



- PETILLON J., 2005. Evolutions structurales, conservatoires et fonctionnelles de marais salés envahis par le Chiendent : étude de communautés d'arthropodes en baie du Mont Saint-Michel. Thèse de Doctorat mention Biologie, Université de Rennes I. 171p.
- PETILLON J., YSNEL F., VALERY L., CANARD A. & LEFEUVRE J.C., 2005A. Impact of invasive plant (*Elymus athericus*) on the conservation value of tidal salt marshes in western France and implications for management : Reponses of spider populations. *Biological conservation*, 126 : 103-117.
- PETILLON J., YSNEL F., LEFEUVRE J.-C. & CANARD A., 2005B. Are salt marsh invasions by the grass *Elymus athericus* a threat for two dominant halophilic wolf spiders? *The Journal of Arachnology*, 33: 236-242.
- PÉTILLON, J., GEORGES, A., CANARD, A., YSNEL, F., 2007. Impact of cutting and sheep-grazing on ground-active spiders and ground beetles in some intertidal salt marshes (Western France). *Anim. Biodivers. Conserv.* 30, 201–209.
- ROBERTS M.J., 1987. The spiders of Great Britain and Ireland. Harley Books. Colchester (Angleterre), 229p. (Volume 1: Atypidae – Theridiosomatidae), 204p. (Volume 2 : Linyphiidae) 256p. (Volume 3: Planches et espèces additionnelles).
- PETILLON J., FRANÇOIS A., GEORGES-LE BREC'H, YSNEL F., CANARD A., 2007. Synthèse des informations fournies dans le cadre de l'étude : Etude des effets du changement climatique sur les écosystèmes côtiers et estuariens en Basse-Normandie. Rapport BRANCH (Biodiversity Requires Adaptations in Northwest Europe under a Changing Climate). Lot 10. Etude entomologique sur les habitats intertidaux et arrière littoraux : Exploitation des données existantes et récentes. 15p.
- ROBERTS M.J., 1995. Spiders of Britain and Northern Europe. Harper Collins Publishers. Londres (Angleterre), 383p.
- TOPPING, C. J., & SUNDERLAND, K. D. 1992. Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of applied ecology*, 485-491.
- WILDISH, D. J. 1979. Reproductive consequences of the terrestrial habit in *Orchestia* (Crustacea: Amphipoda). *International Journal of Invertebrate Reproduction*, 1(1), 9-20.
- WISE D.H., 1993. Spiders in Ecological Webs. Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press, Cambridge (Angleterre), 328p.
- WORLD SPIDER CATALOG, 2022. World Spider Catalog. Version 23.0. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on {date of access}. doi: 10.24436/2

## Annexe 1 : Liste des études et thèses sur l'étude des invertébrés en baie du Mont Saint-Michel.

- |   |   |
|---|---|
| <p>DE FLORES M., 2007. Evaluation de l'impact du pâturage ovin sur l'arthropofaune de marais salés : étude des Aranéides et des Amphipodes en baie du Mont Saint-Michel. Rapport de stage Master 2. Université Rennes 1. 30p.</p> <p>DENIS J., 1968. A propos d'Halorates reprobis. <i>L'Entomologiste</i>, 24: 79-82.</p> <p>FOUILLET P., 1981. Contribution à l'étude des peuplements de carabiques des vases salées (cas de l'herbu de la baie du Mont Saint-Michel). D.E.A. Eco-éthologie, Université de Rennes I, 40 p.</p> <p>FOUILLET P., 1984. Les peuplements de carabiques des vases salées de la baie du Mont Saint-Michel. Rapport d'étude pour le Ministère de l'environnement (Contrat CCE 608 ENV F (SD)), Université de Rennes I, 79 p.</p> | <p>FOUILLET P., 1986. Evolution des peuplements d'Arthropodes des schorres de la baie du Mont Saint-Michel : influence du pâturage ovin et conséquences de son abandon. Thèse de doctorat de 3ième cycle en écologie, Université de Rennes 1, 330 p.</p> <p>FOUILLET P., 1988. Les Aranéides des schorres de la baie du Mont St Michel : distributions et relations avec les facteurs mésologiques. <i>Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne</i>, 59 : 65-86.</p> <p>Fouillet P., 1989. Le peuplement d'invertébrés des milieux littoraux fréquentés par la Caille des blés en baie du Mont Saint-Michel (Manche). Synthèse des expérimentations de 1987 et de 1988. Rapport d'étude pour le Ministère de l'équipement (Convention S.R.E.T.I.E. Convention n° 87196), Université de Rennes I, 36 p.</p> |
|---|---|

- FOUILLET P., 1990. Contribution à l'étude du peuplement de coléoptères Scarabaeoïdea coprophages liés aux troupeaux d'ovins des prairies littorales de la baie du Mont Saint-Michel. Etude pour le Secrétariat d'Etat à l'environnement et la Station biologique de Paimpont.
- FOUILLET P., 1997. Les arthropodes terrestres des prés salés. *Penn ar Bed*, 164 (1) : 22-31.
- FOUILLET P., 2000. Etude du peuplement de Coléoptères carabiques des prés salés bordant le marais de Dol et la zone des polders de la baie du Mont Saint-Michel (Ille-et-Vilaine) : comparaison de zones pâturées et de zones naturelles et analyse des évolutions depuis quinze ans. Rapport d'étude, Université de Rennes I, 28 p. + annexes.
- FRANÇOIS A., MOUQUET C. & PETILLON J., 2005. Etude des effets du changement climatique sur les peuplements d'invertébrés côtiers et estuariens de Basse-Normandie : synthèse bibliographique. Rapport GREZIA pour le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, 58 p.
- LEROY, B., LE VIOL, I., & PETILLON, J. 2014. Complementarity of rarity, specialisation and functional diversity metrics to assess community responses to environmental changes, using an example of spider communities in salt marshes. *Ecological Indicators*, 46, 351-357.
- MANTZOUKI, E., YSNEL, F., CARPENTIER, A., & PÉTILLON, J. 2012. Accuracy of pitfall traps for monitoring populations of the amphipod *Orchestia gammarella* (Pallas 1766) in saltmarshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113, 314-316.
- PETILLON J., 2002. Structure des peuplements d'Aranéides en baie du Mont Saint-Michel : facteurs de distribution des espèces dans les marais salés et conséquences de la progression du chiendent (*Elytrigia* sp.). Diplôme d'Etudes Approfondies Environnement : Milieux, Techniques, Sociétés", Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 48 p. + annexes.
- PETILLON J., YSNEL F., CANARD A. & LEFEUVRE J.-C., 2004. Responses of spider communities to a salinity gradient and tidal flooding in a tidal salt marsh (Mont St-Michel Bay, France). *Arthropoda selecta*, special issue 1: 235-248.
- PETILLON J., 2005. Evolutions structurales, conservatoires et fonctionnelles de marais sales envahis par le chiendent : études de communautés d'Arthropodes en baie du Mont Saint-Michel. Thèse de Doctorat mention Biologie, Université de Rennes I, 171 p.
- PETILLON J., YSNEL F., CANARD A. & LEFEUVRE J.-C., 2005a. Impact of an invasive plant (*Elymus athericus*) on the conservation value of tidal salt marshes in western France and implications for management: responses of spider populations. *Biological Conservation*, 126: 103-117.
- PÉTILLON J., YSNEL F., LEFEUVRE J.-C. & CANARD A., 2005B. Are salt marsh invasions by the grass *Elymus athericus* a threat for two dominant halophilic wolf spiders? *Journal of Arachnology*, 33: 236-242.
- PÉTILLON J., CANARD A. & YSNEL F., 2006. Spiders as indicators of microhabitat changes after a grass invasion in salt-marshes: synthetic results from a case study in the Mont-Saint Michel Bay. *Cahiers de Biologie Marine*, 47: 11-18.
- PETILLON J., FRANÇOIS A., GEORGES-LE BREC'H, YSNEL F., CANARD A., 2007. Synthèse des informations fournies dans le cadre de l'étude : Etude des effets du changement climatique sur les écosystèmes côtiers et estuariens en Basse-Normandie. Rapport BRANCH (Biodiversity Requires Adaptations in Northwest Europe under a Changing Climate). Lot 10. Etude entomologique sur les habitats intertidaux et arrière littoraux : Exploitation des données existantes et récentes. 15p.
- PETILLON, J., GEORGES, A., CANARD, A., & YSNEL, F. 2007. Impact of cutting and sheep grazing on ground-active spiders and carabids in intertidal salt marshes (Western France). *Animal Biodiversity and Conservation*, 30(2), 201-209.
- PUZIN C., 2014. Influence of habitat configuration on arthropod life history traits : a multi-scale approach in spatially structured systems. Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- PUZIN, C., & PETILLON, J. 2019. Contrasted responses of dominant ground-dwelling arthropods to landscape salt-marsh fragmentation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 224, 138-141.

## Annexe 2 : Liste taxonomique des espèces d'Aranéides et de Coléoptères Carabidae mentionnées par Pétilion et al., 2007 ; Delahaye (1991) et incrémentée des espèces observées dans le cadre de cette étude. Les espèces halophiles (Pétilion et al., 2007) sont en gras

### Aranéides

- Acartauchenius scurrilis* (O.P.-Cambridge,1872)  
*Agalenatea redii* (Scopoli, 1763)  
*Agroeca inopina* Cambridge O.P.-, 1886  
*Agroeca lusatica* (L. Koch, 1875)  
*Agyneta conigera* (O.P.-Cambridge,1863)  
*Agyneta decora* (O.P.-Cambridge,1870)  
*Alopecosa accentuata* (Latreille, 1817)  
*Alopecosa cuneata* (Clerck, 1757)  
*Alopecosa pulverulenta* (Clerck, 1757)  
*Altella lucida* (Simon, 1874)  
*Amaurobius erberi* (Keyserling, 1863)  
*Amaurobius ferox* (Walckenaer, 1830)  
*Anelosimus vittatus* (Koch C.L., 1836)  
*Antistea elegans* (Blackwall, 1841)  
*Araneus diadematus* Clerck, 1757  
***Arctosa fulvolineata* (Lucas, 1846)**  
*Arctosa leopardus* (Sundevall, 1833)  
*Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772)  
*Argenna patula* (Simon, 1874)  
*Argenna subnigra* (O.P.-Cambridge,1861)  
*Atypus affinis* Eichwald, 1830  
*Bathyphantes gracilis* (Blackwall, 1841)  
*Bathyphantes parvulus* (Westring, 1851)  
*Centromerita bicolor* Blackwall, 1833  
*Centromerita concinna* (Thorell, 1875)  
*Centromerus sylvaticus* (Blackwall, 1841)  
*Ceratinella brevipes* (Westring, 1851)  
*Ceratinopsis romana* (O.P.-Cambridge,1872)  
*Clubiona neglecta* O.P. Cambridge, 1873  
*Clubiona phragmitis* C.L. Koch, 1843  
*Clubiona similis* L. Koch, 1867  
*Clubiona stagnatalis* Kulezynski, 1897  
*Clubiona terrestris* Westring, 1862  
*Cnephalocotes obscurus* (Blackwall, 1834)  
*Collinsia submissa* (Koch L., 1879)  
*Crustulina guttata* (Wider, 1834)  
*Crustulina sticta* (O.P.-Cambridge,1861)  
*Diplostyla concolor* (Wider, 1834)  
*Drassylus pusillus* (Koch C.L., 1833)  
*Dysdera crocata* C.L. Koch, 1838  
*Dysdera erythrina* (Walckenaer, 1802)  
*Enoplognatha latimana* Hippa & Oksala, 1982  
***Enoplognatha mordax* (Thorell, 1875)**  
*Enoplognatha ovata* (Clerck, 1757)  
*Enoplognatha thoracica* (Hahn, 1833)  
*Episinus truncatus* Latreille, 1809  
***Erigone arctica* (White, 1852)**  
*Erigone atra* (Blackwall, 1841)  
*Erigone dentipalpis* (Wider, 1834)  
***Erigone longipalpis* (Sundevall, 1830)**  
*Erigone promiscua* (Cambridge O.P.-, 1872)  
*Ero furcata* (Villers, 1789)  
*Gongyliidiellum vivum* (O.P.-Cambridge,1875)  
*Haplodrassus dalmatensis* L. Koch, 1866  
*Haplodrassus signifer* (Koch C.L., 1839)  
*Heliophanus cupreus* (Walckenaer, 1802)  
*Heliophanus flavipes* C.L. Koch, 1848  
*Hypososinga pygmaea* (C.L. Koch, 1844)  
*Hypososinga sanguinea* C.L. Koch, 1844  
*Larinioides cornutus* (Clerck, 1757)  
*Lepthyphantes pallidus* (O.P.-Cambridge,1871)  
*Lophomma punctatum* (Blackwall, 1841)  
*Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802)  
*Meioneta rurestris* (C.L. Koch, 1836)  
*Meioneta simplicatarsis* (Simon, 1884)  
*Mermessus trilobatus* (Emerton, 1882)  
*Microlinyphia impigra* (O.P. Cambridge, 1871)  
*Microlinyphia pusilla* (Sundevall, 1830)  
*Micaria pulicaria* (Sundevall, 1832)  
*Myrmarachne formicaria* (DeGeer, 1778)  
*Neoscona adianta* (Walckenaer, 1802)  
*Neottiura bimaculata* (Linnaeus, 1767)  
*Neriene clathrata* (Sundevall, 1829)  
*Oedothorax apicatus* (Blackwall, 1850)  
*Oedothorax fuscus* (Blackwall, 1834)  
*Oedothorax retusus* (Westring, 1851)  
*Ostearius melanopygius* (O.P. Cambridge, 1879)  
*Ozyptila praticola* (C.L. Koch, 1837)  
*Ozyptila simplex* (O.P. Cambridge, 1862)  
*Pachygnatha clercki* Sundevall, 1823  
*Pachygnatha degeeri* Sundevall, 1830  
*Paidiscura pallens* (Blackwall, 1834)  
*Pardosa amentata* (Clerck, 1757)  
*Pardosa hortensis* (Thorell, 1872)  
*Pardosa nigriceps* (Thorell, 1856)  
*Pardosa prativaga* (L. Koch, 1870)  
***Pardosa purbeckensis* (Westring, 1861)**  
*Pardosa palustris* (Linnaeus, 1758)  
*Pardosa proxima* (C.L. Koch, 1847)  
*Pardosa pullata* (Clerck, 1757)  
*Pelecopsis parallela* (Wider, 1834)  
*Pirata latitans* (Blackwall, 1841)  
*Pirata piraticus* (Clerck, 1757)  
*Pisaura mirabilis* (Clerck, 1757)  
*Prinerigone vagans* (Audouin, 1826)  
*Robertus lividus* (Blackwall, 1836)  
*Salticus scenicus* (Clerck, 1757)  
*Savignya frontata* Blackwall, 1833  
*Scotina celans* (Blackwall, 1841)  
*Scotargus innerans* (O.P.-Cambridge,1885)  
***Silometopus ambiguus* (O.P.-Cambridge,1905)**  
*Silometopus reussi* (Thorell, 1871)  
*Stemonyphantes lineatus* (Linnaeus, 1758)  
*Talavera petrensis* (C.L. Koch, 1837)  
*Tegenaria picta* Simon, 1870  
*Tegenaria silvestris* L. Koch, 1872  
*Tenuiphantes tenuis* (Blackwall, 1852)  
*Tetragnatha extensa* (Linnaeus, 1758)  
*Thanatus striatus* C.L. Koch, 1845  
*Theridon instabile* C.L. Koch, 1836  
*Tibellus maritimus* (Menge, 1875)  
*Tibellus oblongus* (Walckenaer, 1802)  
*Tiso vagans* (Blackwall, 1834)  
*Trachyzelotes pedestris* (C.L. Koch, 1837)  
*Trochosa ruricola* (DeGeer, 1778)  
*Trochosa terricola* Thorell, 1856  
*Walckenaeria acuminata* Blackwall, 1833  
*Walckenaeria obtusa* Blackwall, 1836  
*Xerolycosa miniata* (C.L. Koch, 1834)  
*Xysticus audax* (Schrank, 1803)  
*Xysticus cristatus* (Clerck, 1757)  
*Zelotes electus* (Koch C.L., 1839)  
*Zelotes latreillei* (Simon, 1878)  
*Zelotes lutetianus* (L. Koch, 1866)  
*Zilla diodia* (Walckenaer, 1802)  
*Zodarion italicum* (Canestrini, 1868)  
*Zora spinimana* (Sundevall, 1833)

## Coléoptères Carabidae

*Acupalpus meridianus* (Linnaeus, 1761)  
*Agonum dorsale* (Pontoppidan, 1763)  
*Agonum fuliginosum* (Panzer, 1809)  
*Agonum lugens* (Duftschmid, 1812)  
*Agonum marginatum* (Linnaeus, 1758)  
*Agonum muelleri* (Herbst, 1784)  
*Agonum nigrum* Dejean, 1828  
*Agonum thoreyi* Dejean, 1828  
*Agonum viridicupreum* (Goeze, 1777)  
*Amara aenea* (Degeer, 1774)  
*Amara equestris* (Duftschmid, 1812)  
*Amara lunicollis* Schioedte, 1837  
*Amara plebeja* (Gyllenhal, 1810)  
*Amara tibialis* (Paykull, 1798)  
*Amblystomus niger* (Heer, 1841)  
*Anisodactylus binotatus* (Fabricius, 1787)  
***Anisodactylus poeciloides* (Stephens, 1828)**  
*Badister bipustulatus* (Fabricius, 1792)  
*Badister sodalis* (Duftschmid, 1812)  
*Bembidion assimile* Gyllenhal, 1810  
*Bembidion buguttatum* (Fabricius, 1779)  
***Bembidion iricolor* Bedel, 1879**  
*Bembidion lampros* (Herbst, 1784)  
*Bembidion lunulatum* (Geoffroy, 1785)  
***Bembidion minimum* (Fabricius, 1792)**  
***Bembidion normannum* Dejean, 1831**  
*Bembidion obtusum* Serville, 1821  
*Bembidion quadrimaculatum* (Linnaeus, 1761)  
*Bembidion semipunctatum* (Donovan, 1806)  
*Bembidion tetracolum* Say, 1823  
*Bembidion varium* (Olivier, 1795)  
*Brachinus sclopeta* (Fabricius, 1792)  
*Broscus cephalotes* (Linnaeus, 1758)  
*Calathus cinctus* Motschulsky, 1850  
*Calathus fuscipes* (Goeze, 1777)  
*Calathus melanocephalus* (Linnaeus, 1758)  
*Calathus mollis* (Marsham, 1802)  
*Calomera littoralis* (Fabricius, 1787)  
*Carabus granulatus* Linnaeus, 1758  
*Chlaenius nigricornis* (Fabricius, 1787)  
*Cicindela campestris* Linnaeus, 1758  
*Cicindela maritima* Dejean in Lat. & Dejean, 1822  
*Clivina collaris* (Herbst, 1784)  
*Clivina fossor* (Linnaeus, 1758)  
*Cylindera germanica* (Linnaeus, 1758)  
*Cylindera trisignata* (Dejean in Lat. & Dejean, 1822)  
*Demetrias imperialis* (Germar, 1824)  
***Dicheirotichus gustavii* Crotch, 1871**  
***Dicheirotichus obsoletus* (Dejean, 1829)**  
*Dromius linearis* (Olivier, 1795)  
*Dyschirius arenosus* Stephens, 1828

*Dyschirius chalceus* Erichson, 1837  
***Dyschirius salinus* Schaum, 1843**  
*Harpalus affinis* (Schrank, 1781)  
*Harpalus anxius* (Duftschmid, 1812)  
*Harpalus distinguendus* (Duftschmid, 1812)  
*Harpalus melancholicus* Dejean, 1829  
*Harpalus rubripes* (Duftschmid, 1812)  
*Harpalus rufipes* (Degeer, 1774)  
*Leistus fulvibarbis* Dejean, 1826  
*Loricera pilicornis* (Fabricius, 1775)  
*Microlestes minutulus* (Goeze, 1777)  
*Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792)  
*Notiophilus substriatus* Waterhouse, 1833  
*Ocys harpaloides* (Audinet-Serville, 1821)  
*Oodes helopioides* (Fabricius, 1792)  
*Ophonus brevicollis* (Dejean, 1829)  
*Parophonus maculicornis* (Duftschmid, 1812)  
***Pogonus chalceus* (Marsham, 1802)**  
***Pogonus littoralis* (Duftschmid, 1812)**  
***Pogonus luridipennis* (Germar, 1822)**  
*Pterostichus cupreus* (Linnaeus, 1758)  
*Pterostichus gracilis* (Dejean, 1828)  
*Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798)  
*Pterostichus niger* (Schaller, 1783)  
*Pterostichus nigrita* (Paykull, 1790)  
*Pterostichus strenuus* (Panzer, 1797)  
*Pterostichus vernalis* (Panzer, 1795)  
*Pterostichus versicolor* (Sturm, 1824)  
*Stenolophus teutonius* (Schrank, 1781)  
*Tachys bistriatus* Duftschmid, 1812  
***Tachys scutellaris* Stephens, 1828**  
*Trechus quadristriatus* (Schrank, 1781)