



Programme porté par les associations
GREZIA / Bretagne-Vivante / Vivarmor-Nature
Avec le soutien de l'Europe, de la Région
Bretagne et de la DREAL Bretagne
2016-2020

Proposition de listes d'espèces déterminantes ZNIEFF d'invertébrés en Bretagne :

les coléoptères aquatiques des milieux stagnants (Dytiscidés, Hydrophilidés et autres)



Juin 2019

Rédaction: Lionel PICARD (GRETIA).

Analyses : Lionel PICARD (GRETIA)

Coordination de l'étude pour l'observatoire : Lionel PICARD (GRETIA).

Relecture : Loïc Chéreau

Ce rapport doit être référencé comme suit :

PICARD L., 2020. – *Listes d'espèces déterminantes ZNIEFF d'invertébrés en Bretagne : les coléoptères aquatiques des milieux stagnants*. Rapport réalisé par le GRETIA dans le cadre de l'observatoire des invertébrés continentaux de Bretagne (2016-2020), porté par le GRETIA, Bretagne-Vivante et Vivarmor-Nature, pour l'Europe (FEDER), la Région Bretagne (contrat-nature) et la DREAL Bretagne : 17 p. + annexes.

Illustrations de couverture et photo : L. PICARD /GRETIA.

Rappel du contexte

L'observatoire régional sur les invertébrés continentaux est porté par le GRETIA, Bretagne-Vivante et Vivarmor Nature, avec le soutien financier de l'Europe (FEDER), de la Région Bretagne (contrat-nature) et de la DREAL Bretagne. Il a pour objectif de **valoriser les connaissances existantes en Bretagne pour les « invertébrés continentaux »** : insectes, arachnides, myriapodes, mollusques et crustacés non marins. Les actions mises en place doivent permettre une meilleure prise en compte des invertébrés dans les politiques de conservation aux échelles locales et régionales : référencement, saisie de données, inventaires de collections, validation des données, listes régionales d'espèces, listes déterminantes ZNIEFF, listes rouges, couches d'alerte, indicateurs régionaux, collaboration entre producteurs de données, etc.

En 2017, l'observatoire a travaillé sur une méthodologie d'élaboration de listes d'espèces déterminantes pour les invertébrés (GRETIA & al., 2017), soumise en CSRPN du 18 janvier 2018. La méthodologie a été validée par la commission. Cette méthodologie se base essentiellement sur le **travail réalisé par le GRETIA en Basse-Normandie** (Jacob, 2016) pour 6 groupes taxonomiques différents, ainsi que sur le **guide méthodologique pour l'inventaire continu des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF)** en milieu continental (Horrelou & al, 2013).

Ce rapport présenté ici constitue un **exemple concret d'application de la méthodologie** sur un groupe taxonomique particulier, **les coléoptères aquatiques de milieux stagnants**.

Il propose à l'issue de l'évaluation **une liste de 26 espèces pouvant potentiellement être retenues comme espèces déterminantes pour les ZNIEFF de Bretagne**.

Contenu

a. Motifs de choix de groupe.....	4
b. Références utilisées.....	5
c. Nature des jeux de données et limites.....	5
d. Retrait d'espèces.....	6
e. Paramètre 1 : rareté et représentativité.....	7
f. Paramètre 2 : particularités de répartition géographique.....	9
g. Paramètre 3 : spécialisation écologique.....	9
h. Paramètre 4 : menaces.....	11
i. Méthode de calcul final.....	11
Bibliographie.....	15

a. Motifs de choix de groupe

En premier lieu, il a été choisis de n'aborder que les espèces préférentiellement présentes dans les milieux stagnants au détriment des espèces de milieux courants, dites rhéophiles. Ce choix est orienté par le niveau de connaissance actuel, nettement supérieur pour les milieux stagnants. Cela ne signifie pas que les espèces rhéophiles dénuées d'intérêt, mais il faudrait d'abord intensifier et généraliser les prospections.

Les Coléoptères aquatiques des milieux stagnants (diverses familles dont les plus importantes sont les Dytiscidés et les Hydrophilidés) composent un **groupe fonctionnel** intéressant à prendre en compte dans le cadre de l'élaboration de listes déterminantes en Bretagne et ce pour plusieurs raisons distinctes :

- **Un niveau de connaissance local correct**, en particulier pour les espèces de milieux stagnants. Cela est notamment dû aux divers travaux et prospections réalisés depuis une vingtaine d'années en Bretagne : inventaires ponctuels réalisés par P. Fouillet, G. Thiberghien, A. Manach, H. Griffon, etc. ; nombreuses études réalisées par le GRETIA prenant en compte spécifiquement ou non spécifiquement les coléoptères aquatiques. Cela représente aujourd'hui environ 9500 données historiques et contemporaines pour 263 espèces (217 espèces mentionnées au cours des 40 dernières années). Nous portons également à connaissance l'existence d'un projet d'article visant à présenter la liste des espèces de Bretagne avec mention de la présence/absence par département (Lionel Picard, en cours).
- **Un niveau de connaissance national en voie d'amélioration**. Le groupe fonctionnel dans son ensemble (c'est-à-dire intégrant aussi les espèces semi-aquatiques), a fait l'objet d'une synthèse sommaire récente par P. Queney (2011), concernant les espèces présentes en France par grands domaines biogéographiques (7 zones en tout). Les coléoptères strictement aquatiques représentent 450 espèces environ en France. Cependant, la connaissance de la répartition précise des espèces (par exemple présence/absence par département), reste lacunaire pour le moment. Une démarche d'atlas départemental à l'échelle française a été récemment initiée par l'OPIE Benthos et devrait permettre d'améliorer la situation. A noter qu'en Europe, notamment dans les pays voisins comme le Royaume-Uni, l'Espagne ou l'Italie, les coléoptères aquatiques semblent assez bien connus. Il existe notamment une liste rouge pour ces espèces en Angleterre.
- **L'identification des coléoptères aquatiques est bien documentée** (divers ouvrages récents en Europe), bien qu'elle reste complexe à réaliser et nécessite le recours à des spécialistes.
- **Les coléoptères aquatiques sont considérés comme de bons bioindicateurs, autant à l'échelle régionale que locale, et ils peuvent être utilisés pour un suivi rapide et peu coûteux de la biodiversité** (Sanchez-Fernandez et al., 2006). Leur importance comme indicateurs des changements temporels et spatiaux qui ont lieu dans les systèmes aquatiques ont été démontrés (Bournaud et al., 1992 ; Richoux, 1994 in Sanchez-Fernandez et al., 2006). Ils ont aussi été utilisés pour classer les sites selon leur état de conservation (Foster et al., 1990 in Sanchez-Fernandez et al., 2006 ; Jeffries, 1988) et définir des zones prioritaires à conserver (Abellan et al., 2005, Sanchez-Fernandez et al., 2004 in Sanchez-Fernandez et al., 2011). Les coléoptères aquatiques sont considérés comme de bons descripteurs fonctionnels de l'hydrosystème (Bournaud & Amoros, 1984 in Bournaud, Richoux & Usseglio-Polatera, 1992), car ils reflètent les conditions environnementales dans une direction transverse (depuis le chenal de la rivière jusqu'aux annexes).

b. Références utilisées

La taxonomie suit celle proposée par le référentiel du MNHN : TAXREF v.11.

Notons que **le niveau taxonomique traité pour l'évaluation est le niveau spécifique.**

La définition de coléoptère aquatique comprend les familles strictement aquatiques proposées par QUENEY (2004, actualisation 2011), avec l'exclusion des taxons rhéophiles.

Pour tous les critères, de nombreux éléments bibliographiques ainsi que des travaux inédits (observations de l'auteur, études en cours du GRETIA, etc.) ont été utilisés. Sans en passer la totalité en revue, nous nous bornerons à citer ici les principales références : BEDEL, 1881 ; PASQUET, 1923 ; GUIGNOT, 1947 ; BAMEUL, 1985 ; HANSEN, 1987 ; HOLMEN, 1987 ; FRIDAY, 1988 ; LEBLANC, 1990, 1991 ; ANGUS, 1992 ; DROST & AL., 1992 ; NILSSON & HOLMEN, 1995 ; NELSON, 1996 ; NILSSON, 2003, 2013 ; QUENEY, 2004 (2011) ; ROBERT, 2005, 2011, 2013 ; MERRITT, 2006 ; ORHANT & LOHEZ, 2006 ; TACHET & AL., 2010 ; FOSTER & FRIDAY, 2011 ; FOSTER & AL., 2014 ; PICARD, 2016, 2017, 2018.

Les calculs des poids de rareté des espèces ont été effectués à l'aide du logiciel R version 3.4.3, (www.r-project.org) et de la librairie associée : Rarity version 1.3-4 (<https://cran.r-project.org/web/packages/Rarity/index.html>). La méthodologie est basée sur le travail de LEROY *et al.* (2013).

c. Nature des jeux de données et limites

Les matrices de distributions géographiques ont été construites à l'aide des références suivantes (tableau 1).

Tableau 1 : références pour compléter les différentes échelles utilisées dans l'indice de rareté.

Echelle géographique	Références
Locale	Bretagne : données présentes dans la base du GRETIA, associées aux données de la base de Bretagne-Vivante (800 données environ) : environ 9700 données pour 267 taxons (espèces rhéophiles et familles non prises en compte pour le calcul, comprises ; données historiques et contemporaines comprises). Il faut noter que d'autres données sont en cours d'intégration.
Armoricaine	Plus de 27 000 données , sachant que les données disponibles en Pays de la Loire sont beaucoup plus limitées que pour la Basse-Normandie et la Bretagne qui rassemblent la majorité des mentions.
France	Liste taxonomique des coléoptères "aquatiques" de la faune de France (avec leur répartition sommaire). Mise à jour en décembre 2011. (QUENEY, 2004)
Europe	Référentiel taxonomique Fauna Europaea (http://www.faunaeur.org) dernière mise à jour le 29/08/2013, version 2.6.2. (ROCCHI, 2013, NILSSON, 2013, MAZZOLDI, 2013, <i>in</i> AUDISIO, 2013 ; JAECH, 2013, HANSEN, RIBERA & HERNANDO, 2013 <i>in</i> ALONSO-ZARAZAGA, 2013), complété par Löbl I. & Smetana A. (ed.), 2003 et 2004

Nous précisons que les données bretonnes et armoricaines prises en compte n'ont pas fait l'objet d'une validation groupée. Pour cette raison, certaines espèces pour lesquelles les mentions ont été jugées délicates à prendre en compte en l'état (spécimens non vérifiés), ont été retirées de la liste globale en dépit de leur potentiel intérêt. Nous y revenons dans la partie suivante.

Enfin, soulignons qu'en Bretagne, la répartition des données n'est pas uniforme.

d. Retrait d'espèces

Le traitement de la liste a été réalisé au niveau spécifique.

En amont de l'attribution des notes, des espèces, genres ou familles, ont été exclues du processus de notation. Ce défaut d'évaluation a été rendu nécessaire pour diverses raisons :

- Ne traiter que les espèces des milieux stagnants parmi les différentes familles de coléoptères aquatiques (donc retrait des rhéophiles stricts)
- Ne traiter que les espèces, genres ou familles, pour lesquels la détermination ne pose pas de problème majeur /ou, dans le cas contraire, les espèces complexes pour lesquelles les données sont considérées comme a priori fiables (déterminateur connu, spécimens éventuellement vérifiés, cohérence géographique et phénologique).
- Ne traiter que des espèces observées depuis les années 80 (donc période d'environ 40 ans).

Ainsi, parmi les 22 familles de coléoptères comprenant des espèces aquatiques ou semi-aquatiques (QUENEY, 2004), plusieurs ont été exclues de la présente évaluation, considérant que ces groupes ne sont que trop imparfaitement connus et/ou abritant surtout des rhéophiles et/ou des ripicoles pouvant échapper à nos prospections et/ou trop petits pour être des déterminants "accessibles" :

- Les *Helophoridae*
- Les *Hydraenidae*
- Les *Dryopidae*
- Les *Elmidae*
- Les *Heteroceridae*

Parmi les *Hydrophilidae*, nous avons également retiré :

- Les genres *Chaetarthria* et *Hydrobius*, pour lesquels des révisions récentes ne permettent pas d'être certains de la fiabilité des mentions plus anciennes,
- Le genre *Cercyon* largement sous-échantillonné (petite taille) et comprenant en partie des espèces coprophages vivant hors d'eau
- Les genres *Megasternum*, *Cryptopleurum*, et *Sphaeridium* comprenant des espèces uniquement coprophages ou détritiphages vivant en dehors des zones strictement aquatiques.

Pour les *Dytiscidae*, nous avons retiré le complexe *Hydroporus dosalis/figuratus*, pour des raisons de révision récente qui ne permettent pas d'être certains de la fiabilité des mentions plus anciennes. En dépit de leur fort intérêt, pour la liste finale, nous avons également retiré les espèces du genre *Bidessus*, trop complexes à identifier.

Parmi les taxons récents (essentiellement familles des *Dytiscidae* et *Hydrophilidae*), nous avons donc également retiré les espèces considérées comme rhéophiles strictes ou généralement rhéophiles mais pouvant être accidentelles en milieu stagnant.

Enfin, nous avons retiré toutes les espèces non revues depuis 40 ans, ainsi que les espèces à mention unique pour lesquelles il n'a pas été possible de revoir les spécimens dans le temps imparti.

En définitive, pour l'élaboration de la liste, **125 espèces ont été conservées sur les 226 espèces mentionnées en Bretagne au cours des 40 dernières années bretonnes**. Par ailleurs, 6159 données ont été prises en compte (stabilisation des données en date du 12/06/2019).

Nous précisons que bien qu'écartées de la liste présentée ici, certaines espèces dont les rares mentions nécessitent une vérification des spécimens pourraient faire l'objet d'une réévaluation à moyen terme. Ces espèces sont plus précisément :

- *Ilybius aenescens* Thomson, 1870
- *Bidessus minutissimus* (Germar, 1824)
- *Hydroporus marginatus* (Duftschmid, 1805)
- *Haliplus (Haliplidius) obliquus* (Fabricius, 1787)
- *Haliplus (Liaphlus) variegatus* Sturm, 1834
- *Gyrinus (Gyrinus) suffriani* Scriba, 1855

De la même manière des espèces faisant uniquement l'objet de mentions historiques (plus de 40 ans), pourraient être réévaluées si elles étaient retrouvées dans les années à venir. Ces espèces sont notamment :

- *Ilybius similis* Thomson, 1856
- *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811
- *Dytiscus dimidiatus* Bergsträsser, 1778
- *Dytiscus pisanus* Laporte de Castelnau, 1835
- *Hydroporus elongatulus* Sturm, 1835
- *Scarodytes halensis* (Fabricius, 1787)
- *Gyrinus minutus* Fabricius, 1798

Enfin, d'autres espèces encore non mentionnées en Bretagne, pouvant potentiellement être observées lors d'inventaires futurs, pourraient faire l'objet d'une évaluation (exemple : *Agabus congener*, *Agabus melanarius*, *Agabus striolatus*, *Rhantus suturellus*, *Hydroporus elongatulus*, *Laccornis oblongus*, *Hydrochus elongatus*, etc.).

e. Paramètre 1 : rareté et représentativité

Le calcul du « poids de rareté » a été effectué avec l'indice de Boris Leroy (cf. LEROY *et al.*, 2012, 2013), comme recommandé par GRETIA, BRETAGNE-VIVANTE & VIVAMOR NATURE (2017).

Nous avons opté pour les trois échelles suivantes dans le cadre de cet indice :

1) échelle européenne : présence par pays ;

2) échelle nationale : présence par zones biogéographiques selon la liste taxonomique des coléoptères "aquatiques" de la faune de France (Queney, 2004, mise à jour en décembre 2011), soit 7 zones biogéographiques.

3) échelle bretonne : présence/absence par communes prospectées

Les seuils ont été attribués et répartis en 5 classes suivant la méthode des k-means. La méthode des k-means est un outil de classification classique qui permet de répartir un ensemble de données en classes homogènes. Nous avons également observé visuellement les ruptures naturelles de la courbe des poids de rareté pour vérifier la cohérence du résultat à partir des K-means.

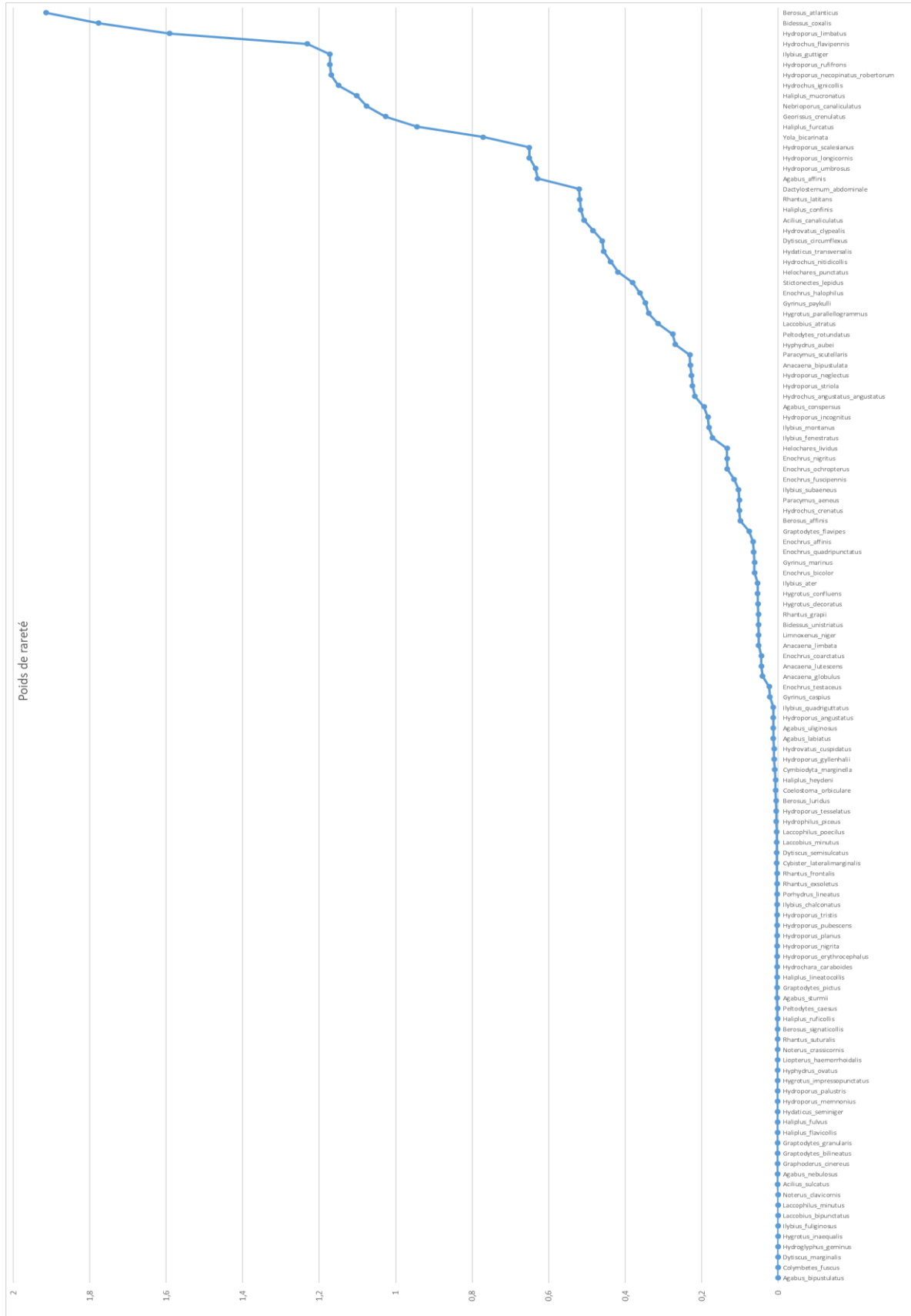


Figure 1 : courbe du poids de rareté des espèces.

f. Paramètre 2 : particularités de répartition géographique

Les répartitions des espèces ont été examinées à l'aide des données exposées dans le point C, avec la même source que pour le paramètre 1.

Pour la lecture des cartes, nous avons travaillé indépendamment :

- Répartition régionale : à partir de l'outil de visualisation du GRETIA sur Geonature avec localisation précise des stations
- Répartitions supra-régionales sur QGIS, avec :
 - o Pour la répartition nationale : présence/absence par zones biogéographiques (sources : Queney, 2004, actualisation 2011)
 - o Pour la répartition européenne : présence par pays d'Europe (source : Fauna Europaea ; Lobl & Smetana, 2010).

L'interprétation générale doit par ailleurs se faire avec prudence, les données affichées n'étant pas forcément exhaustives. Par ailleurs, le fait de griser l'intégralité d'un pays (spécifiquement la Russie), masque la répartition fine des espèces à l'échelle européenne. Cependant, en l'absence d'informations plus précises, nous n'avons pas eu le choix. Cela vaut également pour les territoires insulaires (Sardaigne, etc.). Il est important de rester mesurer sur leur prise en compte.

g. Paramètre 3 : spécialisation écologique

La prise en compte de ce paramètre essentiel n'a pas été évidente car les espèces de coléoptères aquatiques peuvent être spécialisées à des éléments de leur environnement très variables. Après avoir parcouru la littérature scientifique et notamment les travaux d'atlas ainsi que les faunes européennes, un certain nombre de traits de spécialisation apparaissent.

Certaines espèces se révèlent associées de façon caractéristique à des types de substrats : graviers, sableux, argileux, tourbeux. Dans le compartiment aquatique, l'absence de végétation, la présence de sphaignes ou de bryophytes, celle de dense herbiers d'hydrophytes ou encore celle d'amas de litières (roselières notamment) se révèlent aussi déterminantes pour certains taxons. Notons d'ailleurs que la spécialisation peut concerner la profondeur de la lame d'eau, avec notamment des espèces rivulaires voire interstitielles. Cependant la nature des mésohabitats présents au sein des milieux aquatiques n'est pas le seul facteur d'influence.

Certaines espèces sont directement liées aux caractéristiques physicochimique de l'eau. Selon qu'elles soient douces, saumâtres ou salées, le degré de minéralisation des eaux influence très directement la présence/absence de certaines espèces. Il en va de même pour le pH puisque certaines espèces sont des acidiphiles strictes tandis que d'autres sont caractéristiques des eaux carbonatées. Le niveau trophique est également sélectif et certaines espèces peuvent être uniquement associées aux eaux oligotrophes, ou à l'inverse eutrophes. Signalons enfin que certaines espèces sont reconnues pour être systématiquement rencontrées dans des eaux froides et ombragées.

Dans certains cas, ce sont les conditions environnementales au sens large qui se révèlent déterminantes : c'est le cas des espèces des milieux arrière-littoraux, ou des espèces landicoles. Le caractère temporaire plus ou moins marqué de l'habitat aquatique, à l'inverse la permanence des grandes et profondes collections d'eau ou encore la présence de suintements superficiels sélectionnent également les espèces. La courantologie influence également beaucoup l'organisation des communautés de coléoptères aquatiques et certaines espèces des eaux stagnantes sont typiques des collections d'eau alimentées.

Le seul trait de spécialisation indépendant des conditions environnementales est celui du faible pouvoir de dispersion de certaines espèces généralement aptères.

Cette diversité des types de spécialisation ne permet pas un ciblage strict pour chaque paramètre influençant la spécialisation ou non des espèces. Pour suivre les préconisations issues de la méthodologie de désignation des listes déterminantes ZNIEFF pour les invertébrés continentaux de Bretagne (GRETIA, Bretagne-Vivante & Vivarmor-Nature, 2017), nous avons donc dû réaliser un travail de simplification basé sur la connaissance des espèces et la littérature existante. A noter qu'il existe également une liste déterminante ZNIEFF de Basse-Normandie pour laquelle cet exercice avait déjà été mené (Jacob, 2016) et qui nous a donc servi de base de travail.

Au final, nous avons procédé comme suit dans notre hiérarchisation pour les espèces de coléoptères aquatiques des milieux stagnants :

o 1 pt = Espèce généraliste : espèce présente dans la plupart des types de milieux stagnants (mares, étangs, marais, ornières, abreuvoirs, etc.), **de contextes** (prairies et milieux ouverts, zones de cultures, landes, boisements, littoral, milieux artificialisés, etc.), **de substrats de fonds et de nature physico-chimique de l'eau**. Ce sont généralement des espèces ubiquistes, largement répandues sur le territoire et très régulièrement mentionnées (*Agabus bipustulatus*, *Anacaena limbata*, *Dytiscus marginalis*, *Hydroporus palustris*, *Laccophilus minutus*, etc.). Certaines espèces sont cependant moins communes voire rares à l'échelle du référentiel breton, mais les informations disponibles sur leur écologie ne semblent pas montrer de spécialisation particulière (*Hydroporus striola*, *Ilybius ater*, *Haliphus heydeni*, etc.).

Au final, 54 espèces de coléoptères aquatiques sur les 125 évaluées ont été considérées comme « généralistes ».

o 2,5 pt = Espèce généraliste orientée : espèce présente dans des types de milieux, contextes, substrats de fonds et nature physico-chimique de l'eau plus ciblés, sans pour autant y être strictement associée. De fait, cette évaluation se base sur les éléments de la littérature disponible et reste assez subjective. C'est une catégorie dans laquelle nous rencontrons le plus d'espèces car les coléoptères aquatiques sont souvent associés à des éléments particuliers du milieu tout en conservant une certaine plasticité pour favoriser leur colonisation. Par exemple, *Hydroporus gyllenhalii* et *Helochares punctatus* sont deux espèces répandues en Bretagne mais généralement associées aux mares ou milieux acides dans la littérature. A ce titre, nous les avons qualifiés de généralistes orientées. Pour d'autres espèces, nous avons parfois hésité à les basculer dans la catégorie « spécialisées ». C'est notamment le cas de différentes espèces du genre *Haliphus*, connues pour être des consommatrices de characées au stade larvaire mais occupant une assez large gamme d'habitats aquatiques d'après la littérature.

Au final, 51 espèces de coléoptères aquatiques sur les 125 évaluées ont été considérées comme « généralistes orientées ».

o 4 pt = Espèce spécialiste : espèce strictement associée à un type de milieux et/ou substrats de fonds et/ou nature physico-chimique de l'eau. Nous avons attribué cette cotation avec beaucoup de prudence sur la base des éléments d'écologie disponibles dans la littérature, généralement non spécifique au territoire armoricain. Plusieurs groupes distincts se retrouvent dans cette catégorie : les espèces associées aux milieux saumâtres qui forment des cortèges originaux (*Agabus conspersus*, *Hydroporus limbatus*, *Berosus atlanticus*, etc), les espèces de tourbières et landes humides (*Laccobius atratus*, *Hydroporus longicornis*, etc.), les espèces pionnières (*Nebrioporus canaliculatus*, *Yola bicarinata*).

Au final, 20 espèces de coléoptères aquatiques sur les 125 évaluées ont été considérées comme « spécialistes ».

h. Paramètre 4 : menaces

Pour les coléoptères aquatiques, l'évaluation de ce paramètre est très limitée en raison de la **faible prise en compte de ces espèces en France dans les stratégies de conservation et de fait, d'un manque de recul global sur les menaces qui pourraient peser sur ces espèces.**

Cela n'est pas le cas pour divers pays européens frontaliers qui ont déjà pris la mesure de l'importance de ces organismes pour abonder les stratégies de conservation des zones humides. Par exemple, il existe une liste rouge anglaise des coléoptères aquatiques.

En dépit de cela, contrairement à de nombreux autres groupes d'invertébrés, **quelques espèces font l'objet d'une protection nationale en France.** Cependant, les deux espèces actuellement protégées ne sont pas présentes sur notre territoire.

Par ailleurs, les menaces sur les habitats aquatiques sont réelles et reconnues (drainage, pollution, artificialisation, etc.). Divers types de zones humides revêtent des enjeux de conservation élevés en Bretagne : marais arrière-littoraux, grand marais de plaine tourbières et landes humides, etc. Cependant, en l'absence d'une connaissance suffisante et surtout de l'absence de données structurées sous forme de série temporelle, le lien direct avec de possibles régression des espèces de coléoptères aquatique reste peu évident à démontrer. Il est impossible de dégager de tendances fiables.

Pour l'ensemble de ces raisons, nous avons considéré que ce paramètre optionnel ne pouvait pas être renseigné pour les coléoptères aquatiques de milieux stagnants en Bretagne. Ainsi, comme le permet la méthodologie de désignation des listes déterminantes ZNIEFF pour les invertébrés continentaux de Bretagne (GRETIA, Bretagne-Vivante & Vivarmor-Nature, 2017), nous avons donc préféré ne pas retenir ce paramètre dans l'évaluation finale.

i. Méthode de calcul final

Ce calcul respecte scrupuleusement les préconisations fournies par GRETIA, BRETAGNE-VIVANTE & VIVAMOR NATURE (2017). Il donne les résultats suivants (tableau 2) et permet de définir **26 espèces déterminantes de coléoptères aquatiques** (milieux stagnants uniquement) **sur les 125 évaluées en Bretagne (tableaux 2 et 3), représentant donc 20% des espèces.**

Soulignons que la liste obtenue a été soumise à un spécialiste des coléoptères aquatiques connaissant bien le contexte biogéographique armoricain, Loïc Chéreau.

	22	29	35	56
Famille des Dytiscidae				
Sous-famille des Agabinae				
<i>Agabus (Gaurodytes) affinis</i> (Paykull, 1798)		1	1*	
<i>Agabus (Gaurodytes) conspersus</i> (Marsham, 1802)	[1]	1	1	1
<i>Ilybius guttiger</i> (Gyllenhal, 1808)				1
Sous-famille des Colymbetinae				
<i>Rhantus (Rhantus) latitans</i> Sharp, 1882	1*	1	1*	
Sous-famille des Hydroporinae				
<i>Yola bicarinata bicarinata</i> (Latreille, 1804)	1	[1]	1	[1]
<i>Hydroporus limbatus</i> (Aubé, 1838)				1
<i>Hydroporus necopinatus robertorum</i> Féry, 1999	1	1	1	1
<i>Hydroporus neglectus</i> Schaum, 1845	1	[1]	1	1
<i>Hydroporus ruffifrons</i> (Müller, 1776)			1	1*
<i>Hydroporus scalesianus</i> Stephens, 1828			1	1
<i>Hydroporus umbrosus</i> (Gyllenhal, 1808)	1*	1	1	
<i>Nebrioporus (Zimmermannius) canaliculatus</i> (Lacordaire 1835)			1	
<i>Hygrotus (Coelambus) parallelogrammus</i> (Ahrens, 1812)		1	1	
Famille des Haliplidae				
<i>Haliplus (Haliplus) furcatus</i> Seidlitz, 1887				1
<i>Haliplus (Haliplidius) confinis</i> Stephens 1828		1	1*	1*
<i>Haliplus (Liaphlus) mucronatus</i> Stephens, 1828			1*	1
Famille des Georissidae				
<i>Georissus crenulatus</i> (Rossi, 1794)				1
Famille des Hydrochidae				
<i>Hydrochus flavipennis</i> Küster, 1852				1
<i>Hydrochus ignicollis</i> Motschulsky 1860				1
Sous-famille des Hydrophilinae				
<i>Paracymus aeneus</i> (Germar, 1824)	1	1	[1]	1
<i>Paracymus scutellaris</i> (Rosenhauer, 1856)	1	1	1	1
<i>Berosus (Enoplurus) atlanticus</i> Queney, 2007				1
<i>Enochrus (Lumetus) bicolor</i> (Fabricius 1792)	1	1	1	1
<i>Enochrus (Lumetus) halophilus</i> (Bedel, 1878)	1	1	[1]	1
<i>Enochrus (Lumetus) ochropterus</i> (Marsham, 1802)	1	1	[1]	1
<i>Laccobius (Dimorpholaccobius) atratus</i> Rottenberg 1874	1	1	1	1

Le tableau précise ensuite la présence/absence des espèces pour les 4 départements bretons (Côtes d'Armor, « 22 » ; Finistère, « 29 » ; Ille-et-Vilaine, « 35 » ; Morbihan, « 56 »), suivant différents critères de légende :

1* : Donnée(s) ancienne(s) et/ou historique(s) (plus de 40 ans)

[1] : espèce potentiellement présente mais pas d'observation

Tableau 2 : Liste simplifiée et répartition départementale des espèces de coléoptères aquatiques considérées comme déterminantes en Bretagne.

	Note paramètre 1	Note paramètre 2	Note paramètre 3	Ecologie sommaire	Difficultés d'identification
Famille des Dytiscidae					
Sous-famille des Agabinae					
<i>Agabus (Gaurodytes) affinis</i> (Paykull, 1798)	3	4	4	Cette espèce est notée des marécages et eaux froides, considérée comme très rare du bassin de la Seine par Bedel (1881). Elle est aussi souvent associée avec des Sphagnum et fréquemment collectée dans les tourbières ou dans de petits marais forestiers (Nilsson & Holmen, 1995). Pour Nelson (1996), elle est l'une des espèces caractéristiques des tapis de mousses dans les marais et les tourbières de plaine (Nelson, 1996).	Difficile, dissection requise
<i>Agabus (Gaurodytes) conspersus</i> (Marshall, 1802)	2	4	4	Espèce des eaux saumâtres (Nelson, 1996) ; mares ouvertes, souvent celles situées près de la mer, saumâtres et avec un substrat limoneux (Nilsson & Holmen, 1995). Cette espèce relativement spécialisée est presque uniquement localisée sur le littoral à l'échelle du massif armoricain.	Facile, reconnaissable sur le terrain mais photographie minimum recommandée
<i>Ilybius guttiger</i> (Gyllenhal, 1808)	4	3	2,5	Milieux permanents avec une végétation dense, comme les lacs et les mares (Nilsson & Holmen, 1995) ; espèce caractéristique des marais (Nelson, 1996). Cette espèce semble assez répandue vers le nord et l'est de l'Europe, mais semble se raréfier au sud de l'Europe. Avant l'observation réalisée sur Saint-Dolay (56), en 2018, nous n'avions aucune observation récente dans la base de données du GRETA à l'échelle armoricaine.	Difficile, dissection requise
Sous-famille des Colymbetinae					
<i>Rhantus (Rhantus) latitans</i> Sharp, 1882	3	4	2,5	Principalement dans les milieux permanents riches en végétation comme les lacs et les parties peu courantes des	Difficile, dissection conseillée
Sous-famille des Hydroporinae					
<i>Yola bicarinata bicarinata</i> (Latreille, 1804)	3	4	4	<i>Yola bicarinata</i> fréquente, pour Des Gozis (1910-1915 in Elder, 2010a), les mares d'eau douce ou saumâtre, claires et découvertes, à fond vaseux ; le bord des eaux dans les petites lagunes peu profondes et les ruisseaux d'eau claire à fond sableux. Guignot (1947) indique plutôt les eaux peu profondes, de préférence dans celles coulant très doucement sur fond de sable ou de gravier.	Facile, reconnaissable sur le terrain, confusion impossible mais de petite taille (prélèvement recommandé)
<i>Hydroporus limbatus</i> (Aubé, 1838)	4	4	4	Espèce des eaux stagnantes à forte minéralisation et eutrophie, telles que les lagunes et les étangs salés endoréiques ou zones humides côtières ; bon voilier (Millán & al., 2014).	Modéré, prélèvement requis et dissection conseillée
<i>Hydroporus necopinatus robertorum</i> Féry, 1999	4	4	2,5	Milieux temporaires à sub-permanents (fossés, ornières, mares...), bordés de mousses (notamment de sphaignes), dans les bois acides à acidodolines (Elder & Constantin, 2004). Espèce régulièrement rencontrée dans le Massif armoricain, mais sa répartition européenne très limitée même au niveau spécifique, en fait un taxon intéressant.	Difficile, dissection requise
<i>Hydroporus neglectus</i> Schaum, 1845	2	4	4	Espèce forestière ombrophile, trouvée dans les eaux stagnantes, riches en mousses (sphaignes par exemple) et en feuilles en décomposition (Denton, 2007 ; Nilsson & Holmen, 1995 ; Callot, 1990 ; Guignot, 1947).	Modéré, prélèvement requis et dissection conseillée
<i>Hydroporus rufifrons</i> (Müller, 1776)	4	4	4	L'espèce semble préférer les milieux mésotrophes à légèrement oligotrophes, avec de l'eau limpide. Une caractéristique commune de la plupart des sites serait la présence de touffes de carex ou de joncs (Foster, 2010). Elle est mentionnée des mares froides et des carrières de meulrières (Bedel, 1881), parfois en milieu forestier (Des Gozis, 1917-1921). Mentionnée récemment d'Ille et Vilaine, sur un secteur présentant une mosaïque d'habitats complexe se composant notamment de communautés à Eleocharis, de zones à Phalaris arundinacea et à Glyceria maxima ; secteur s'exondant partiellement en été.	Modéré, prélèvement requis et dissection conseillée
<i>Hydroporus scalesianus</i> Stephens, 1828	3	4	4	Habitant typique des tapis flottants de Sphaignes entourant les petits lacs, mais aussi dans divers petits milieux avec de la mousse ou une végétation dense (Nilsson & Holmen, 1995). Connu pour avoir de faibles capacités de dispersion.	Modéré, dissection conseillée
<i>Hydroporus umbrosus</i> (Gyllenhal, 1808)	3	4	2,5	D'après Nilsson et Holmen (1995), espèce connue de tous les types de milieux stagnants dans le nord de l'Europe, souvent abondante dans les lacs et les mares avec des marges densément végétalisées ; pour Foster et Friday (2011), espèce des eaux permanentes, tourbière mésotrophes ou basiques et les marais, étangs et des fossés tourbeux ; pour Sainte-Claire Deville (1935), c'est une espèce de marais tourbeux du Nord de la France (du Finistère à l'Alsace), des Vosges, du Jura et du Massif Central.	Difficile, dissection requise
<i>Nebrioporus (Zimmermannius) canaliculatus</i> (Lacordaire 1835)	4	3	4	Espèce notée des eaux claires et carrières inondées dans le voisinage des rivières (Bedel, 1881), des mares limoneuses ou sableuses, récentes et majoritairement sans végétation, comme les mares de gravières (Nilsson & Holmen, 1995). Les adultes sont de bons voiliers (Nilsson & Holmen, 1995).	Facile, reconnaissable sur le terrain mais photographie recommandée
<i>Hygratus (Coelambus) parallelogrammus</i> (Ahrens, 1812)	2	3	4	Espèce halophile principalement confinée aux anses littorales et différentes mares et fossés littoraux (Lindberg, 1948, in Nilsson & Holmen, 1995)	Facile, reconnaissable sur le terrain mais photographie recommandée

Famille des Haliplidae					
<i>Haliplus (Haliplus) furcatus</i> Seidlitz, 1887	4	4	4	Souvent trouvée dans des habitats près de la mer, mais elle évite les zones à très hautes salinités. Elle fréquente plus particulièrement les collections d'eau temporaires, dans les marais bien exposés (Holmen, 1987).	Difficile, dissection requise
<i>Haliplus (Haliplidius) confinis</i> Stephens 1828	3	4	2,5	Principalement dans les milieux stagnants d'eau claire comme les lacs et les grandes mares ; aussi dans les parties calmes des ruisseaux peu courants et dans les eaux saumâtres. Souvent trouvé à des profondeurs de plus d'un mètre, et souvent parmi les Characées, sur lesquelles la larve se nourrit (Holmen, 1987).	Difficile, dissection requise
<i>Haliplus (Liaphlus) mucronatus</i> Stephens, 1828	4	3	2,5	Principalement dans les eaux stagnantes, riches en bases, douces et saumâtres, parfois également dans les gravières. Pour Leblanc (1990), il serait assez indifférent sur ses habitats, affectionnant dans la partie nord de la France les biotopes nitrifiés ou minéralisés. Il rechercherait par ailleurs les herbiers de Characeae, dont la larve se nourrit (Holmen, 1987 ; Van Vondel, 1997 in Elder, 2009)	Difficile, dissection requise
Famille des Georissidae					
<i>Georissus crenulatus</i> (Rossi, 1794)	4	3	4	Il s'agit d'une espèce difficile à détecter en raison de sa taille et de son écologie très spécifique. Elle se trouve sur les sols humides et sableux, présentant une texture friable recouverte d'un biofilm d'algues ou de fines mousses, un habitat trouvé sur les berges des pièces d'eau en arrière de côtes à falaises ou de dépressions dunaires.	Facile au niveau générique, mais dissection requise au niveau spécifique
Famille des Hydrochidae					
<i>Hydrochus flavipennis</i> Küster, 1852		4	2,5	Espèce thermophile, colonisant les petits points d'eau stagnants pourvus d'une végétation graminéenne, mais également les bords des grands milieux courants. Elle est généralement rencontrée en début d'année et en début d'été (Hebauer & Klausnitzer, 1998 in CHÉREAU et al., 2012).	Modérée, prélèvement requis et dissection conseillée
<i>Hydrochus ignicollis</i> Motschulsky 1860	4	4	2,5	Espèce acidophile, trouvée dans les fossés herbeux acides et les eaux stagnantes parmi les débris végétaux et les lits de feuilles mortes des mares forestières, des tourbières basses et des fosses d'extraction de tourbe (Hebauer & Klausnitzer, 1998 ; Hansen, 1987 ; Angus, 1976). L'espèce semble être caractéristique des eaux peu profondes et herbeuses (callitriches par exemple), pourvus d'hélophytes (Angus, 1976).	Modérée, prélèvement requis et dissection conseillée
Sous-famille des Hydrophilinae					
<i>Paracymus aeneus</i> (Germer, 1824)	1	4	4	Espèce halobionte, apparaissant exclusivement dans les marais saumâtres, sur les marges de petites mares peu profondes, bien végétalisées et souvent temporaires au-dessus du niveau de la mer (Hansen, 1987).	Facile, mais prélèvement requis
<i>Paracymus scutellaris</i> (Rosenhauer, 1856)	2	2	4	Espèce des landes, typiquement trouvée dans les suintements d'altitude (Nelson, 1996) ; notée des mares et sources froides (Bedel, 1881) et affleurement superficiel sur la tourbe, souvent parmi les mousses (Foster & al., 2014).	Facile, mais prélèvement requis
<i>Berosus (Enoplurus) atlanticus</i> Queney, 2007	4	4	4	Espèce récemment décrite par P. Queney en 1997, endémique des côtes atlantiques françaises, mentionnée des fossés et plans d'eau saumâtre à végétation assez dense.	Modéré, prélèvement requis
<i>Enochrus (Lumetus) bicolor</i> (Fabricius 1792)	1	3	4	Mares d'eau saumâtre (Hansen, 1987), tolère toutefois une plus faible salinité, et est parfois, voire très occasionnellement, trouvé en eau douce, et principalement sur les marges de lacs (Hansen, 1987). Enfin, il est aussi un hôte des eaux peu courantes, comme les canaux de drainage (Hansen, 1987).	Modéré, prélèvement requis
<i>Enochrus (Lumetus) halophilus</i> (Bedel, 1878)	2	4	4	Espèce halophile, trouvée dans les marais saumâtres le long des côtes, dans des mares peu profondes, à végétation éparse, souvent temporaires, au-dessus du niveau de la mer (Hansen, 1987) ; Littoral et régions avoisinantes (eaux saumâtres et marécages voisins de la mer), çà et là dans l'intérieur (Sainte-Claire Deville, 1935).	Modéré, prélèvement requis
<i>Enochrus (Lumetus) ochropterus</i> (Marshall, 1802)	1	4	2,5	Espèce associée aux mousses et aux débris organiques des mares, en conditions acides ou moyennement alcalines (Merritt, 2006). En Scandinavie, c'est une espèce tyrophile, hôte de milieux stagnants plus ou moins acides et souvent ombragés et forestiers, typiquement dans les mares à sphaignes (Hansen, 1987). En Alsace, elle fréquente les eaux stagnantes, acides de préférence (Callot, 2001).	Modéré, prélèvement requis
<i>Laccobius (Dimorpholaccobius) atratus</i> Rottenberg 1874	2	4	4	Considérée comme typique des tourbières atlantiques moussues (Nelson, 1996). Cette caractéristique turficole est reprise par divers auteurs (MILAN & BENEDIKT, 2010).	Difficile, dissection requise

Tableau 3 : Liste détaillée des espèces de coléoptères aquatiques considérées comme déterminantes en Bretagne.

Bibliographie

Abellán P., Sánchez-Fernández D., Velasco J. & Millán A., 2005. - Assessing conservation priorities for insects: status of water beetles in southeast Spain. *Biological Conservation*, 121 : 79-90.

Angus R.B., 1976.- A re-evaluation of the taxonomy and distribution of some European species of *Hydrochus* Leach (Col., Hydrophilidae). *Entomologist's Monthly Magazine*, 112 : 177-201.

Barthe E., 1926.- Tableaux analytiques des Coléoptère de la faune franco-rhénane (France, Hollande, Belgique, Région rhénane, Valais). Famille 47 : Heteroceridae. Extrait de la *Revue Miscellanea Entomologica*, 29 : 1-37.

Bedel L., 1881.- *Faune des Coléoptère du Bassin de la Seine : première partie*. Société entomologique de France, Paris : 359 pp.

Bournaud M., Richoux P. & Usseglio-Polatera P., 1992. An approach to the synthesis of qualitative ecological informations from aquatic Coleoptera communities. *Regulated rivers : research & management*, 7 : 165-180.

Callot H. J., 1990.- *Catalogue et Atlas des Coléoptère d'Alsace. Tome 2 Hydradephaga : Dytiscidae, Haliplidae, Gyrinidae*. Société Alsacienne d'Entomologie, Strasbourg : 1-69.

Callot H. J., 2001.- *Catalogue et Atlas des Coléoptère d'Alsace. Tome 12 : Hydrophilidae, Hydraenidae, Hydrochidae, Spercheidae, Georissidae, Colonidae, Leiodidae, Scydmaenidae, Ptiliidae, Corylophidae, Clambidae*. Société Alsacienne d'Entomologie, Strasbourg : 1-111.

Chéreau L., Robert L. & Parais F., 2012.- Clé de détermination des Hydrochidae Leach, 1817 du Massif armoricain (Coleoptera, Polyphaga). *Invertébrés Armoricains, les Cahiers du GRECIA*, 8 : 1-9.

Denton J., 2007.- *Water Bugs and Water Beetles of Surrey*. Surrey Wildlife Trust. 191pp.

des Gozis M., 1917-1921.- Tableaux de détermination des Hydrophilidae de la faune franco-rhénane. *Miscellanea Entomologica*, 23 (6). 215 pp.

Dommanget J.-L., 1989 - Utilisation des odonates dans le cadre de la gestion des zones humides. In de Beaufort F. & Maurin H., 1989 - Utilisation des invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique. Collection Inventaire de Faune et de Flore, fasc. 53. MNHN/SFF, Paris : 93-110.

Dopagne C., 2003.- *Belgium Hygrobiidae, Noteridae & Dytiscidae (Coleoptera, Adepaga). Statut des Hygrobiidae, Noteridae et Dytiscidae de Belgique*. [en ligne]. <http://users.swing.be/>

Elder J.F., 2009.- Actualisation de l'inventaire des coléoptères aquatiques du département de la Manche [France]. Seconde note : Coléoptère Hygrobiidae, Haliplidae & Gyrinidae. *Mémoires de la Société nationale des sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg*, 67 (2007-2009) : 125-144.

Elder J.-F., 2012.- Catalogue des Hétéroptères aquatiques et semi-aquatiques du département de la Manche (France) [Heteroptera : Nepomorpha & Gerromorpha]. *Invertébrés Armoricains, les Cahiers du GRECIA*, 8 : 10-44.

Elder J.-F. & Constantin R., 2004.- Actualisation de l'inventaire des Coléoptère aquatiques du département de la Manche (France). *Mémoires de la Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathématiques de Cherbourg*, 64 (2003-2004) : 191-232.

Fery H., 1999.- Revision of a part of the memnonius-group of *Hydroporus* Clairville, 1806 (Insecta: Coleoptera: Dytiscidae) with the description of nine new taxa, and notes on other species of the genus. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 101 B : 217-269.

Foster G.N., 2010.- *A review of the scarce and threatened Coleoptera of Great Britain. Part 3: Water beetles of Great Britain*. Species Status, 1. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough. 143 pp.

Foster G. N. & Friday L. E., 2011.- Keys to adults of the water beetles of Britain and Ireland (Part 1). *Handbooks for the Identification of British Insects*, Royal Entomological Society 4 (5) (2nd Ed) : 144 pp.

Foster,G.N., Bilton, D.T. & Friday, L.E. 2014. Keys to adults of the water beetles of Britain and Ireland (Part 2). *Handbooks for the Identification of British Insects* 4(5b): i-iv, 1-126

Friday L.E., 1988.- *A key for the adults of british water beetles*. Field studies 7 (1988), 1-151.

GRECIA, 2009.- *Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final*. Rapport GRECIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395 pp.

GRECIA, 2011.- *Caractérisation de la qualité bioindicatrice des coléoptères aquatiques de Basse-Normandie*. Rapport pour la DREAL Basse-Normandie, le Conseil régional de Basse-Normandie, les Conseils généraux du Calvados, de la Manche et de l'Orne, et l'Agence de l'eau Seine-Normandie. 172pp + annexes.

GRECIA, LPO PAYS DE LA LOIRE & CBN BREST, 2017.- La biodiversité des forêts ligériennes Amélioration de l'état des connaissances et contribution à une meilleure intégration de sa conservation dans les pratiques sylvicoles. Rapport pour la région des Pays de la Loire, le département de la Sarthe et la DREAL Pays de la Loire : 258 p.

GRECIA, BRETAGNE-VIVANTE & VIVAMOR NATURE, 2017.- Méthodologie proposée pour la liste d'espèces invertébrés déterminantes ZNIEFF en Bretagne (entrée « groupes taxonomiques »). Rapport réalisé dans le cadre de l'observatoire des invertébrés continentaux de Bretagne (2016-2020) pour l'Europe (FEDER), la Région Bretagne (contrat-nature) et la DREAL Bretagne : 21 p.

Guignot F., 1947.- *Coléoptère Hydrocanthares*. Faune de France, 48. Paris, Fédération française des Sociétés des Sciences Naturelles. Editions Lechevalier : 287 pp.

Hansen M., 1987.- *The Hydrophiloidea (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark*. Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 18. E. J. Brill/Scandinavian Science Press Ltd., Leiden Copenhagen : 254 pp.

Hebauer F. & Klausnitzer B., 1998.- *Insecta : Coleoptera : Hydrophiloidea (exkl. Helophorus)*. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, 20 (7, 8, 9, 10-1) : 134 pp.

Holmen M., 1987.- *The aquatic Adephega (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. I. Gyrinidae, Haliplidae, Hygrobiidae and Noteridae*. Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 20. E. J. Brill/ Scandinavian Science Press Ltd. : 168 pp.

HORELLOU A., DORE A, HERARD K. & SIBLET J.-PH., 2013. - Guide méthodologique pour l'inventaire continu des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en milieu continental. - MNHN-SPN. 110 p.

JACOB, E. (coord.), 2016.- 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 GRECIA pour la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Basse-Normandie. 87 pp + annexes.

Indermuehle N., Angélibert S. & Oertli B., 2008.- *IBEM: Indice de Biodiversité des Etangs et des Mares. Manuel d'utilisation*. Ecole d'ingénieurs HES de Lullier, Genève. 33 pp.

Leblanc P., 1990.- *Atlas permanent des Hydrocanthares de France. 1. Haliplidae*. Publications scientifiques du Pavillon Saint-Charles, Agurua.

Leroy B., Pétilion J., Gallon R., Canard A. & Ysnel F., 2012 - Improving occurrence-based rarity metrics in conservation studies by including multiple rarity cut-off points. - *Insect Conserv. Divers.* 5: 159–168.

Leroy B., Canard A. & Ysnel F.. 2013 - Integrating multiple scales in rarity assessments of invertebrate taxa. - *Divers. Distrib.* 19 : 794–803.

Leroy B., Le Viol I. & Pétilion 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. - *Ecol. Indic.* 46 : 351–357.

Leroy B., 2015 - Rarity: Calculation of rarity indices for species and assemblages of species. Version 1.3-4. <http://cran.r-project.org/package=Rarity>

Löbl I. & Smetana A. (ed.), 2003 - Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Archostemata-Myxophaga-Adephaga (chapitre : Adephaga) Vol. 1. Stenstrup : ApolloBooks, 1 : 26-77.

Löbl I. & Smetana A. (ed.), 2004 - Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Hydrophiloidea - Histeroidea - Staphyloidea (chapters : Hydrophiloidea, Staphyloidea Hydraenidae) Vol. 2. Stenstrup : ApolloBooks, 2 : 36-67, 102-121

Lohez D., 2007 (actualisation au 31/05/2012).- Coléoptère aquatiques du Nord de la France (Nord - Pas-de-Calais - Somme). *Société entomologique du Nord de la France*, 322 (supplément) : 1-23.

Mazetier G., 1934.- Coléoptère du Calvados. *Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie*, 8 (7) : 107-113.

Merritt R., 2006.- Atlas of the water beetles (Coleoptera) and water bugs (Hemiptera) of Derbyshire, Nottinghamshire and South Yorkshire, 1993-2005. *Sorby Record Special Series*, 14 : 160 pp.

Millán A., Velasco J., Suárez M.L, Vidal-Abarca M.R. & Ramírez-Díaz L., 1996. - Distribución espacial de los Adephaga acuáticos (Coleoptera) en la cuenca del río Segura (SE de la Peninsula Ibérica). *Limnetica*, 12 (2) : 13-30.

Millán A. & Ribera I., 2001. – The *Agabus (Gaurodytes) brunneus* Group, with description of a new species from the Western Mediterranean (Coleoptera : Dytiscidae). *The Coleopterists Bulletin*, 55 (1) : 107-112.

Nelson B., 1996.- *Species inventory for Northern Ireland. Aquatic Coleoptera*. Department of Zoology, Ulster Museum, Belfast : 36 pp.

Nilsson, A. N. 1994. - Palpbaggarna *Berosus fulvus* och *B. spinosus* i Sverige (Coleoptera, Hydrophilidae). *Entomologisk Tidskrift* 115: 65-66.

Nilsson A.N., 2010.- *Catalogue of Palearctic Dytiscidae (Coleoptera)*. Internet version 2010-01-01. [en ligne]. http://www2.emg.umu.se/projects/biginst/andersn/PALCATDYT_201001_01.pdf

Nilsson A.N. & Holmen M., 1995.- *The aquatic Adephega (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae*. Fauna Entomologica Scandinavica, 32. E.J. Brill. : 192 pp.

Nilsson, A.N. & Hájek, J. 2015: Catalogue of Palearctic Dytiscidae (Coleoptera). Internet version 2015-01-01

Orhant G. & Lohez D., 2006.- *Partez à la rencontre de la biodiversité : les coléoptères aquatiques du bassin Artois-Picardie*. GDEAM, DREAL Nord-Pas-de-Calais, Fondation Nature & Découvertes, Agence de l'eau Artois-Picardie : 60 pp.

Picard L., 2014.- *Poursuite de l'inventaire des coléoptères aquatiques des mares de Basse-Normandie en vue de l'application d'un indice biologique. Étude 2013 : Rapport final*. Rapport GRECIA pour le Conseil régional de Basse-Normandie, les Conseils généraux du Calvados, de la Manche et de l'Orne, et l'Agence de l'eau Seine-Normandie. 142 pp. + annexes.

Picard L., 2015.- *Poursuite de l'inventaire des coléoptères aquatiques des mares de Basse-Normandie en vue de l'application d'un indice biologique. Étude 2014 : Rapport final*. Rapport GRECIA pour le Conseil régional de Basse-Normandie, les Conseils généraux du Calvados, de la Manche et de l'Orne, et l'Agence de l'eau Seine-Normandie. 126 p.p. + annexes.

Picard L., 2016. – Evaluation biologique des mares de Bretagne, Application de l'IcoCAM, Année 1. Rapport du GRECIA pour l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, le Département du Morbihan, le Département des Côtes d'Armor, Le Département de l'Ille-et-Vilaine et l'AMV. 114 pp. + annexes.

PICARD L., 2017. – Evaluation biologique des mares de Bretagne, Application de l'IcoCAM, Année 2. Rapport du GRECIA pour l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, le Département du Morbihan, le Département des Côtes d'Armor, le Département de l'Ille-et-Vilaine, le Département du Finistère, le service des Voies Navigables de Bretagne à la Région Bretagne, le Lycée Agricole de Kerplouz, le Conseil Départemental de l'Orne, la Ville de Rennes, Le Conservatoire d'espaces naturels de Basse-Normandie et l'AMV. 138 pp. + annexes.

PICARD L., 2019. – Evaluation biologique des mares à l'échelle du bassin Loire-Bretagne : Application de l'IcoCAM, Année 3. Rapport du GRECIA pour l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, le Département du Morbihan, le Département de l'Ille-et-Vilaine, le Département du Finistère, le Département de l'Orne, la Ville de Rennes, Brest Métropole, Lannion Trégor Communauté, le CEN Normandie Seine, le CEN Normandie Ouest et l'AMV ; 155 pp. + annexes.



Picard L. & Leroy B., 2015.- *Inventaire des coléoptères aquatiques des mares de Basse-Normandie en vue de l'application d'un indice biologique. Rapport de synthèse 2011-2014.* Rapport GRECIA pour le Conseil régional de Basse-Normandie, les Conseils généraux du Calvados, de la Manche et de l'Orne, et l'Agence de l'eau Seine-Normandie. 103 pp. + annexes.

Queney P., 2004 (mise à jour 2011).- Liste taxonomique des Coléoptère "aquatiques" de la faune de France. *Le Coléoptériste*, 7 (3) supplément : 39 pp.

Queney P., 2016. – Catalogue des coléoptères de la région parisienne : Myxophaga, Adephaga, Polyphaga aquatiques ou semi-aquatiques et Hydrophiloidea terrestres (adultes), Editions Magellanes, Collection systématiques vol. 27, 307 p.

Ribera I., 2000. - Biogeography and conservation of Iberian water beetles. *Biological Conservation*, 92 : 131-150.

Ribera I., Aguilera P., Hernando C. & Millan A., 2002. – Los coleópteros acuáticos de la península Ibérica. *Quercus*, 201 : 39-42.

Robert L., 2013.- *Poursuite de l'inventaire des coléoptères aquatiques des mares de Basse-Normandie en vue de l'application d'un indice biologique. Étude 2012 : Rapport final.* Rapport GRECIA pour le Conseil régional de Basse-Normandie, les Conseils généraux du Calvados, de la Manche et de l'Orne, et l'Agence de l'eau Seine-Normandie : 114 pp. + annexes.

Sanchez-Fernandez D., Abellan P., Mellado A., Velasco J. & Millan A., 2006. – Are water beetles good indicators of biodiversity in Mediterranean aquatic ecosystems ? The case of the Segura river basin (SE Spain). *Biodiversity and Conservation*, 15 : 4507-4520.

Sanchez-Fernandez D., Lobo J.M., Abellan P. & Millan A., 2011. – How to identify future sampling areas when information is biased and scarce : an example using predictive models for species richness of Iberian water beetles. *Journal for Nature Conservation*, 19 (1) : 54-59.

Stallin P., 2007.- Réactualisation des catalogues des coléoptères aquatiques du Calvados, de l'Eure et de la Seine-Maritime. 9-14 in Dodelin C. (coord.), 2007.- *Actes des Rencontres Coléoptère aquatiques du Marais Vernier, 7 et 8 octobre 2006, Sainte-Opportune-la-Mare (Eure).* Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande : 52 pp.

Usseglio-Polatera P., 2003. – Nouveaux outils d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eaux basés sur les traits de vie des macroinvertébrés benthiques. Conférence professionnelle, Douai. 33p.

Usseglio-Polatera P., Bournaud M., Richoux P. & Tachet H., 2000. – Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates : relationships and definition of groups with similar traits. *Freshwater Biology*, 43 : 175-205.

Usseglio-Polatera P., Thomas S., Beisel J.N. & Moreteau J.C., 1999. - Illustration de la valeur indicatrice des caractéristiques biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à différentes échelles d'observation. *Annales de Limnologie*, 35 (1) : 71-80.

Ressources électronique :

<http://www.faunaeur.org/>

<http://spn.mnhn.fr>

<http://inpn.mnhn.fr>

<http://www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php>



ANNEXES

Annexe 1 : Méthodologie proposée pour la liste d'espèces invertébrés déterminantes ZNIEFF en Bretagne (Entrée « groupes taxonomiques »)

(Source : GRETIA, BRETAGNE-VIVANTE & VIVAMOR NATURE, 2017.- Méthodologie proposée pour la liste d'espèces invertébrés déterminantes ZNIEFF en Bretagne (entrée « groupes taxonomiques »). Rapport réalisé dans le cadre de l'observatoire des invertébrés continentaux de Bretagne (2016-2020) pour l'Europe (FEDER), la Région Bretagne (contrat-nature) et la DREAL Bretagne : 21 p.)

Eléments d'introduction

Sources bibliographiques ayant utilisées pour l'élaboration de la méthode :

- Travail réalisé par le GRETIA en Basse-Normandie (Jacob, 2016)
- Guide méthodologique pour l'inventaire continu des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en milieu continental (Horrelou & al, 2013).

Définition

Nous retenons la **définition des espèces déterminantes** telle que formulée par Horrelou & al (2013) : « Les « espèces déterminantes » sont les espèces déterminant l'intérêt patrimonial de la zone (au même titre que les « habitats déterminants »). Cette liste fait partie des données essentielles de la ZNIEFF. Elle est diffusée en même temps que le descriptif et la cartographie de la zone. Parmi les espèces déterminantes, certaines peuvent être mentionnées comme « espèces à diffusion confidentielle ». Cette mesure concerne un nombre limité d'espèces de la région, particulièrement menacées, rares ou sensibles et à fort intérêt patrimonial, pour lesquelles la diffusion de l'information représente, dans le contexte régional, un risque de destruction ciblée ou nuirait gravement à un état de conservation déjà fragile. La confidentialité d'une espèce doit rester exceptionnelle, elle est évaluée au cas par cas, à la zone, par le CSRPN. »

Concernant la sélection des espèces et habitats déterminants, Horrelou & al (2013) apportent plusieurs précisions : « Le choix des espèces et habitats déterminants se conçoit, à l'origine, au cas par cas en fonction du contexte écologique, biogéographique de chaque zone. Cependant, dans le cadre d'une approche méthodique des ZNIEFF au sein d'une région, et dans une optique de cohérence nationale de l'inventaire, la plupart des Conseils Scientifiques en collaboration avec les secrétariats scientifiques régionaux de l'inventaire, ont entrepris la définition a priori de listes d'espèces et d'habitats déterminants. Ces listes, après validation par le Conseil Scientifique, doivent être transmises au MNHN.

Ces listes sont alors utilisées comme documents de cadrage ou grilles de lecture légitimant l'attribution du "caractère ZNIEFF" à un espace naturel par la présence d'espèces considérées comme déterminantes, et appuyés par la présence d'habitats déterminants.

Parce qu'elles sont établies a priori, ces listes devraient ainsi permettre que des contextes écologiques et spécifiques voisins soient traités de façon semblable, même s'ils ont été étudiés par des experts différents. Leur objectif premier est donc de mener à l'identification de secteurs d'intérêt patrimonial pour lesquels la région possède une « responsabilité face à leur conservation ».

Notons, tout de même, que cette démarche d'établissement des listes doit rester souple et conserver un caractère « évolutif » pour que les listes puissent être complétées ou amendées par des connaissances nouvelles sur la répartition et l'abondance des espèces. Ces listes sont établies régionalement, mais leur interprétation et leur utilisation doivent pouvoir être adaptées aux contextes écologiques et chorologiques des régions naturelles, ainsi une espèce pourra être déterminante sur une partie seulement du territoire régional (région administrative) surtout dans le cas de régions associant plusieurs domaines biogéographiques. (...) La sélection des espèces et habitats déterminants résulte de la combinaison de différents critères, dont l'estimation repose, dans de nombreux cas encore, sur le dire d'experts, par les Conseils scientifiques (CSRPN). Mais ces listes sont indispensables afin de renforcer l'objectivation nécessaire à la pertinence des ZNIEFF. »

Par souci de simplification sémantique, nous utiliserons le néologisme « déterminance » pour évoquer la sélection d'un taxon en tant que déterminant de ZNIEFF au niveau régional.

Prérequis au statut « déterminant »

Dans le guide méthodologique pour l'inventaire continu des ZNIEFF en milieu continental (Horrelou & *al.*, 2013), un certain nombre de prérequis sont évoqués pour la désignation des ZNIEFF : indigénat, niveau de description, occupation territoriale, fréquence et source d'observation, statut biologique. **Ces prérequis s'appliquent à l'échelle de chaque ZNIEFF** et ne sont donc **pas forcément adaptés pour l'élaboration des listes déterminantes qui se situe à l'échelle régionale.**

Cependant, certaines notions évoquées pour définir ces prérequis restent essentielles et peuvent être prise en compte pour l'élaboration des listes régionales. En premier lieu **le niveau de description** peut prêter à question pour l'élaboration des listes : **le niveau spécifique sera à privilégier.** Cependant, suivant des cas particuliers justifiés par les experts, la liste pourra s'appliquer aux sous-espèces ou inversement à l'échelle du genre. Par exemple, pour les sous-espèces, nous pouvons citer le cas particulier d'un coléoptère aquatique, *Hydroporus necopinatus robertorum* dont seule la sous-espèce est présente en France (ajouté à cela le fait que l'espèce nominale est peu répandue en Europe). La **notion d'indigénat** est également importante en amont de l'élaboration de listes par groupes taxonomiques. La question peut en effet être posée pour des espèces introduites récemment à l'échelle régionale, notamment lorsqu'elles ont un caractère envahissant (ex : Coccinelle asiatique) ou pour des espèces observées ponctuellement sur notre territoire sans installation durable avérée (ex : *Hemianax ephippiger*, libellule venant d'Afrique observée sporadiquement sur nos côtes). **Pour ces types de cas, les espèces ne doivent pas être retenues préalablement à l'élaboration des listes.**

Critères d'élaboration des listes

Dans le guide méthodologique pour l'inventaire continu des ZNIEFF en milieu continental. (Horrelou & *al.*, 2013), divers critères permettant d'apprécier la déterminance des espèces sont proposés : part populationnelle et degré d'endémisme, rareté et originalité, sensibilité. Ces critères ne sont pas imposés et peuvent relever d'adaptations spécifiques en fonction du contexte régional. **Dans le cadre de la méthode que nous proposons, les critères retenus ont ainsi été adaptés et combinés d'une manière différente** mais restent cohérents avec les critères de Horrelou & *al.* Ces critères sont présentés dans la partie suivante.

Application pour les invertébrés de Bretagne

La qualité des jeux de données disponibles (volume, répartition dans l'espace et le temps, validation) est très variable suivant les groupes taxonomiques et/ou les types d'habitats considérés. **La méthode doit donc faire preuve de souplesse et d'adaptabilité** mais un minimum de qualité est requis faute de quoi le groupe taxonomique déficitaire ne pourra pas être évalué.

Les méthodologies automatisées sont à rechercher mais le recours à des experts pour comprendre et pondérer les résultats obtenus reste essentielle. L'objectif est donc de trouver un équilibre entre les deux approches.

Une méthodologie multicritères, basée prioritairement sur l'emploi de fréquences, est à favoriser pour pondérer les effets ou biais de critères particuliers, avec idéalement, des critères les plus indépendants possibles les uns des autres.

La méthodologie doit rester simple et réaliste pour pouvoir être mise réellement en place. Il faut éviter de démultiplier les paramètres et accepter une part de subjectivité dans l'application de chaque critère.

La méthodologie proposée pour la Bretagne est basée sur l'évaluation et/ou calcul de quatre paramètres, **deux obligatoires et deux optionnels** suivant les données disponibles :

- **Rareté et représentativité** (obligatoire)
- **Particularités de répartition géographique** (obligatoire)
- **Spécialisation écologique** (optionnel)
- **Degré de menaces** (optionnel)

Paramètre 1 : Rareté et Représentativité

Principes

- Paramètre obligatoire
- **Calcul automatique d'un indice de rareté** (« poids de rareté » *sensu* Leroy & al., 2012 ; Leroy & al., 2013) basé sur la **répartition multi-échelle** des espèces au sein d'un groupe taxonomique donné.
- Ce paramètre renseigne de manière combinée la rareté et la part populationnelle des espèces.
- Définition d'une note de 0 à 4 sur interprétation graphique (ou automatique)

Définitions

- **Rareté** : « *Notion généralement relative (rare par rapport à d'autres espèces plus communes). En écologie, on distingue trois formes de rareté qui peuvent se combiner : la rareté géographique (espèces localisées), la rareté démographiques (populations peu denses) et la rareté écologique (dépendance à un habitat ou une ressource elle-même rare). La rareté est un facteur important pour appréhender les risques de disparition d'une espèce et les mécanismes évolutifs* » (Source : <https://inpn.mnhn.fr/>). **La rareté considérée dans le cadre de ce paramètre est géographique** et relativisée par rapport aux autres espèces d'un même groupe taxonomique.
- **Représentativité** : la représentativité géographique qualifie ici l'importance de la région pour une espèce considérée comparée aux autres échelles prise en compte (France, Europe).

Ressources nécessaires

- Répartition des espèces à des échelles différentes : régionale (obligatoire), extra-régionale (ex : massif armoricain) et/ou nationale et/ou européenne/internationale. Il est essentiel de disposer d'**au moins trois échelles différentes** pour réaliser le calcul.
- Les jeux de données disponibles sont très variables selon les groupes taxonomiques et références existantes. Aussi, **une adaptation par groupe est nécessaire et doit être expliquée**. Il peut s'agir de répartition par mailles UTM ou par communes pour le niveau régional, voir par stations prospectées pour compenser les problèmes de référentiels trop faible ; il peut s'agir de répartition départementale pour la France (idéale) ou par défaut par zones biogéographiques. Pour le niveau européen, il est difficile de faire autrement que de passer par une répartition en présence/absence par pays.

Mode opératoire

1. Mise en forme des données par tableaux de contingence basés sur une présence/absence des espèces au sein d'un groupe taxonomique suivant les référentiels géographiques disponibles (communes, maille UTM, département, pays).
2. Calcul du poids de rareté sur le logiciel R à partir des scripts disponibles sur le site de Boris Leroy (<https://borisleroy.com/>).
3. Reprise et ordination du tableau des poids de rareté sur un tableur
4. Réalisation de la courbe des poids sur un graphique
5. Catégorisation manuelle de la courbe des poids et/ou calculs de points d'inflexion et/ou recherche de classes d'homogénéité. La catégorisation se fait dans tous les cas en 5 classes attribuant une note de 0 à 4 aux espèces : 0 = poids de rareté très faible / 1 = poids de rareté faible / 2 = poids de rareté modéré / 3 = poids de rareté fort / 4 = poids de rareté très fort

Remarque :

Dans un premier temps, **nous proposons de travailler sur des groupes pour lesquels l'indice de rareté paraît possible à mettre en place sans difficultés majeures** (rhopalocères, longicornes, coléoptères, odonates, orthoptères, arachnides, etc.). Cependant, si l'information disponible concernant les niveaux supra régionaux ne permet pas d'envisager facilement la prise en compte du poids de rareté multi-échelle, il a été évoqué en groupe de travail d'adapter le mode opératoire pour pouvoir tout de même prendre en compte le critère de rareté au moins au niveau régional. La proposition serait de calculer le coefficient de rareté pondéré (Rp), suivant la méthode appliquée pour l'atlas des coccinelles de Maine-et-Loire (Durand, 2015). Cette méthodologie se base sur l'indice développé par le CBN de Bailleul (Tousaint, 2005 ; Boulet & al., 1999), optimisé pour les invertébrés par Vanappelghem (2010). Le principe de ce coefficient permet de prendre en compte les biais de prospection pouvant affecter le statut de l'espèce à l'échelle du territoire considéré. En revanche cette méthode ne permettra pas de prendre en compte la représentativité des espèces. Des adaptations méthodologiques sont donc envisageables pour ce paramètre, mais devons faire l'objet d'un travail de réflexion complémentaire.

Paramètre 2 : Particularités de répartition géographique

Principes

- Vise à prendre en compte l'originalité de la répartition des espèces (limite d'aires, isolement relatif des populations)
- Paramètre obligatoire, complémentaire au paramètre précédent
- [Analyse de la répartition des espèces à partir d'une grille de lecture sur support cartographique.](#)
- Définition d'une note de 0 à 4 sur interprétation graphique à deux échelles régionales/Europe

Ressources nécessaires

- Cartes de répartition à 2 échelles différentes : régionale (obligatoire), extra-régionale (ex : massif armoricain) et/ou nationale et/ou européenne/internationale.
- Grille de d'évaluation cartographique

Mode opératoire

1. Les cartes de répartition géographiques aux deux échelles (régionale et extra-régionale) sont fournies aux experts. A la lecture de ces cartes, en fonction de la grille d'évaluation, l'expert doit associer les espèces à deux modalités distinctes :
 - Particularité de répartition régionale, avec 3 catégories : Population répandue sur l'ensemble du territoire régional = **A** / Population ne couvrant pas l'ensemble du territoire mais non isolée localement = **B** / Population isolée localement = **C**
 - Particularité de répartition supra-régionale (France/Europe) avec 3 catégories : Population « dans sa pleine aire de répartition en France et en Europe » = **1** / Population « morcelée et/ou localisée et/ou en limite d'aire en France mais largement répartie en Europe » **OU** « non morcelée et/ou non localisée en France mais en marge de son aire de répartition et/ou morcelée en Europe » = **2** / Population « morcelée et/ou localisée et/ou en limite d'aire en France » + « en marge de son aire de répartition et/ou morcelée en Europe » = **3**
2. Une combinaison des différentes modalités présentées ci-dessus, permet d'attribuer une notation pour chaque espèce comprise entre 0 et 4 :

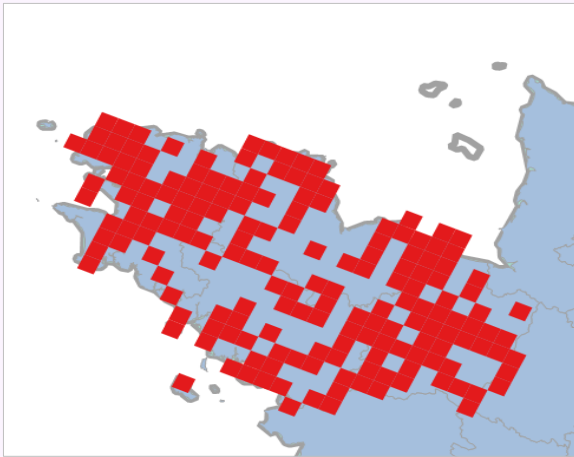
Répartition régionale	Répartition supra-régionale (France/Europe)	Notation	Particularité de répartition géographique
A	1	0	Très faible
A	2	1	Faible
A	3	3	Forte
B	1	1	Faible
B	2	2	Modérée
B	3	4	Très forte
C	1	2	Faible
C	2	3	Forte
C	3	4	Très forte

Grille cartographique : Afin de mieux comprendre la démarche, nous présentons ici des cartes basées sur l'exemple des longicornes. Pour chaque groupe taxonomique et selon les informations disponibles concernant la répartition des espèces, le rendu cartographique sera différent. La réalisation des cartes est brute et vouée à produire un outil de travail pour l'interprétation, mais nullement de diffusion. Nous avons choisi de faire figurer à la fois la répartition régionale (maille UTM de présence/absence pour l'exemple des longicornes ; sources : Gouverneur & Guérard, 2011), la répartition nationale (présence/absence par département ; sources : INPN) et la présence par pays d'Europe (source : Fauna Europaea, Lobl & Smetana, 2010). Cela représente une carte de grande taille sur laquelle il est possible de zoomer. L'avantage était de ne pas démultiplier les cartes et de pouvoir visualiser simultanément l'intégralité des données de répartition. Pour ne pas trop complexifier, nous n'avons pas fait apparaître la nuance concernant la datation des données (antérieures à 1980 / après 1980), l'interprétation se faisant aussi en consultant l'atlas des longicornes. L'interprétation générale doit par ailleurs se faire avec prudence, les données affichées n'étant pas forcément exhaustives. Par ailleurs, le fait de griser l'intégralité d'un pays (spécifiquement la Russie), masque la répartition fine des espèces à l'échelle européenne. Cependant, en l'absence d'informations plus précises, nous n'avons pas eu le choix. Cela vaut également pour les territoires insulaires (Sardaigne, etc.). Il est important de rester mesurer sur leur prise en compte.

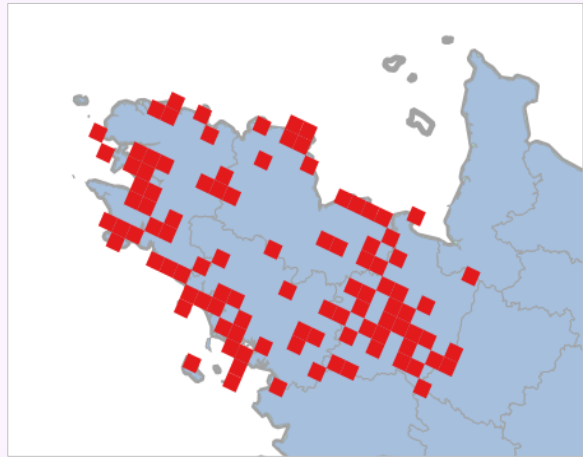
Modalité : « Particularité de répartition régionale », trois catégories : A, B ou C

A = Population répandue sur l'ensemble du territoire régional

Cette catégorie concerne **les taxons largement répandus sur les 4 départements bretons, sans distinction géographique marquée**. Lorsqu'il est évoqué l'ensemble du territoire régional, cela peut comporter des nuances sur la densité des mailles UTM couvertes, comme nous pouvons le constater avec les deux exemples ci-dessous.



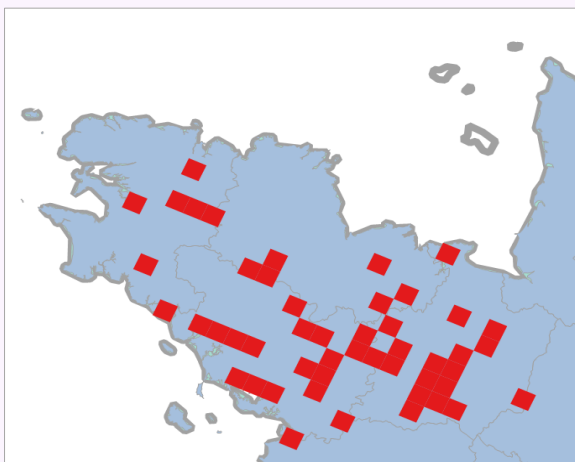
Ruptela maculata : le choix de la catégorie A est relativement indiscutable ; l'espèce, largement répandue, est citée sur les 4 départements bretons, que ce soit sur le littoral ou à l'intérieur des terres.



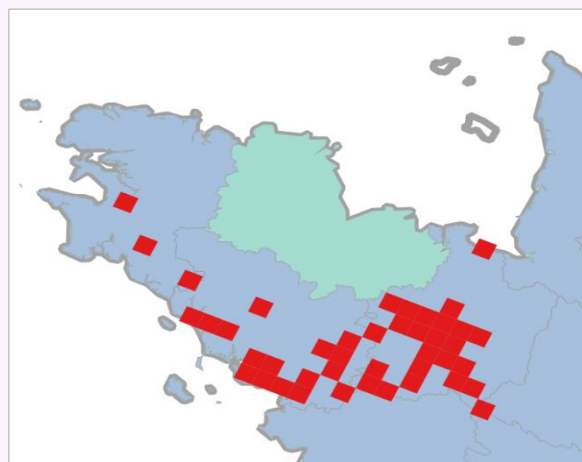
Pseudovonia livida : également classé en A, l'espèce est aussi présente sur les 4 départements de manière plus parsemée mais sans réellement de tendances entre les zones côtières et l'intérieur des terres.

B = Population non isolée localement

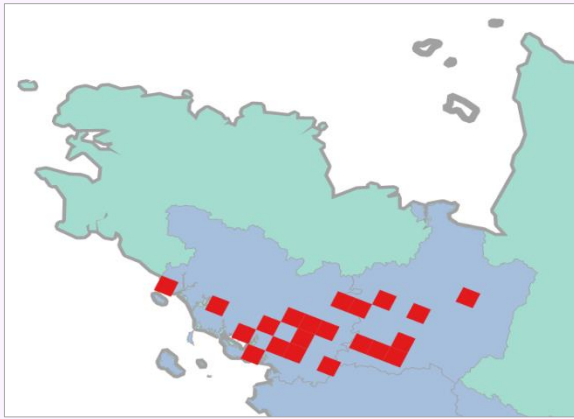
Cette catégorie concerne **les taxons plus ou moins répandus sur un ou plusieurs départements bretons, avec parfois des distinctions géographiques marquées mais n'entraînant pas forcément une isolation nette des populations**. Il s'agit d'une catégorie intermédiaire pouvant donc présenter divers cas particuliers : espèce littorale mais présente sur la quasi intégralité du trait de côte (pas d'exemple concernant les longicornes), espèce continentale largement présente en Ille-et-Vilaine mais absente de la péninsule bretonne, espèce méridionale largement présente sur le sud et l'est de la Bretagne mais absente au nord et à l'ouest, etc.



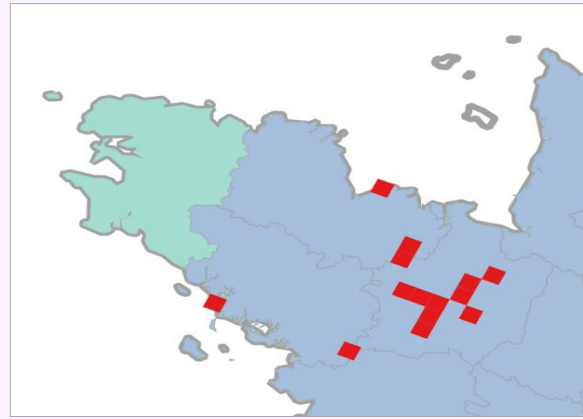
Stenurella nigra : Cette espèce présente un cas intermédiaire avec la catégorie A en particulier avec *Pseudovonia livida* citée ci-dessus. Elle paraît également bien présente mais n'occupe pas la pointe bretonne ni de la côte nord. Cas fréquent.



Cerambyx cerdo : espèce largement présente sur une moitié sud de la région, ainsi que dans l'est, bien qu'absent des Côtes d'Armor.



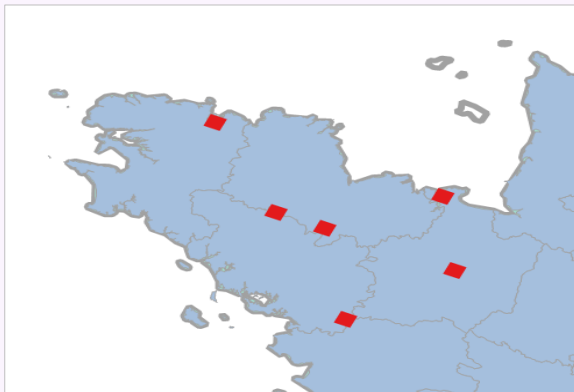
Agapanthia asphodeli : répartition proche de *Cerambyx cerdo*, plus limitée encore mais toujours relativement continue



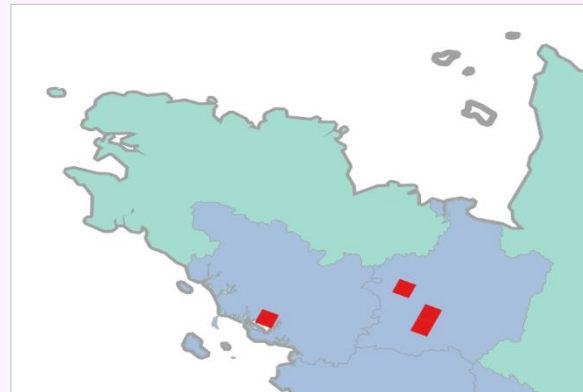
Anaglyptus mysticus : essentiellement notée dans l'Ille-et-Vilaine, mais elle reste relativement répandue

C = Population isolée sur le territoire régional

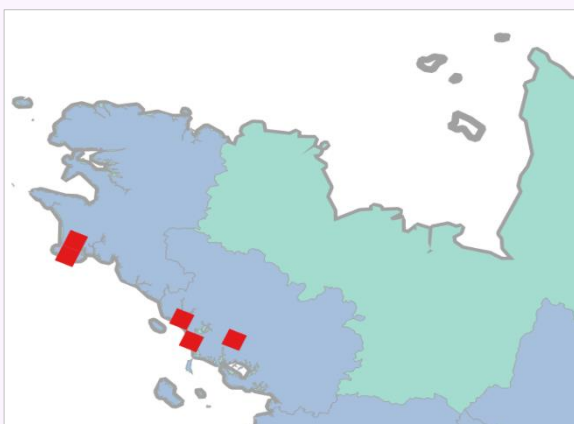
Cette catégorie concerne les **taxons fortement isolés sur 1 ou plusieurs départements bretons : faible nombre de stations, localisation géographique restreinte.**



Pogonocherus ovatus : stations répandues sur le territoire mais isolées. Par ailleurs, la prise en compte des informations présentées dans l'atlas montrent que seules les stations du centre Bretagne et du pays rennais sont récentes. Cela justifie donc d'attribuer la catégorie C à cette espèce, A noter que les auteurs de l'atlas précisent bien que l'espèce reste difficile à observer (petite espèce).



Deilus fugax : Très peu répandue en Bretagne et localisée, cette espèce méridionale est en progression depuis le sud mais reste encore cantonnée sur le territoire régional



Rosalia alpina : Très peu répandue en Bretagne et localisée, cette espèce méridionale est en progression depuis le sud mais reste encore cantonnée sur le territoire régional

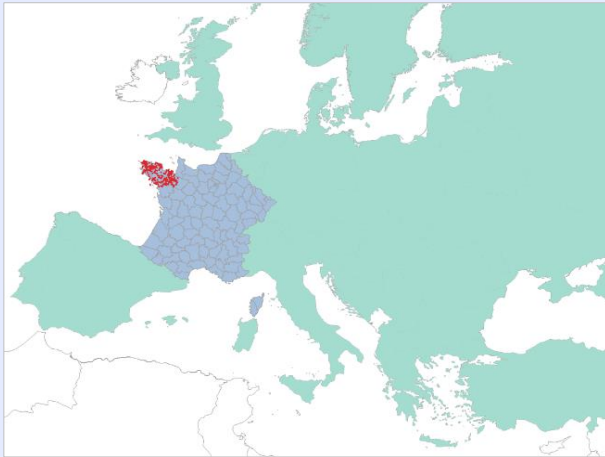


Stenostola dubia : une station actuelle unique en Bretagne

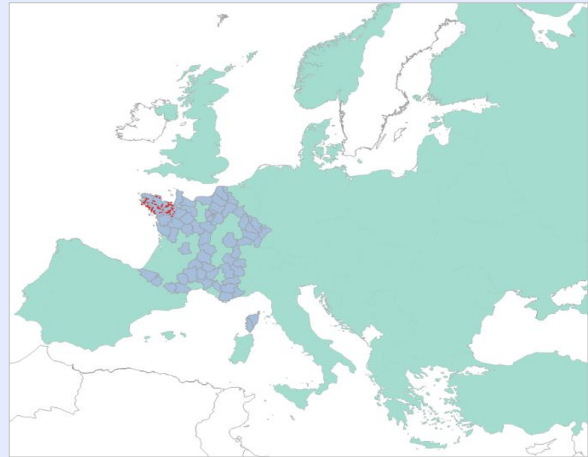
Modalité : « Particularité de répartition supra-régionale (France/Europe) », trois catégories : 1, 2 ou 3

1 = Population « dans sa pleine aire de répartition en France et en Europe »

Cette catégorie concerne **les taxons largement répartis à l'échelle nationale et européenne. Concernant la répartition nationale**, nous observons aussi la répartition globale des départements occupés par l'espèce visée en l'état actuel des connaissances et de sources disponibles (INPN). Si une limite nette nord/sud est marquée, il convient d'évaluer la pertinence de cette catégorie avec la suivante. **La prise en compte de la répartition européenne** doit être mesurée suivant les précautions évoquées préalablement (pays entièrement grisé de reflétant la répartition réelle de l'espèce sur le territoire, présence sur les îles incertaine). La « pleine aire de répartition » à cette échelle signifie que la France ne constitue pas une limite de répartition de l'espèce.



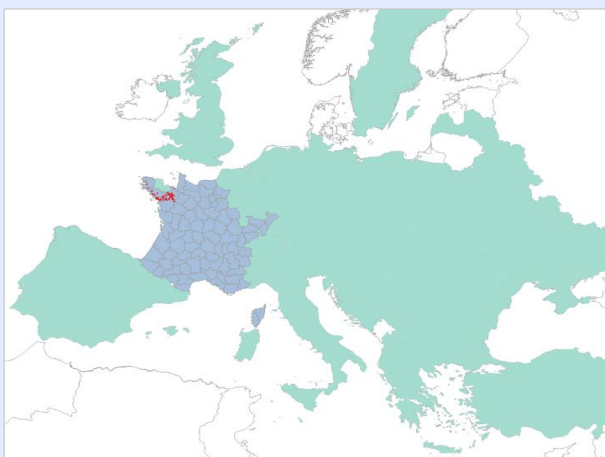
Ruptela maculata : Présente dans tous les départements français et la plupart des pays européens



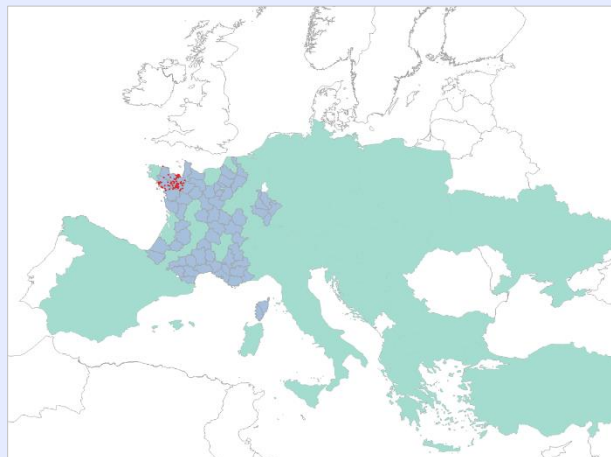
Agapanthia villosoviridescens: Présente dans une majorité de départements français mais de manière plus morcelée, sans pour autant suivre une logique géographique particulière (zones littorales à l'exception du sud-ouest, zones montagneuses, plaines, etc.) ; largement répandue en Europe

2 = Population « Population « morcelée et/ou localisée et/ou en limite d'aire en France mais largement répartie en Europe »
OU « non morcelée et/ou non localisée en France mais en marge de son aire de répartition et/ou morcelée en Europe »

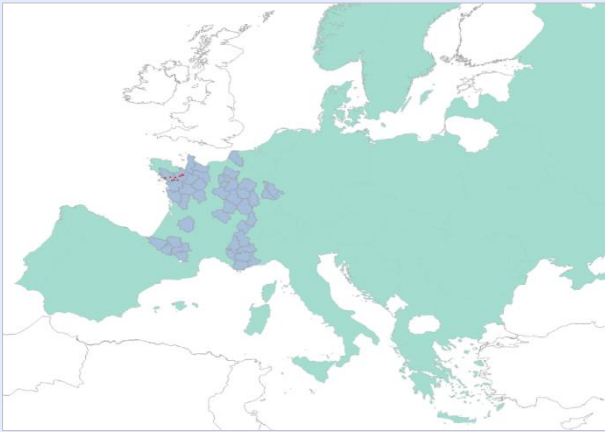
Cette catégorie intermédiaire concerne **des taxons présentant des répartition plus complexes à interpréter suivant l'échelle prise en compte (nationale ou européenne).**



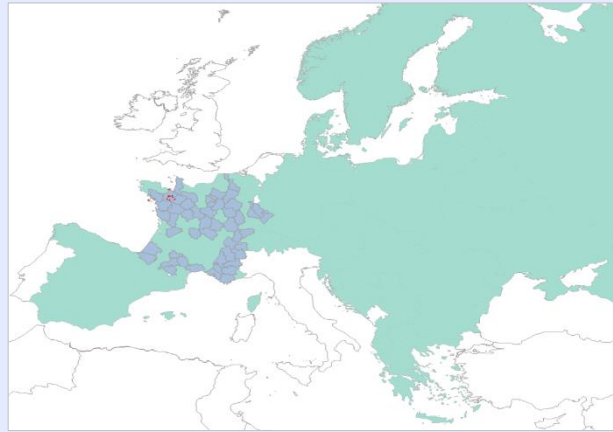
Cerambyx cerdo: Présente dans la plupart des départements français mais marquant une limite de répartition nord/sud relativement nette ; associée à une répartition européenne globale



Stenopterus rufus: Présente dans tous la plupart des départements français, avec une répartition légèrement morcelée mais sans tendance nette ; associée à une répartition européenne marquant une limite nord/sud assez nette



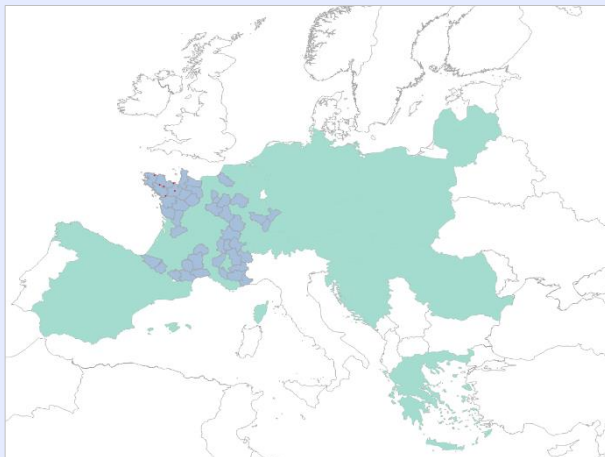
Oberea linearis : Répartition morcelée en France mais relativement bien présente en Europe du nord au sud



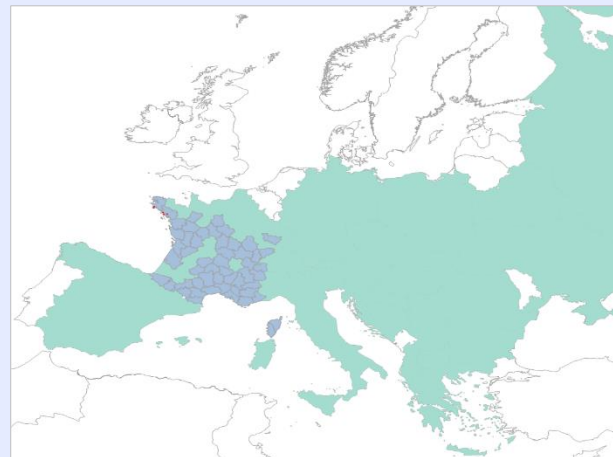
Xylotrechus rusticus : Répartition plus ou moins morcelée en France ainsi qu'en Europe sans pour autant marquée une tendance nette

3 = Population « morcelée et/ou localisée et/ou en limite d'aire en France » + « en marge de son aire de répartition et/ou morcelée en Europe »

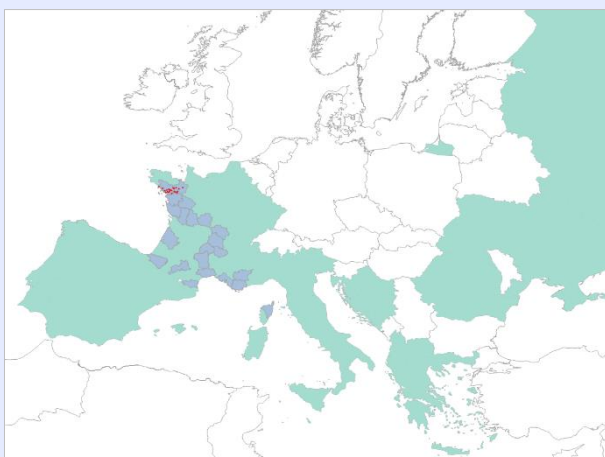
Cette catégorie concerne **les taxons connaissant des répartitions très particulières (limite d'aires, morcelées) aux deux échelles, nationale et européenne.**



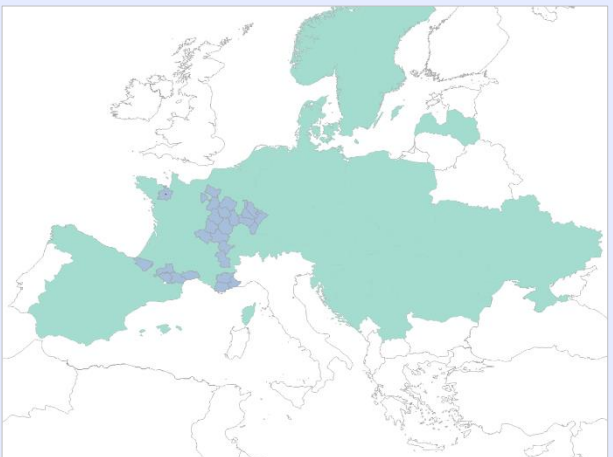
Pogonocherus ovatus : Bien que présente dans divers départements, répartition relativement morcelée en France et plus particulièrement en Europe



Rosalia alpina : Limite d'aire relativement nette en France associée à une limite d'aire également marquée en Europe



Agapanthia asphodeli : Limite d'aire nette et morcelée en France associée à une répartition en limite d'aire très nette en Europe.



Stenostola dubia : Répartition nettement morcelée et limitée aux deux échelles

Paramètre 3 : Spécialisation écologique

Principes

- Paramètre optionnel
- [Analyse par un expert du niveau de spécialisation des espèces](#) au sein d'un groupe taxonomique à un habitat et/ou divers paramètres spécifiques pour chaque groupe (dureté de l'eau, espèces de fleurs pour la pollinisation).
- Paramètre dont dépend, dans une certaine mesure, le facteur de sensibilité et qui fait le « pont » avec un critère évoqué pour la désignation des habitats déterminants (« Importance écologique » ; Horrelou & al., 2013)
- Recourt à une adaptation spécifique pour chaque groupe taxonomique du fait des grandes différences de spécialisation qui peuvent exister.
- L'avis d'un expert, appuyé sur sa bonne connaissance de la littérature spécialisée existante, est absolument nécessaire.
- Définition d'une note de 1 à 4 (3 niveaux de notation + possibilité de non évaluation) sur avis d'expert et références bibliographiques.

Ressources nécessaires

- Références bibliographiques précisant l'écologie et/ou la biologie des espèces, idéalement (si-existant) pour le territoire biogéographique concerné.
- Grilles de spécialisation si existantes (ex : Odonates).

Mode opératoire

1. Sur la base de ses connaissances propres et de la bibliographie, l'expert définit les différents paramètres de spécialisation pouvant être associés au groupe taxonomique considéré, avec possibles sous-ensembles (ex : pour les coléoptères aquatiques, distinction milieux courants/milieux stagnants, puis pour milieux stagnants, milieux saumâtres/milieux acides/etc.). Les critères liés à la spécialisation sont multiples, imbriqués et complexes à hiérarchiser. Il peut s'agir de spécialisation écologique des espèces (à un habitat particulier par exemple) ou de spécialisation biologique. Le type de spécialisation pris en compte n'est donc pas imposé mais il est demandé aux experts de justifier les choix retenus pour qualifier le niveau de spécialisation des espèces.
2. Attribution d'une notation pour chaque espèce, offrant 4 possibilités différentes :
 - o 1 pt = Espèce généraliste
 - o 2,5 pt = Espèce généraliste orientée
 - o 4 pt = Espèce spécialiste
 - o X = Non évaluée

Ce type de qualification du niveau de spécialisation des espèces est inspiré des travaux de Dommanget pour les odonates (1989). Il nous paraissait compliqué de proposer 5 notes différentes comme pour les deux critères précédents. En revanche, il était important de conserver une notation maximale de 4 de manière à pouvoir faire une moyenne lors du calcul final. Nous avons donc opté pour une note intermédiaire entre 1 et 4 pour le niveau « généraliste orienté ».

Remarques

- Ce paramètre peut s'avérer particulièrement difficile à renseigner suivant les groupes taxonomiques ou même pour des espèces au sein d'un même groupe. **Pour cette raison, il est proposé de le mettre en optionnel, même s'il est fortement recommandé d'essayer de le renseigner.**
- En cas d'impossibilité d'évaluation du paramètre pour une espèce, il ne sera pas pris en compte dans l'évaluation finale lors de l'incrémentation des notations pour l'espèce considérée ou le groupe considéré, au cas par cas et sur justification de l'expert.
- Nous avons eu en interne une longue discussion sur ce sujet central dans l'approche « déterminante », car ce paramètre inclue potentiellement un lien fort avec l'habitat.

Paramètre 4 : Menaces

Principes

- Paramètre optionnel
- [Analyse par un expert du niveau de menace des espèces et/ou de leur habitat type.](#)
- Paramètre complémentaire au précédent et directement lié à la sensibilité
- L'avis d'un expert, appuyé sur sa bonne connaissance de la littérature spécialisée existante, est absolument nécessaire.
- La prise en compte de ce paramètre est adaptée aux sources d'information disponibles : liste rouges (régionales, nationales, européennes), tendances (si séries temporelles de données fiables), menaces en lien avec les habitats. Une grille multicritère est proposée pour appréhender ce paramètre et le contextualiser.
- Définition d'une note de 1 à 4 (3 niveaux de notation + possibilité de non évaluation).

Ressources nécessaires

- Références bibliographiques précisant l'écologie des espèces, idéalement et si-existant pour le territoire biogéographique concerné.
- Informations sur la sensibilité des habitats naturels
- Listes Rouges régionales, nationales, ou européennes, si existantes.
- Séries de données temporelles si existantes

Mode opératoire

1. Sur la base de ses connaissances propres et de la bibliographie, l'expert définit les niveaux de menaces des espèces et de leurs habitats.
2. A partir de la grille proposée intégrant différents niveaux de lecture (Listes Rouges, habitats menacés) attribution d'une notation pour chaque espèce, offrant 4 possibilités différentes :
 - 1 = Espèce et/ou son(ses) habitat(s) préférentiel(s) non menacé(s)
 - 2,5 = Espèce et/ou son(ses) habitat(s) préférentiel(s) assez menacé(s)
 - 4 = Espèce et/ou son(ses) habitat(s) préférentiel(s) très menacé(s)
 - X = Non évaluée

Remarques

- Ce paramètre peut s'avérer particulièrement difficile à renseigner suivant les groupes taxonomiques ou même pour des espèces au sein d'un même groupe. Pour cette raison, il est proposé de le mettre en optionnel.
- En cas d'impossibilité d'évaluation du paramètre pour une espèce, il ne sera pas pris en compte dans l'évaluation finale lors de l'incrémentation des notations.

Note explicative pour l'utilisation de la grille de notation

La grille a été réalisée afin de pouvoir hiérarchiser la démarche de notation en fonction des sources d'informations disponibles. Le choix a été porté de prioriser la prise en compte des Listes Rouges UICN si elles existent, comme cela est préconisé par Horrelou & al. (2013), concernant le critère de la « sensibilité ». Par défaut, dans un deuxième temps, nous proposons le critère de tendance si évalué. Enfin, en l'absence des deux autres sources d'information, nous nous basons sur une évaluation d'expert concernant le niveau de menace sur l'espèce et/ou son habitat. Si aucune de ces informations n'est disponible, le paramètre « Menaces » ne sera pas pris en compte pour l'espèce ou le groupe taxonomique considéré.

L'évaluation de la menace se situe prioritairement au niveau régional, car c'est à cette échelle que se situe principalement l'enjeu que nous désirons évaluer. A défaut d'informations disponibles, nous prenons ensuite le niveau national puis européen.

Les trois premières colonnes présentent les Listes Rouges si elles existent, puis les trois suivantes les tendances si elles sont connues et enfin la dernière colonne correspond à une évaluation à dire d'expert du niveau de menace de l'espèce et/ou de son habitat à l'échelle régionale.

Certains critères peuvent faire l'objet de combinaison mais seulement à deux niveaux, sans quoi cela devient ensuite trop complexe.

- Pour les listes rouges, nous reprenons comme paramètre les catégories UICN soit :

CR = Espèce en danger critique d'extinction
EN = Espèce en danger
VU = Espèce vulnérable
NT = Espèce quasi menacée
LC = Préoccupation mineure

A noter que nous ne prenons pas en compte la catégorie DD (Données insuffisantes), au niveau des listes nationales et européennes car ne permettant pas d'évaluation. Pour ces cas particuliers, il faudra se référer au niveaux inférieurs : tendance ou habitat/espèce menacé au niveau régional.

Nous avons envisagé dans un premier temps de prendre en compte les critères permettant de définir les catégories mais ils nous semblent trop complexes à considérer (ex pour *Lestes macrostigma*, B2b(iii)c(iii,iv)).

Très concrètement, l'existence de listes rouges régionales apparaît comme le critère majeur car il qualifie *de facto* cette problématique de la menace au niveau régional. En l'état actuel des choses il n'en existe aucune en Bretagne, mais celle des rhopalocères (groupe test) devraient être réalisées pour fin 2017/premier semestre 2018. Il existe en revanche plusieurs listes rouges nationales ou européennes qui pourront être utilisées (Odonates, Rhopalocères, insectes saproxyliques).

- Pour les tendances, nous prenons les 4 critères les plus généralement pris en compte :

- ↓ = Diminution
- = Stable
- ↑↓ = Fortes fluctuations
- ↑ = Augmentation

Ces critères nécessitent la prise en compte d'un pas de temps entre deux séries temporelles de données, qui sera défini au cas par cas pour chaque groupe taxonomique en fonction des informations disponibles. Pour beaucoup de groupes d'invertébrés, il faut s'attendre à ne pas pouvoir évaluer cette tendance.

- **Pour le niveau de menace sur l'espèce et/ou son habitat** : cette information sera basée sur le dire d'expert et connaissances locales sur les habitats. Le choix doit être commenté. Ils suivent les trois catégories présentées précédemment :

Espèce et/ou son(s) habitat(s) préférentiel(s) très menacé(s)

Espèce et/ou son(s) habitat(s) préférentiel(s) assez menacé(s)

Espèce et/ou son(s) habitat(s) préférentiel(s) non menacé(s)

Exemple de mise en application :

La grille doit être utilisée de gauche à droite et de haut en bas. Suivant les combinaisons possibles entre critères, la notation finale varie et doit être prise en compte en se référant à la colonne respective (col1, col2 ou col3).

S'il existe une liste rouge régionale, **les catégories de la liste sont directement reportées pour évaluer la menace**, comme proposé dans la grille.

En l'absence de liste rouge régionale, la liste rouge nationale est prise en compte en priorité 2. Comme pour la liste rouge régionale, **la prise en compte se fait via les catégories UICN combinées avec la tendance régionale si elle est connue OU les niveaux de menaces sur l'espèce/habitat au niveau régional** (pour éviter les combinaisons trop complexes, seuls deux critères peuvent être combinés). A ce niveau, nous proposons que ces combinaisons ne soient établies qu'**à partir de la catégorie VU**. Les deux catégories supérieures (CR et EN) nous paraissent en effet majeures à cette échelle et donne obligatoirement une importance essentielle au niveau régional.

En l'absence de liste rouge régionale et nationale, la liste rouge européenne est prise en compte en priorité 3. Comme pour les listes rouges régionale et nationale, la prise en compte se fait via les **catégories UICN combinées** avec la **tendance régionale** si elle est connue **OU par défaut** par la **tendance nationale, OU par les niveaux de menaces sur l'espèce et/ou l'habitat de l'espèce au niveau régional**. Nous proposons cependant que ces combinaisons ne soient établies qu'**à partir de la catégorie EN**. La catégorie supérieure (CR) nous paraît en effet majeure à cette échelle et donne obligatoirement une importance essentielle au niveau régional (note 4).

En l'absence de listes rouges, la tendance régionale est prise en compte en priorité 4. Elle se fait se fait suivant les 4 critères cités plus haut **combinés** avec la **tendance nationale OU par défaut** avec la **tendance européenne, OU avec les menaces sur l'espèce et/ou l'habitat de l'espèce au niveau régional**.

En l'absence de listes rouges et tendance régionale, la tendance nationale (priorité 1) ou européenne (priorité 2) est prise en compte en priorité 5. Elle se fait se fait suivant les 4 critères cités **combinés** avec la **tendance** avec les **niveaux de menaces sur l'espèce et/ou l'habitat de l'espèce au niveau régional**.

En l'absence de listes rouges et tendances aux différentes échelles, les **niveaux de menaces sur l'espèce et/ou l'habitat de l'espèce au niveau régional** sont pris en compte sur dire d'experts.

Enfin, si aucune information ne permet d'évaluer ce paramètre, il est considéré comme « non évalué » pour l'espèce ou le groupe taxonomique considérés.

Méthode de calcul final

Principes

- Agrégation des 4 paramètres précédents pour obtention d'une évaluation unique finale par espèce
- Combinaisons de mode de calcul sous forme de grille conditionnelle
- Définition des listes « espèces déterminantes » sur la base de la notation finale pour les espèces de chaque groupe taxonomique.

Ressources nécessaires : Tableau de synthèse des paramètres

Mode opératoire

1. Remplissage du tableau récapitulatif pour l'ensemble des paramètres
2. Agrégation automatique des notes individuelles pour chaque paramètre. Nous proposons un mode d'agrégation combinant deux modes de calcul conditionnels se basant sur la moyenne des notes et la prise en compte de la note la plus élevée :
 - a. Moyenne $\geq 3,5$ → **déterminance**
 - b. **OU** - $2,5 \leq$ moyenne $< 3,5$ **et au moins une note = 4** → **déterminance**
 - c. **OU** - au moins deux notes = 4 → **déterminance**

Cette combinaison peut être emmenée à évoluer après l'application aux groupes tests (Longicornes, Rhopalocères)

Exemple de tableau de résultats :

Espèces	Paramètre 1 : Rareté	Paramètre 2 : répartit* géo	Paramètre 3 : Spécialisat	Paramètre 4 : Menaces	Moyenne	Nombre de "4"	Déterminance
<i>Acanthocinus aedilis</i>	1	2	2,5	X	1,8333333	0	
<i>Acanthocinus griseus</i>	3	3	2,5	X	2,8333333	0	
<i>Aegosoma scabricorne</i>	2	3	2,5	X	2,5	0	
<i>Agapanthia asphodeli</i>	3	4	4	2,5	3,375	2	
<i>Agapanthia cardui</i>	1	2	2,5	X	1,8333333	0	
<i>Agapanthia villosaviridescens</i>	0	1	2,5	X	1,1666667	0	
<i>Allosterna tabacicolor</i>	0	0	1	X	0,3333333	0	
<i>Anaesthetis testacea</i>	1	2	2,5	X	1,8333333	0	
<i>Anaglyptus mysticus</i>	0	1	2,5	X	1,1666667	0	
<i>Anoploclera sexguttata</i>	0	1	2,5	2,5	1,5	0	
<i>Arhopalus rusticus</i>	0	1	4	X	1,6666667	1	
<i>Aromia moschata</i>	0	1	4	X	1,6666667	1	
<i>Calamobius filum</i>	1	2	2,5	X	1,8333333	0	
<i>Cerambyx cerdo</i>	0	2	2,5	2,5	1,75	0	
<i>Cerambyx scopoli</i>	0	1	2,5	X	1,1666667	0	
<i>Chlorophorus glabromaculatus</i>	2	4	2,5	X	2,8333333	1	
<i>Chlorophorus sartor</i>	2	2	2,5	X	2,1666667	0	
<i>Clytus arietis</i>	0	0	2,5	X	0,8333333	0	
<i>Cortodera humeralis</i>	3	4	2,5	X	3,1666667	1	
<i>Deilus fugax</i>	2	4	2,5	X	2,8333333	1	
<i>Dinoptera collaris</i>	0	1	2,5	X	1,1666667	0	
<i>Exocentrus adspersus</i>	2	2	2,5	X	2,1666667	0	
<i>Exocentrus punctipennis</i>	3	4	4	2,5	3,375	2	
<i>Glaphyra umbellatarum</i>	0	1	2,5	X	1,1666667	0	
<i>Gracilia minuta</i>	2	2	2,5	X	2,1666667	0	
<i>Grammoptera abdominalis</i>	2	2	4	2,5	2,625	1	
<i>Grammoptera ruficornis</i>	0	0	2,5	X	0,8333333	0	
<i>Grammoptera ustulata</i>	2	3	2,5	X	2,5	0	
<i>Hylotrupes bajulus</i>	0	1	1	X	0,6666667	0	
<i>Iberodorcadion fuliginator</i>	3	4	4	4	3,75	3	

Restitution

A l'issue de l'élaboration de listes par groupes taxonomiques la restitution comprendra deux supports principaux :

1. Une liste élémentaire des espèces déterminantes pour le groupe taxonomique considéré
2. Une note plus détaillée reprenant les modalités de calculs appliquées pour chaque espèce et détaillant les choix d'attribution des notes, ainsi que des éléments de connaissances (habitats, biologie, répartition) sur les espèces considérées comme déterminantes.

Un modèle de note sera proposé à l'issue du travail sur des groupes tests (Rhopalocères, Longicornes).

Bibliographie

BENCE, S., 2011.- Actualisation du référentiel ZNIEFF de PACA – 2011. Méthodologie proposée pour le choix des espèces. Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur. 9 pp.

COULON J. et al., 2000.- Coléoptères de Rhône-Alpes : Carabiques et Cicindèles, Muséum d'Histoire naturelle de Lyon et Société linnéenne de Lyon pp 18-19

DOMMANGET J.-L., 1989 - Utilisation des odonates dans le cadre de la gestion des zones humides. In de Beaufort F. & Maurin H., 1989 - Utilisation des invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique. Collection Inventaire de Faune et de Flore, fasc. 53. MNHN/SFF, Paris : 93-110.

DUPONT P. 2014.- Cadre méthodologique de l'inventaire national des Rhopalocères et Zygènes de France métropolitaine. Partie I. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. Rapport SPN 2014 - 23.

ELISSALDE-VIDEMENT, L., HORELLOU, A., HUMBERT, G. & MORET, J., 2004.- Guide méthodologique sur la modernisation de l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique. Mise à jour 2004. Coll. Patrimoines Naturels. Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. 73 pp.

HERBRECHT F., CHERPITEL T., COURTIAL C., DESMOTS D., IORIO E., LAGARDE M., MOUQUET C., NOËL F. & SECHET E., 2017 - Proposition d'invertébrés littoraux d'origine continentale en tant qu'espèces déterminantes pour la désignation des ZNIEFF en Pays de la Loire. Rapport GRECIA pour la DREAL : 40 p.

HORELLOU A., DORE A, HERARD K. & SIBLET J.-Ph., 2013. - Guide méthodologique pour l'inventaire continu des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) en milieu continental. - MNHN-SPN. 110 p.

JACOB, E. (coord.), 2016.- 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 GRECIA pour la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Basse-Normandie. 87 pp + annexes.

LEROY, B. « Prédire les changements de biodiversité. Recherches en Macroécologie et Conservation de la Biodiversité » <http://borisleroy.com/recherche/indices-de-rarete/> Consulté le 26/03/2015.

LEROY, B., PETILLON, J., GALLON, R., CANARD, A. & YSNEL, F., 2012.- Improving occurrence-based rarity metrics in conservation studies by including multiple rarity cut-off points. *Insect Conservation and Diversity*, 5: 159–168.

LEROY, B., CANARD, A. & YSNEL, F., 2013.- Integrating multiple scales in rarity assessments of invertebrate taxa. *Diversity and Distributions*, 19: 794–803.

MULLER, Y., GIBET, S. & KAEMPF, S. 2009.- Les listes d'espèces déterminantes pour les ZNIEFF de deuxième génération (Plantes vasculaires, odonates, orthoptères, papillons de jour et Zygaenidae, amphibien et reptiles, oiseaux, mammifères). Rapport de Odonat. 98 pp + annexes.