

## Éléments de méthode :

# ESPÈCES à ENJEUX RÉGIONAUX par commune, COMPLÉTUDE de la LISTE communale des ESPÈCES, DIAGNOSTIC écologique communal

Quelques résultats sont présentés en annexe.

## 1 Cadrage

Les éléments présentés dans ce document ont été réalisés entre 2023 et 2024 par un groupe de travail technique animé par l'OEB dans le cadre de la déclinaison en Bretagne de la Stratégie nationale Aires Protégées (SAP).

Le groupe de travail était constitué de :

Marion Hardegen, Christophe Bougault (CBNB), Marie Capoulade, Pierre-Yves Pasco (BV), Yann Février, Guillaume Gélinaud, Olivier Retail (ORFF Avifaune), Régis Morel, Pierre-Alexis Rault (ORFF Herpétologique), Gaëlle Leprévost, Laetitia Le Gurun (ORFF Poissons migrateurs), Floriane Flacher-Geslin, Lauriane Laville-Corbeau, Pierre Devogel (ORFF Invertébrés continentaux), Franck Simonnet (ORFF Mammifères), Thibault Vigneron, Pascal Irz (OFB), Simon Chollet (Ecobio Université Rennes I), Frédéric Ysnel (Borea MNHN), Loïs Morel (Agrocampus Rennes), Olivier Le Bihan (CD22), Jean-François Lebas (CD35), Xavier Best (CD29), Laurent Pérignon (CD56), Rosine Binard, Karine Delabroise, Florian Lebeau (Région), Elise Carnet, Arnaud Le Nevé, Julian Virlogeux (Dreal), Mathieu Lagarde, François Siorat (OEB).

## 2 Résultats attendus

L'objectif était d'identifier pour chaque commune de Bretagne le **nombre observé d'espèces à enjeux régionaux de conservation**.

A cette information devait être associé le **niveau de complétude du nombre d'espèces** dans la commune ; il s'agit d'évaluer si le nombre d'espèces observées dans la commune est plus ou moins proche de la fréquentation effective de la commune par la faune et flore locale.

Par la suite, afin d'établir un diagnostic écologique de chaque commune, la densité d'espèces à enjeux régionaux et la complétude des inventaires ont été croisés avec diverses informations spatialisées décrivant le territoire d'un point de vue écologique ou en matière de pressions.

Tous les résultats de ce projet sont accessibles [ici](#) (à venir en fin de projet).

## 3 Echelle communale

L'échelle de la commune a été retenue comme compromis car permettant de compiler et d'homogénéiser le maximum des informations existantes en Bretagne en vue de leur croisement avec d'autres problématiques au sein du cadre de la SAP. Une échelle infra communale (maille 1km\*1km, lieu-dit, ponctuel...) mettrait en exergue la trop grande disparité des répartitions spatiales des observations. Une échelle supra communale (maille 10km\*10km, EPCI, Pays...) gommerait trop cette diversité. L'échelle communale est aussi le niveau le plus fin permettant l'utilisation de la quasi-entièreté de la base de données de Biodiv'Bretagne, la plateforme régionale du SINP.

## 4 Données sources

Les données utilisées pour ce travail sont les observations compilées dans la base de données de Biodiv'Bretagne soit un total de 5 millions de données en avril 2024. A celles-ci ont été ajoutées 7 autres millions de données, issues de FauneBretagne, et fournies à l'échelle communale, uniquement pour le présent projet, par le collectif régional administrateur de cette base.

L'ensemble de ces données est mis à disposition par les producteurs (associations, organismes publics, laboratoires...) dont la plupart sont organisés au sein des 6 ORFF existants à ce jour.

Les observations de plus de 20 ans sont exclues de l'analyse ainsi que les observations à une échelle supérieure à la commune (quelques données dans Biodiv'Bretagne sont à la maille 10km\*10km ou départementale) ou encore les observations qui ne sont pas rattachables au niveau taxonomique de l'espèce (référentiel Taxref16 du SINP).

Ainsi, près de 8,1 millions d'observations participent à l'élaboration des produits attendus par le projet.

Tous les ans la base de données de Biodiv'Bretagne est mise à jour et permettra la mise à jour des productions présentées ici.

## 5 Nombre communal d'espèces à enjeux régionaux de conservation

### Les espèces à enjeux

Les espèces recherchées sont celles qui portent un ou des enjeux (« ce que l'on peut perdre ou gagner »), enjeux en matière de conservation (ex. une disparition de l'espèce), et enjeux d'envergure régionale.

Plusieurs évaluations de l'état de santé d'une espèce sont disponibles. Elles ont été établies selon des méthodes reconnues, validées (notamment par le CSRPN), voire institutionnalisées (comme les Listes Rouges ou les Directives européennes).

Ainsi, les espèces retenues comme espèces à enjeux régionaux de conservation en Bretagne sont celles qui sont concernées par **au moins une** des évaluations suivantes et selon les critères définis ci-après :

Evaluations	Statuts
Risque régional de disparition Méthode UICN Liste Rouge Régionale	Les espèces avec l'un des statuts : Régionalement Eteinte, En danger critique, En danger, Vulnérable, Quasi menacée.
Responsabilité biologique régionale Méthode OEB et al. 2015 validée CSRPN	Les espèces avec l'un des statuts : responsabilité Majeure, Très élevée.
Etat de conservation régional Méthode OEB et al. 2015 validée CSRPN	Les espèces avec l'un des statuts : Défavorable insatisfaisant, Défavorable mauvais.
Espèce « znieff » Méthodes ORFF validées CSRPN	Les espèces citées comme déterminante pour la discrimination de znieff
Risque national de disparition Méthode UICN Liste Rouge Nationale	Les espèces avec l'un des statuts : Nationalement Eteinte, En danger critique, En danger, Vulnérable, Quasi menacée, et qui en même temps ne sont ni accidentelles, ni marginales, ni exotiques sur le territoire breton (équivalent au statut NA de la Liste Rouge Régionale)
Etat de conservation à l'échelle européenne Méthode EU	Les espèces citées en annexe I de la directive européenne Oiseaux ou en annexe II de la directive européenne Habitats, et qui en même temps ne sont ni accidentelles, ni marginales, ni exotiques sur le territoire breton (équivalent au statut NA de la Liste Rouge Régionale)

Il suffit qu'une espèce soit concernée par une seule de ces évaluations pour qu'elle soit retenue.

Le nombre de ces espèces pour chaque commune de Bretagne est calculée sur la base des observations compilées dans la base de données de Biodiv'Bretagne complétée des données récentes de FauneBretagne (cf. chapitre [Données sources](#)).

### Filtrage spécifique à la SAP

Le présent projet s'inscrit dans la démarche de déclinaison régionale de la Stratégie national Aires Protégées. Cette déclinaison s'articule entre un volet « mer » et un volet « terre ». Par « terre » il faut inclure la zone intertidale. Seul le volet "terre" est abordée ici.

C'est ainsi que sont exclues toutes les observations des **espèces strictement marines** quand elles fréquentent la Bretagne. Les enjeux liés à ces espèces sont pris en compte par le volet « mer » de la SAP.

Liste des espèces *présentes dans Biodiv'Bretagne* et dont toutes les observations sont exclues :

Zostera noltei Hornem., 1832  
Zostera marina L., 1753  
Melanitta nigra (Linnaeus, 1758)  
Gavia arctica (Linnaeus, 1758)  
Gavia immer (Brünnich, 1764)  
Gavia stellata (Pontoppidan, 1763)  
Sterna paradisaea Pontoppidan, 1763  
Puffinus mauretanicus P. R. Lowe, 1921  
Podiceps auritus (Linnaeus, 1758)  
Hydrocoloeus minutus (Pallas, 1776)

Il est à souligner qu'actuellement Biodiv'Bretagne ne recueille pas les observations faites en mer.

Sont aussi exclues les observations hors du mois de juin des **oiseaux marins pélagiques nicheurs en Bretagne**. Ceci limite l'effet du vagabondage de ces oiseaux le long des côtes en période de reproduction, vagabondage qui créditerait d'une espèce à enjeu une commune où l'espèce ne niche pas mais aurait été vue en mer depuis la côte. Cet effet de vagabondage est pris en compte par le volet « mer » de la SAP. Ce filtrage n'élimine pas les observations de ces oiseaux au mois de juin et dans les communes où ils ne se reproduisent pas ; ce vagabondage « relictuel » ne peut pas se détecter actuellement dans la base sans une information sur le statut « reproducteur ou pas » de l'observation.

Liste des espèces *présentes dans Biodiv'Bretagne* et dont les observations hors juin sont exclues :

Alca torda Linnaeus, 1758  
Fratercula arctica (Linnaeus, 1758)  
Uria aalge (Pontoppidan, 1763)  
Rissa tridactyla (Linnaeus, 1758)  
Morus bassanus (Linnaeus, 1758)  
Puffinus puffinus (Brünnich, 1764)  
Fulmarus glacialis (Linnaeus, 1761)  
Hydrobates pelagicus (Linnaeus, 1758)

Il est à souligner que les espèces ci-dessus ne sont à « terre » que pour le support physique de leur nid d'où leur appellation de pélagiques. D'autres oiseaux dits marins ou côtiers, les goélands ou les limicoles par exemple, ont une activité certaine à terre ou sur l'estran (repos, refuge, alimentation...) et ne sont pas concernés par ce filtrage.

Pour tous les oiseaux, il est différencié l'enjeu "**nicheur**" de l'enjeu "**migrateur - hivernant**" : un oiseau peut par exemple être menacé de disparition au titre de son écologie en tant que nicheur et / ou au titre de son statut de migrateur - hivernant. Certains ne le sont qu'au titre de nicheur et donc sans enjeu régional de conservation identifié en hiver. Or ils peuvent être observés en hiver dans une commune où ils ne nichent pas. Cette présence va créditer la commune d'une espèce à enjeu alors qu'il y a déconnexion entre enjeu « nicheur » et présence hivernale.

Ainsi les observations hors période de reproduction des oiseaux à enjeux régionaux uniquement nicheurs sont exclues. Les périodes de reproduction sont celles utilisées par les validateurs des bases de données régionales oiseaux (cf. ORA).

Ces trois filtrages éliminent un peu plus de 120 000 observations, laissant 8 millions d'observations utilisées pour le calcul du nombre d'espèces à enjeux régionaux de conservation pour chaque commune de Bretagne.

### Prolongements futurs

Il a été discuté au sein du groupe de travail d'une possible pondération du nombre communal d'espèces afin de tenir compte de deux effets :

- un total cumulant les espèces de plusieurs groupes taxonomiques est fortement influencé par les groupes ayant le plus de représentants ; par ex. une variation du nombre d'Amphibiens (une dizaine d'espèces à l'échelle bretonne) sera quasi imperceptible due à l'importance numérique des Angiospermes (près de 1 900 espèces) :

- selon les groupes taxonomiques, il peut exister – ou pas - une distribution spatiale hétérogène à l'échelle bretonne ; par ex. littoral *versus* intérieur, gradient sud-est nord-ouest, etc.

Deux principales pistes de travail ont été explorées par divers acteurs (BV, CBNB, OEB, OFB) : utilisation de données décrivant le territoire breton (Sylo éco régions IGNF 2011, phyto éco régions Dupias-Rey 1985, découpages administratifs ...) et l'élaboration de modèles de distribution régionale des espèces. Quoique fort intéressantes et à développer dans le futur, ces pistes soulèvent de nombreuses questions conceptuelles et méthodologiques qui ne peuvent être travaillées dans le temps imparti par le cadre de l'élaboration de la SAP.

Ainsi, en l'état actuel des travaux, il a été choisi de ne pas pondérer le chiffre communal et de présenter un résultat « brut » pour chacun des groupes taxonomiques (selon la taxonomie TaxRef16, niveau « Group2\_Inpn » ou « Group3\_Inpn »).

## 6 Complétude de la liste des espèces observées dans une commune

### Objectif

L'objectif premier est de répondre à la question : « toutes les espèces fréquentant la commune ont-elles été détectées ? » La question porte sur le total communal en nombre d'espèces et ne questionne pas le réseau intra communal de points d'observation : un seul site d'observation dans la commune peut générer un niveau de connaissance satisfaisant de la liste des espèces fréquentant la commune ; mais ce site à lui seul ne révèle pas les subtilités de la répartition des espèces au sein de la commune.

Ainsi la complétude du nombre communal d'espèces est une notion à utiliser pour nuancer le constat brut en nombre d'espèces observées ou pour contextualiser la commune dans un périmètre équivalent ou plus large (EPCI, département, etc.). Il ne faut pas l'utiliser comme descripteur de l'effort d'échantillonnage intra communal. Pour ce faire, concernant les reptiles et amphibiens, des travaux sont en cours de développement par l'Observatoire herpétologique de Bretagne (sur la base des travaux Pasco P.Y. 2022).

Le second objectif est d'évaluer cette complétude avec une précision du type « complétude basse – moyenne – haute ». Cette information sur la complétude doit accompagner l'information sur le nombre d'espèces à enjeux (ou total) dans la commune et porter le plus simplement possible un message de vigilance sur l'interprétation à donner à ce nombre d'espèces.

Il est important de noter que cette complétude porte sur un résultat brut en nombre d'espèces mais ne mesure pas directement l'effort de prospection : combien de personnes, combien de dispositifs, combien de protocoles vs données opportunistes, temporalité des observations, spatialisation relative aux observateurs, etc.

Des travaux ultérieurs doivent affiner la première approche présentée ici.

## Calcul

La recherche du niveau de complétude est fondée sur une approche simple, consolidée et largement répandue (cf. notamment Lobo *et al.* 2018 ou Sanchez-Fernandez *et al.* 2021) utilisant la courbe d'accumulation du nombre d'observations *versus* nombre d'espèces observées.

D'autres approches ont été initiées dans le cadre de ce travail (estimateurs statistiques et modélisations de l'adéquation entre distribution des espèces et descriptions du territoire) mais non pas été poursuivies afin d'assurer une production de résultats dans les temps impartis par le cadre de l'élaboration de la SAP. Affiner le présent travail nécessitera de développer ces approches mais qui sont beaucoup plus techniques, chronophages et, en l'état de la précision des données disponibles, *a priori* sans gain significatif pour le présent projet.

Pour chaque commune et pour chaque groupe d'espèces, sont calculés :

- la courbe d'accumulation du nombre d'espèces en fonction du nombre d'observations (Ugland *et al.* 2003) ;
- le nombre estimé d'espèce (pour un nombre infini d'observations, par projection de la courbe d'accumulation, en utilisant la fonction de Ratkowski, 1990 *in* Falther, 1996).

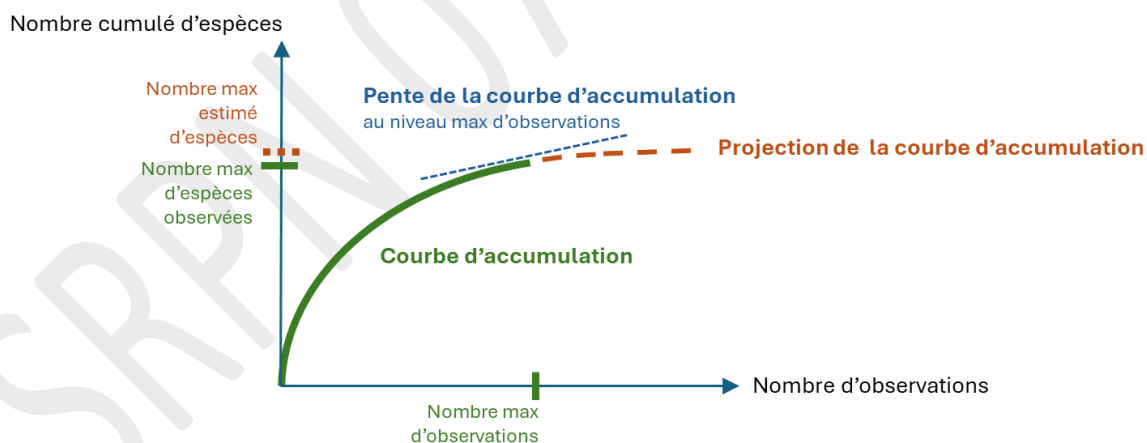
Est déduit de ces calculs un premier critère :

- le ratio « richesse » : nombre d'espèces observées rapporté au nombre estimé d'espèces ;

et deux critères complémentaires :

- la pente de la courbe à son point maximal observé ;
- le ratio « prospect » : nombre d'observations rapporté au nombre d'espèces observées.

La probabilité que de nouvelles observations apportent de nouvelles espèces tend vers 0 lorsque la pente se rapproche de 0, lorsque le ratio "richesse" se rapproche de la valeur "1" et plus le ratio "prospect" est élevé.



Les calculs ont été faits en utilisant le logiciel R et le package KnowBR (version 2.2, paramètres : curve=Rational, estimator=exact ; Guisande & Lobo 2019).

Les calculs ont porté sur les groupes d'espèces suivants :

- pour les vertébrés : Oiseaux, Mammifères, Reptiles, Amphibiens, Poissons d'eau douce et migrateurs ;
- pour les invertébrés : Lépidoptères, Odonates, Arachnides ;
- pour la flore : Angiospermes.

Ces groupes ont fait l'objet d'évaluations régionales de leur état de santé (listes rouges, état de conservation, responsabilité...) et de prospections historiquement réparties sur toute la Bretagne.

Pour les autres groupes, l'information est très fortement partielle en couverture géographique et le constat est systématiquement celui de listes d'espèces très incomplètes, voire souvent inexistantes (pas d'observations dans la commune). En fonction de l'avancée des connaissances, certains de ces groupes seront incorporés dans l'analyse.

Trois classes de complétude sont recherchées :

classe « complétude haute » =

« complétude **convenable**, mais inventaire à compléter et à poursuivre dans la durée » :

ratio « richesse » > 80 soit au moins 80% des espèces estimées ont été observées ;

classe « complétude basse » =

« complétude **très insuffisante**, inventaire pas du tout représentatif de la présence réelle en espèce sur le territoire » :

ratio « richesse » < 50 soit moins de 50% des espèces estimées ont été observées ;

classe « complétude nulle » =

« complétude **nulle**, aucune observation » :

Nombre d'observations = 0.

Toute autre combinaison concerne la classe « moyenne » :

« complétude **insuffisante**, de nombreuses espèces échappent à l'inventaire dont certaines possiblement à enjeux régionaux ».

Un biais est à signaler : il est rare que la non présence constatée d'espèces soit notée en base ; un « 0 » observation n'est pas tout à fait synonyme de « 0 » prospection.

Le ratio « richesse » ne suffit pas à tenir compte de la réalité biogéographique et sociale bretonne ;

- réalité biogéographique : par exemple les angiospermes comptent au moins 1 900 espèces en Bretagne, alors qu'il n'y a qu'une dizaine d'espèces d'amphibiens ou de reptiles ;
- réalité sociale : la force de frappe d'observations sur le terrain est très inégale selon les groupes ; sur 8 millions de données utilisées, 5,6 millions concernent les oiseaux, 1,2 millions les angiospermes et 200 000 les mammifères.

Pour tenir compte de cette hétérogénéité de manière simple, la pente de la courbe et le ratio « prospect » ont été utilisés comme variables d'ajustement des seuils.

« haut » : convenable	ratio « richesse » > 80 et pente d'accumulation < 0,04 et ratio « prospect » > Q80
« bas » : très insuffisant	ratio « richesse » < 50 et pente d'accumulation > 0,04 et ratio « prospect » < Q50
nul	aucune observation d'espèces du groupe concerné.
« moyen » : insuffisant	Toute autre combinaison

Les quantiles Q80 et Q50 sont établis sur le lot des ratio « prospect » du groupe concerné.

## 7 Diagnostic écologique communal

A venir

## 8 Annexes

Liens utiles

[Biodiv'Bretagne](#) visualisation, recherche téléchargement des données

Méthode et liste des espèces [Listes Rouges Régionales](#)

Méthode et liste des espèces [Responsabilité biologique régionale](#)

Méthode et liste des espèces [Etat de conservation régional](#)

Méthodes et listes des espèces [Znieff](#)

Cartes

Tableaux de bord

Liste des espèces à enjeux régionaux de conservation en Bretagne

### Acronymes utilisés

BV Bretagne Vivante

CBNB Conservatoire botanique national de Brest

CD Conseil départemental

CSRPN Conseil scientifique régional du patrimoine naturel

OEB Observatoire de l'environnement en Bretagne

OFB Office français de la biodiversité

ORA Observatoire régional Avifaune

ORFF Observatoire régional faune flore

MNHN Muséum national d'histoire naturelle

SAP Stratégie nationale Aires Protégées

SINP Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel

UICN Union internationale pour la conservation de la nature

Znieff Zone naturelle d'intérêt écologique faune flore

### Documentations consultées

Ball I.R., Possingham H.P. & Watts M. 2009. Marxan and relatives : software for spatial conservation prioritisation. In : spatial conservation prioritisation : quantitative methods and computational tools (eds. Moilanen A, Wilson KA Possingham HP), Oxford University Press, UK, pp. 185-195

Barneix M. & Gigot G. 2013. Listes rouges des espèces menacées et enjeux de conservation : Etude prospective pour la valorisation des Listes rouges régionales - Propositions méthodologiques. Rapport SPN 2013 - 3. Service du Patrimoine Naturel, Direction de la Recherche, de l'Expertise et de la Valorisation, Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris, France, 69 p.

Béguinot J. 2016. Extrapolation des inventaires de biodiversité incomplets : comment estimer au mieux le nombre d'espèces manquantes et prévoir l'effort additionnel d'échantillonnage requis pour réduire ce nombre. Bull. mens. Soc. linn. Lyon, 2016, 85 (7-8) : 246 – 258

Bellard C., Leroy B., Thuiller W., Rysman J.F. & Courchamp F. 2016. Major drivers of invasion risks throughout the world. Ecosphere, 7, e01241

Blervaque L. 2017. Hiérarchisation des enjeux de conservation pour la flore vasculaire des Hauts-de-France et actualisation des connaissances. Master Biodiversité, Ecologie et Evolution, Lille1; Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire Botanique National de Bailleul, 62 p.

Boria R.A., Olson L.E., Goodman S.M. & Anderson R.P. 2014. Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. Ecol Modell 275: 73–77.

Chao A. 1987. Estimating the Population Size for Capture-Recapture Data with Unequal Catchability. Biometrics, 43, 783–791

Collectif, 2021. Cartographie des hotspots de biodiversité et des lacunes de protection en Nouvelle-Aquitaine. Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique et Ligue pour la Protection des Oiseaux (coord.) : 105 p.

Colwell R. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>

Delpon G., Besnard A., Richard F. & Shatz B. 2018. Étude de l'exhaustivité des inventaires entomologiques en condition d'étude d'impact Revue scientifique Bourgogne Franche Comté Nature 27-2018, 173-178

- Flather C.H. (1996) Fitting species-accumulation functions and assessing regional land use impacts on avian diversity. *Journal of Biogeography*, 23: 155-168.
- Fourcade Y., Engler J.O., Rödder D. & Secondi J. 2014. Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data : a performance assessment of method for correcting sampling bias. *PLoS ONE* 9(5) : e97122 doi :10.1371/journal.pone.0097122
- Gotelli N.J. & Chao A. 2013. Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data. In: Levin S.A. (ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*, 2nd ed., Vol. 5: 195-211. Waltham, MA: Acad. Press
- Guisande C., Lobo J.M. 2019. Discriminating well surveyed spatial units from exhaustive biodiversity databases. R package version. 2.0. <http://cran.r-project.org/web/packages/KnowBR>.
- Lehtomäki J. & Moilanen A. 2013. Methods and workflow for spatial conservation prioritization using Zonation. *Environmental Modelling & Software*, 47, pp. 128-137.
- Léonard L. 2017. — Révision de la méthodologie pour le diagnostic patrimonial du réseau d'aires protégées dans le cadre de la SCAP Paris, *UMS PatriNat*. p. 41.
- Léonard L., Witté I., Rouveyrol P. & Hérard K. 2020. Représentativité et lacunes du réseau d'aires protégées métropolitain terrestre au regard des enjeux de biodiversité. *UMS PatriNat*, paris, 82 p.
- Léonard L., Witté I., Rouveyrol P., Grech G. & Hérard K. 2019. Bilan de la SCAP et diagnostic 2019 du réseau d'aires protégées métropolitain terrestre. *UMS PatriNat*. p. 78.
- Leroy B. 2012 Utilisation des bases de données biodiversité pour la conservation des taxons d'invertébrés : Indices de rareté des assemblages d'espèces et modèles de prédiction de répartition d'espèces Thèse MNHN 411 pages
- Leroy B. 2023. Choosing presence-only species distribution models. *Journal of Biogeography*. 2023;50:247–250.
- Leroy B., Bellard C., Dubos N., Colliot A., Vasseur M., Courtial C., Bakkenes M., Canard A. & Ysnel F. 2014. Forecasted climate and land use changes, and protected areas: the contrasting case of spiders. *Diversity and Distributions*, 20 : 686-697.
- Leroy B., Canard A. & Ysnel F. 2013. Integrating multiple scales in rarity assessments of invertebrate taxa. *Diversity and Distributions*, 19, 7, pp. 794-803.
- Leroy B., Paschetta M., Canard A., Bakkenes M., Isaia M. & Ysnel F. 2013. First assessment of effects of global change on threatened spiders: Potential impacts on *Dolomedes plantarius* (Clerck) and its conservation plans. *Biological Conservation*, 161 : 155-163.
- 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, 2, pp. 159-168.
- Lobo J.M., Hortal Yela J.L., Millán A., Sánchez-Fernández D., García-Roselló E., González-Dacosta J., Heine J., González-Vilas L. & Guisande C. 2018. KnowBR : An application to map the geographical variation of survey effort and identify well-surveyed areas from biodiversity databases. *Ecological Indicators* 91 (2018) 241–248
- Lopez L.C.S., Fracas, M.P.A., Mesquita D.O., Palma A.R.T. & Riul P. 2012. The 377 relationship between percentage of singletons and sampling effort: a new approach to 378 reduce the bias of richness estimates. *Ecological Indicators*, 14: 164-169. 379 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.012>
- MAXENT [https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)
- Menegotto A. & Rangel T. 2018. Mapping 2018 knowledge gaps in marine diversity reveals a latitudinal gradient of missing species richness *Nature Communications* volume 9, Article number: 4713
- Moilanen A. 2007. Landscape zonation, benefit functions and target-based planning: unifying reserve selection strategies. *Biological Conservation*, 134(4), pp. 571-579.
- Mora C., Tittensor D.P. & Myers R.A. 2008. The completeness of taxonomic inventories for describing the global diversity and distribution of marine fishes *Proc Biol Sci*. 2008 Jan 22; 275(1631) : 149–155. Published online 2007 Nov 14. doi: 10.1098/rspb.2007.1315
- Pasco P.Y. 2022. Identification et analyse des grands types de répartition biogéographique en Bretagne *in* Biodiversité, naturalité et changement climatique en Bretagne. Rapport de synthèse. Phase 1. Bretagne Vivante, pp. 51-75.
- Pelayo-Villamil P., Guisande C., Manjarres-Hernandez-C.A., Jiménez L.F., Granado-Lorencio C., Garcia-Rosello-E., Gonzalez-Dacosta J., Heine J., Gonzalez-Vilas L. & Lobo J.M. 2018. Completeness of national freshwater fish species inventories around the world. *Biodiversity and Conservation* <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1630-y>
- Perrodin J. & Barneix M. (coord.) 2021. Hiérarchisation des enjeux de conservation de la faune sauvage de Nouvelle-Aquitaine : méthode & résultats. Observatoire FAUNA. 54 p
- Phillips S.J., Anderson R.P. & Schapire R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (3) : 231-259
- Ratkowski D.A. 1990. *Handbook of nonlinear regression models*. Marcel Dekker, New York, 241pp.

- Sánchez-Fernández D., Fox R., Dennis R.L.H. & Lobo J.M. 2021. How complete are insect inventories ? An assessment of the british butterfly database highlighting the influence of dynamic distribution shifts on sampling completeness. *Biodiversity and Conservation* (2021) 30:889–902 <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02122-w>
- Sánchez-Fernández D., Yela J.L., Acosta R., Bonada N., García-Barros E., Guisande C., Heine J., Millán A., Munguira M.L., Romo H., Zamora-Muñoz C. & Lobo J.M. 2022. Are patterns of sampling effort and completeness of inventories congruent ? A test using databases for five insect taxa in the Iberian peninsula. *Insect Conserv Divers.* 2022 ; 15:406–415. DOI: 10.1111/icad.12566
- Zamora-Muñoz C. & Lobo J.M. 2022. Are patterns of sampling effort and completeness of inventories congruent? A test using databases for five insect taxa in the Iberian peninsula. *Insect Conserv Divers.* 2022 ; 15:406–415. DOI: 10.1111/icad.12566
- Soberón J., Jiménez R., Golubov J. & Koleff P. 2007. Assessing completeness of biodiversity databases at different spatial scales. *Ecography*, 30, 152–160
- Soukainen A. & Cardoso P. 2022. Accuracy of non-parametric species richness estimators across taxa and regions doi: <https://doi.org/10.1101/2022.08.23.504921>
- Touroult J., Cima V., Bouyon H., Hanot C., Horellou A. & Brustel H. 2019. Longicornes de France – Atlas préliminaire (Coleoptera : Cerambycidae & Vesperidae). Supplément au bulletin d'ACOREP-France, Paris. 176 p. notamment pp. 14-17
- Tredennick A.T., Hooke G., Ellner S.P. & Adler P.B. 2021. A practical guide to selecting models for exploration, inference, and prediction in ecology. *Ecology*, 102(6), 2021, e03336
- Ugland K.I., Gray J.S. & Ellingsen K.E. 2003. The species-accumulation curve and estimate of species richness. *J. Anim. Ecol.* 72, 1085-1096
- Vallet J., Rambaud M., Coquel L., Poncet L. & Hendoux F. 2012. Effort d'échantillonnage et atlas floristiques – exhaustivité des mailles et caractérisation des lacunes dans la connaissance, *Comptes Rendus Biologies*, Volume 335, Issue 12, 2012, Pages 753-763, ISSN 1631-0691, <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2012.11.005>.
- Vavrek M.J. 2011. Fossil : Palaeoecological and palaeogeographical analysis tools. *Palaeontologia Electronica* Vol. 14, Issue1; 1T:16p;
- Witté L., Meunier F. & Vanappelghem C. 2020. Analyse préliminaire à une stratégie d'intervention pour les conservatoires d'espaces naturels des Hauts-de-France. UMS PatriNat OFB-MNHN-CNRS, Conservatoires d'Espaces Naturels des Hauts-de-France. 43pp.
- Witté I. & Touroult J. 2014. — Répartition de la biodiversité en France métropolitaine : une synthèse des Atlas faunistiques. *Vertigo* (Volume 14 Numéro 1). <https://doi.org/10.4000/vertigo.14645>
- Witté I., Touroult J. & Poncet A. 2013. Distribution spatiale et complémentarité des « hotspots » de biodiversité en France métropolitaine. Valorisation des données des Atlas. MNHN rapport SPN 2013 6, 90 p.
- ZONATION <https://zonationteam.github.io/Zonation5/> (soft, manual, docs)

