



Les effets des **changements climatiques** sur la **biodiversité** de la **Métropole Rouen Normandie**



GIEC
de la Métropole
Rouen Normandie

Groupe interdisciplinaire d'experts locaux sur le climat



RÉFÉRENTE GIEC DE LA MÉTROPOLE
ROUEN NORMANDIE
Carine Douville

AUTRICE

Carine Douville, Agence Normande de la Biodiversité et
du Développement Durable (ANBDD), Membre du Conseil
Scientifique Régional du Patrimoine Naturel de Normandie,
Co-Présidente du Conseil Scientifique du Conservatoire
d'espaces naturels de Normandie

RELECTURES

Romain Matton, Romain Debray, Sophie Lecuit (ANBDD)
Léo Kazmierczak (Métropole Rouen Normandie)

Sommaire

PRÉAMBULE

UN CHANGEMENT CLIMATIQUE DÉJÀ PERCEPTIBLE
SUR LE TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE

MÉTHODE ET ATTENDUS DE L'ÉTUDE

LA BIODIVERSITÉ ET LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

L'EFFONDREMENT DE LA BIODIVERSITÉ

UN CONSTAT SANS APPEL

LES CAUSES DU DÉCLIN DE LA BIODIVERSITÉ

LES CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LA BIODIVERSITÉ

LA BIODIVERSITÉ DU TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE ROUEN
NORMANDIE ET SA VULNÉRABILITÉ FACE AUX CHANGEMENTS
CLIMATIQUES

LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET PAYSAGER

LES MILIEUX NATURELS

LES ESPÈCES

LES PRINCIPALES MENACES SUR LE TERRITOIRE
DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LA BIODIVERSITÉ DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE

QUELLES PERSPECTIVES ET QUELLES MESURES
POUR LA BIODIVERSITÉ DE DEMAIN SUR LE TERRITOIRE
DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE ?

PROPOSITIONS DE MESURES À PRENDRE
OU D'ÉTUDES À MENER

RESSOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

5

6

6

7

8

8

9

10

13

13

14

16

20

22

28

31

33

Préambule

Le climat et la biodiversité sont intimement liés depuis l'apparition de la vie sur Terre, mais aujourd'hui les changements climatiques exercent une pression supplémentaire sur une biodiversité déjà mise à mal par les activités humaines. Les deux crises majeures de la biodiversité et du climat ne pourront se régler indépendamment (Figure 1).

Le climat dans toutes ses composantes (température, précipitation, vent, ensoleillement, humidité, etc.) et ses variations historiques ont permis l'apparition de la vie sur Terre et conditionnent la répartition et la diversité des formes de vie sur la planète. Toute évolution des paramètres climatiques entraîne des modifications de biotopes, de fonctionnements écologiques et de répartitions des espèces et des écosystèmes. Au cours des temps géologiques, les modifications climatiques ont été les sources de diversification des formes de vie, mais également les principales causes des extinctions massives d'espèces (Figure 3). En effet miroir, la biodiversité agit également sur la régulation du climat (température, humidité, vent...), à différentes échelles : planétaire, continentale, régionale ou locale. L'effet le plus documenté est le rôle des plantes qui, en absorbant du dioxyde de carbone et en produisant de l'oxygène via la photosynthèse, ont un impact direct sur les quantités de gaz à effet de serre atmosphériques, et contribuent donc à la régulation du climat mondial.

D'autres exemples peuvent être cités :
- La forêt amazonienne, au même titre que les autres forêts tropicales humides, véritables hot-spot de biodiversité à l'échelle mondiale, contribue par l'évapotranspiration à la formation de nuages et de pluies qui alimentent la circulation atmosphérique terrestre ;
- Les tourbières, autres réservoirs de biodiversité majeurs, par leur capacité à séquestrer le carbone atmosphérique, ont eu un effet de refroidissement net sur le climat à l'échelle de l'holocène (Frolking and Roulet, 2007) ;
- Un arbre en ville, représentant pourtant un très petit écosystème, peut en fonction de l'espèce et de sa localisation, grâce à l'ombre portée et ses capacités d'évapotranspiration, rafraîchir l'air ambiant de 2 à 8°C (FAO/ONU, 2018), et constituer un microclimat local. À l'inverse, l'augmentation des températures

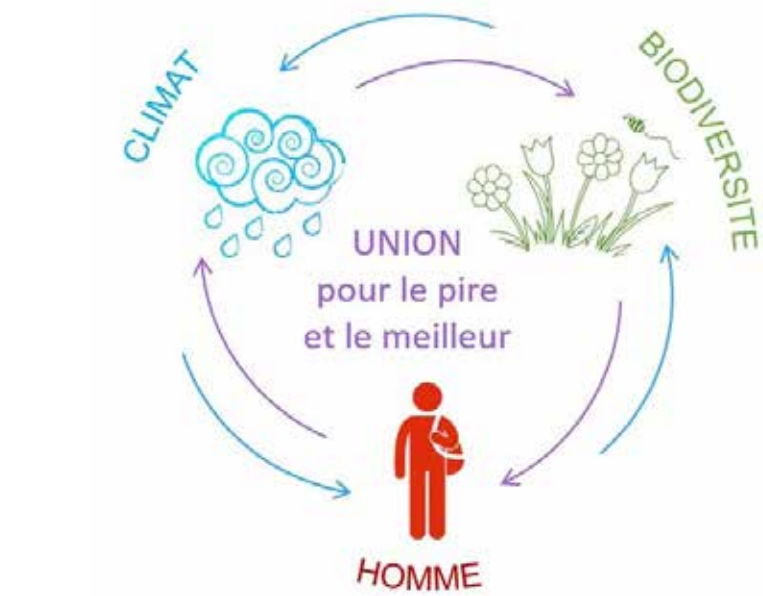


Figure 1 : L'avenir des sociétés humaines, le climat et la biodiversité, trois crises interdépendantes - Source : illustration réalisée par l'auteur, 2024.

sur la biodiversité terrestre entraîne des modifications dans le fonctionnement des écosystèmes qui peuvent accentuer le réchauffement climatique (baisse de l'activité photosynthétique au-delà d'une certaine température, relargage de gaz à effet de serre par les zones humides asséchées...).

Depuis l'apparition de la vie sur Terre, il y a quelque 3,8 milliards d'années, le climat et la biodiversité sont ainsi intimement liés et n'ont cessé d'interagir. Avec l'apparition de l'homme, un nouveau facteur est venu s'immiscer dans cet équilibre dynamique planétaire. Le développement des activités humaines, depuis le néolithique (environ -10 000 ans), et plus particulièrement depuis l'ère industrielle (fin du XVIII^e siècle), n'a cessé d'avoir un impact sur la biodiversité dans un premier temps (destruction d'habitats, exploitation des espèces et des ressources...), puis sur le climat (combustion d'énergies fossiles, déforestation...), entraînant le déclin de la biodiversité, un réchauffement climatique et des menaces sur la survie même des sociétés humaines. De ce fait, les crises du climat et de la biodiversité sont étroitement liées, s'accroissent mutuellement, et ont une même origine : les activités économiques humaines. Le climat, la biodiversité et la survie des sociétés humaines qui en dépendent soulèvent des problématiques complexes qui ne pourront se résoudre indépendamment (Figure 1). Cette interconnexion est aujourd'hui recon-

nue, mais dans la pratique, que ce soit par les politiques ou les scientifiques, la prise en compte de ces deux crises aiguës pâtit encore au niveau mondial d'une gestion en « silos » qui peut bloquer l'élaboration d'actions efficaces et adaptées aux deux crises en même temps. Face à l'urgence, ce mode de traitement peut conduire à promouvoir des solutions positives pour l'une des deux crises mais négatives pour l'autre (ex : les cultures de biocarburant, l'afforestation par des monocultures de milieux ouverts, la surexploitation du bois énergie..., si ces mesures peuvent contribuer à l'atténuation des changements climatiques, elles sont souvent délétères pour la biodiversité).

Malgré tout, l'année 2021 a marqué un tournant dans la gestion des deux crises avec le rapprochement du GIEC¹ et de l'IPBES², et la co-production d'un premier rapport international sur la Biodiversité et le Changement climatique avec un message central : « *Limiter le réchauffement climatique pour assurer un climat habitable et protéger la biodiversité sont des objectifs synergiques* » (IPBES-IPCC³, 2021). Le rapport alerte également que « *L'échelle et l'ampleur des transformations pour atteindre les objectifs de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, de la Convention sur la Diversité Biologique, et les Objectifs de Développement Durable requièrent des actions rapides et profondes, d'un type encore jamais tenté* ».

¹ GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

² IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

³ IPCC : Intergovernmental panel on climate change = GIEC en français

La biodiversité et les services écosystémiques

Un changement climatique déjà perceptible sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie

Les effets du changement climatique sont d'ores et déjà à l'œuvre sur le territoire. D'après les données du GIEC de la Métropole Rouen Normandie (Laignel et Nouaceur, 2023), les températures moyennes annuelles ont déjà augmenté d'environ +2,2°C entre 1970 et 2020 sur le territoire (station de Rouen-Boos). Cette tendance est amenée à se poursuivre avec une augmentation de +1°C d'ici 2050 quels que soient les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre ⁴, et de + 1°C à + 4°C d'ici 2100 en fonction des scénarios d'émissions. Le nombre de jours de chaleur (température supérieure ou égale à 25°C) est voué à augmenter entre 20 et 60 jours en moyenne par an en 2100, au lieu de 16 jours en moyenne aujourd'hui. Les températures extrêmes seront également en augmentation, avec un nombre de jours de très forte chaleur (température supérieure ou égale à 35°C) pouvant être multiplié jusqu'à 9 dans le cas d'un scénario pessimiste (RCP 8.5), et le nombre de nuits tropicales (température nocturne supérieure à 20°C) pourrait passer de 6 à 14 nuits en moyenne par an au lieu d'1 durant la période de référence 1976-2005. Cette tendance sera inverse pour les jours de froid (température inférieure ou égale à 0°C) dont les occurrences seraient plus rares, de 30 à 14 jours en moyenne par an au lieu de 43 jours en moyenne actuellement.

En ce qui concerne les précipitations, il n'y aurait que peu d'évolution significative sur le cumul annuel, mais la variabilité interannuelle déjà observée devrait se poursuivre durant tout le XXI^e siècle. Les contrastes seront plus marqués entre les saisons, avec des précipi-

tations plus élevées en hiver et plus faibles en été, pouvant engendrer des périodes de sécheresses plus longues et plus fréquentes (de 27 à 35 jours pour le scénario pessimiste). Les phénomènes de pluies intenses pourraient aussi se renforcer avec une hausse de l'ordre de + 9 % à +15 % dans la Métropole par rapport à la période de référence 1976-2005.

Au sujet des vents forts et des tempêtes, les tendances passées et les projections ne montrent pas d'évolution majeure sur le territoire, mais selon le GIEC (International) l'intensité des cyclones et des tempêtes devrait augmenter dans l'Atlantique Nord (GIEC, 2013). Il est difficile d'estimer l'évolution de ces phénomènes à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie ou de la région.

Méthode et attendus de l'étude

La biodiversité de la Métropole Rouen Normandie subit les mêmes pressions qu'ailleurs sur la planète, et présente des signes de régression. Elle fait l'objet d'une politique de préservation volontariste reconnue en 2023 au niveau national par le label Capitale française de la biodiversité. Mais les conséquences des modifications du climat sur le patrimoine naturel sont comme ailleurs largement méconnues. À l'heure actuelle, il n'existe pas d'étude sur le sujet à cette échelle et elle débute tout juste à l'échelle régionale.

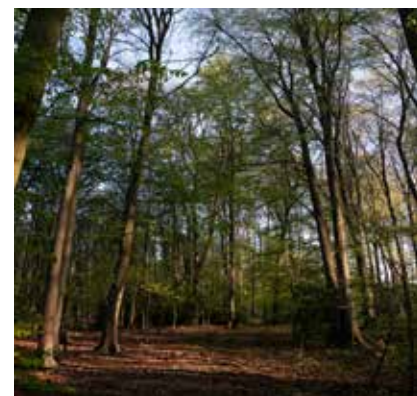
Cette étude s'appuie donc sur les éléments suivants :

- la littérature existante aux niveaux national et international, reprise dans une partie de présentation et de rappel du contexte général des connaissances de l'impact des changements climatiques sur la biodiversité,
- les études existantes sur la biodiversité de la Métropole Rouen Normandie et de la région Normandie (avec un focus particulier sur les « indicateurs de la biodiversité régionale », développés par l'ANBDD et les structures naturalistes régionales),

- des échanges avec 11 intervenants, issus de structures naturalistes ou institutionnelles du territoire.

Les neuf structures contactées, que je remercie grandement pour leur contribution et le temps qu'elles m'ont accordés, sont : les Conservatoires botaniques nationaux de Bailleul et de Brest (Julien Buchet et Catherine Zambettakis), l'Observatoire Batracho-Herpétologique Normand (Mickaël Barrioz), le Conservatoire d'espaces naturels de Normandie (Emmanuel Vochelet, Adrien Simon), le Groupe mammalogique normand (Laetitia Faine), le Groupe d'étude des invertébrés armoricains (Loïc Chéreau), le Parc naturel régional des boucles de la Seine normande (Christelle Steiner), les services biodiversité de la Métropole Rouen Normandie (Audrey Blondel, Guillaume Fresnel), la délégation régionale de l'Office français de la biodiversité (Hélène Michaud).

Ainsi, cette étude a pour objectif de constituer un premier bilan sur les connaissances actuelles des relations entre climat et biodiversité sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, afin de pouvoir initier des premières actions sur la connaissance et la prise en compte des évolutions du climat. Toutefois, elle ne peut être considérée comme exhaustive au regard des données locales disponibles qui restent encore limitées aujourd'hui.



La Forêt du Rouvray, milieu sensible aux changements climatiques à venir
© Alexandre Dudoule

⁴ En fonction des efforts entrepris pour réduire et capturer les émissions mondiales de gaz à effet de serre, les travaux du GIEC 2014 ont classé en 4 familles de scénarios la réponse en termes d'augmentation moyenne des températures à l'échelle de la planète :

- RCP 2.6, scénario optimiste où les réductions des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre sont les plus drastiques et qui permet de limiter le réchauffement moyen de la planète à + 1,8 °C d'ici 2100.

- RCP 4.5, scénario médian, où les émissions se poursuivent après 2050 mais se stabilisent avant 2100. Réchauffement moyen de la planète estimé à + 2,7 °C

- RCP 6.0, scénario intermédiaire où la trajectoire des émissions croît encore après 2100 mais se stabilise avant 2150. Réchauffement moyen de la planète estimé à + 3,6 °C

- RCP 8.5, scénario le plus pessimiste, où les émissions et les concentrations ne cessent de croître. Il s'agit du scénario pour lequel aucune politique climatique d'envergure n'est réalisée. Réchauffement moyen de la planète estimé à + 4,4 °C

Le terme biodiversité correspond à la contraction de « *biological diversity* ». Il est d'invention récente, au cours des années 1980, mais il est vraiment popularisé en 1992 lors du sommet de la Terre à Rio de Janeiro. Ce sommet marque le début de la prise de conscience à une échelle planétaire de la dégradation de la nature et présente la première définition internationale de la biodiversité : « *La biodiversité est la variabilité des êtres vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie : cela comprend la diversité au sein des espèces, ainsi que celle des écosystèmes.* » (Art. 2 de la Convention sur la Diversité Biologique de 1992). Cette définition est depuis régulièrement enrichie, notamment par les travaux de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), et plus récemment de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), pour aboutir aujourd'hui à la description suivante :

La biodiversité désigne l'ensemble des formes de vie présentes sur Terre (plantes, animaux, bactéries, champignons...) et leurs milieux. Le terme biodiversité ne se limite cependant pas à la somme des êtres vivants car il intègre également l'ensemble des interactions des êtres vivants entre eux et avec leurs milieux de vie (IPBES, 2019).

La biodiversité intègre plusieurs niveaux de diversité, emboîtés et interdépendants :

- La diversité génétique : définie par la variabilité des gènes au sein d'une même espèce (ex : les variétés de pommes, les races de chiens, la couleur des yeux...), la diversité génétique au sein d'une population est essentielle pour permettre aux espèces de s'adapter aux modifications de leur environnement ;
- La diversité spécifique : correspondant à la diversité des espèces vivantes (ex : *Homo sapiens*, *Viola hispida*...), la diversité spécifique est la plus connue et la plus utilisée pour tous les indicateurs du vivant. Elle est basée sur l'unité de base de la systématique (l'espèce) ;
- La diversité écosystémique : définie par la diversité de tous les milieux de vie de la planète ou écosystèmes, à toutes les échelles (ex : une mare, une forêt, un océan...). C'est au niveau des écosystèmes que se situe la diversité des interactions des êtres vivants entre eux, entre populations et avec leur environnement ;
- La diversité fonctionnelle : il s'agit de la notion la plus récente prise en compte dans la description de la biodiversité. Elle corres-

pond à la diversité des traits fonctionnels des espèces (taille des individus, nombre de graines, fréquence des reproductions, etc.) qui peuvent varier selon les écosystèmes et avoir des effets différents sur leur fonctionnement (ex : la superficie des feuilles des arbres peut varier en fonction de la température et de la luminosité locale, ce qui aura en retour un effet sur les capacités photosynthétiques de l'espèce et le taux d'émission d'oxygène et de captation de carbone).

L'indicateur sur la biodiversité le plus employé est le nombre d'espèces qui permet des comparaisons dans le temps et entre territoires. L'IPBES évalue aujourd'hui à 1,8 million le nombre d'espèces connues, et entre 8,5 à 20 millions le nombre d'espèces présentes sur terre, voire 100 millions pour les estimations les plus larges (IPBES, 2019) (Figure 2). Parmi ces espèces, seules 150388 sont suivies (Liste Rouge UICN, 2022).

Au-delà de sa valeur intrinsèque, la biodiversité procure des biens et des services indispensables et irremplaçables à l'humanité. Ces services rendus par la nature, également appelés services écosystémiques, s'appuient sur les fonctions écologiques des espèces et sont répartis en quatre catégories (MEA, 2005) :

- Les services d'approvisionnement concernent l'ensemble des produits et matériaux tirés des écosystèmes (nourriture, eau douce, combustibles, matériaux de construction, ressources médicinales, biochimiques et génétiques...).

Ex : 2 milliards de personnes dépendent du bois pour leur besoin énergétique, 70 % des médicaments utilisés pour traiter les cancers sont issus de produits naturels (IPBES, 2019) ;

- Les services de régulation s'appuient sur le bon fonctionnement des écosystèmes, et constituent des avantages intangibles (régulation du climat via la séquestration et le stoc-

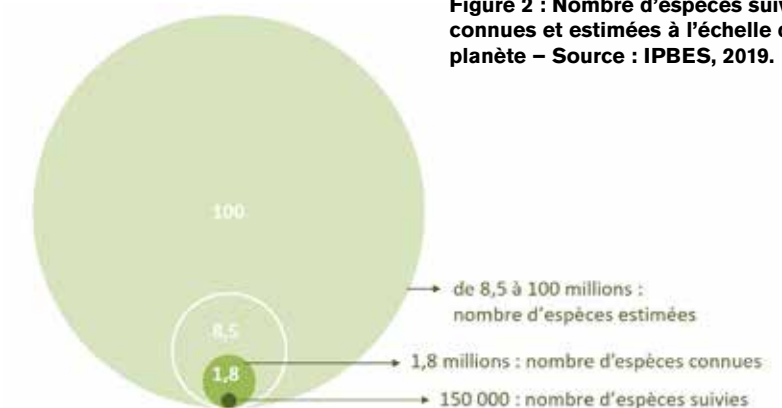
kage du carbone et la production d'oxygène, régulation des inondations, prévention de l'érosion des sols, pollinisation, maintien de la fertilité du sol, épuration de l'eau, protection des littoraux...). Ex : 75 % des cultures alimentaires mondiales (dont quelques-unes des principales cultures commerciales telles que le café, le chocolat, les amandes, les oranges) reposent sur la pollinisation animale, 60 % des émissions mondiales de carbone d'origine anthropique, soit 5,6 gigatonnes, sont séquestrées par les écosystèmes marins et terrestres (IPBES, 2019) ;

- Les services socio-culturels renvoient aux bénéfices immatériels que les humains retirent des écosystèmes (loisirs et tourisme, santé physique et mentale, appréciation esthétique, sources d'inspiration, expériences spirituelles) ;

- Les services de soutien (ou services de support) désignent les processus nécessaires aux autres services (photosynthèse, formation des sols, cycles de l'azote, du carbone et de l'eau, diversité génétique, fourniture d'habitats aux espèces...).

Ces contributions de la biodiversité aux populations humaines sont interdépendantes. Donner la priorité à l'une peut provoquer des changements écologiques préjudiciables à d'autres. L'augmentation de la production alimentaire par exemple (qui a triplé en valeur depuis 1970) se fait au détriment d'autres services : dégradation des sols, réduction de la pollinisation (déclin rapide des pollinisateurs), pollution de l'eau, etc. La dégradation des terres a entraîné une réduction de la productivité agricole sur 23 % de la surface terrestre, et des déficits de récolte d'une valeur comprise entre 235 et 577 milliards de dollars risquent de survenir chaque année à la suite de la disparition des pollinisateurs (IPBES, 2019).

Figure 2 : Nombre d'espèces suivies, connues et estimées à l'échelle de la planète – Source : IPBES, 2019.



L'effondrement de la biodiversité

Un constat sans appel

La biodiversité est vitale pour les sociétés humaines, et pourtant aujourd'hui le constat est sans appel : la biodiversité décline à un rythme sans précédent à l'échelle de la planète. De nombreuses espèces et écosystèmes disparaissent ou ont déjà disparu, dans une proportion telle que les scientifiques s'accordent pour dire que nous sommes à l'aube d'une sixième extinction de masse. La biodiversité a déjà fait face à plusieurs crises d'extinction (Figure 3), mais celle d'aujourd'hui se caractérise par un rythme d'extinction 10 à 1 000 fois plus rapide que le rythme naturel, et elle n'est causée que par une seule espèce : l'espèce humaine (IPBES, 2019). Au rythme actuel, 1 million d'espèces animales et végétales, soit 1 sur 8, risquent de disparaître à brève échéance, et 75 % vont disparaître d'ici 500 ans. La perte de 75 % des espèces sur une période courte correspond à la définition d'une crise d'extinction massive d'espèces à l'échelle de la planète, tandis que les crises précédentes se sont déroulées sur plusieurs milliers, voire millions d'années.

La disparition des espèces et des milieux compromet gravement le fonctionnement et la résilience des écosystèmes, et par conséquent leur capacité à fournir des services écosystémiques pour les générations actuelles et futures. Aujourd'hui, 80 % des zones humides ont disparu depuis les années 1700 (35 % depuis 1970), 75 % du milieu terrestre est « sévèrement altéré », 100 % des forêts tropicales pourraient disparaître d'ici 50 à 70 ans au rythme actuel de la déforestation, 68 % des populations de vertébrés ont disparu en moins de 50 ans (entre 1970 et 2016), 41 % des amphibiens risquent de disparaître à brève échéance et 40 % des insectes sont en déclin (Figure 4) (IPBES 2019 ; UICN 2022 ; WWF, 2022).

Figure 4 : La disparition du vivant – Source : IPBES, 2019.

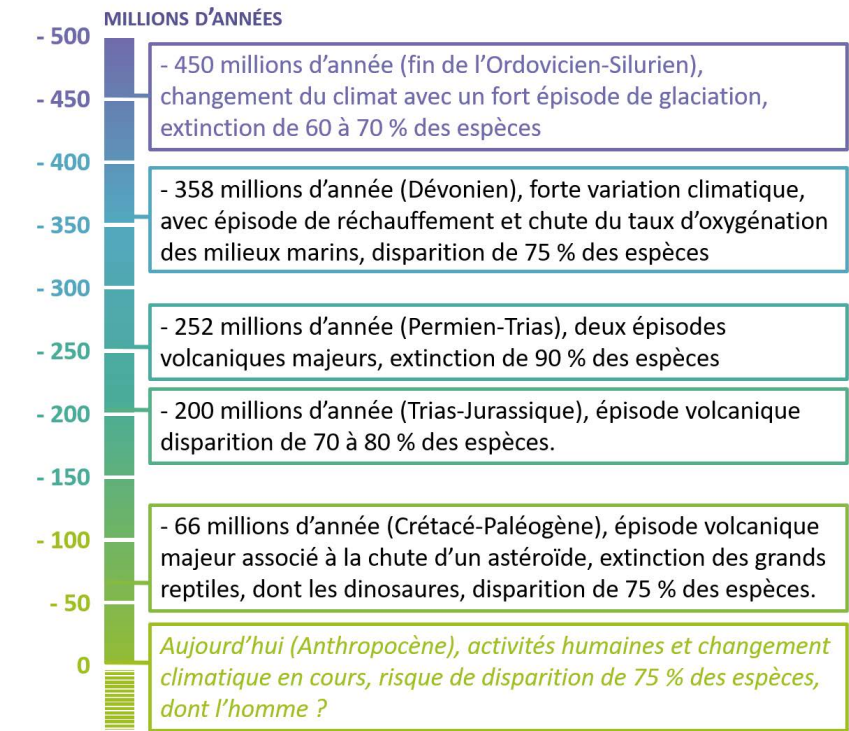
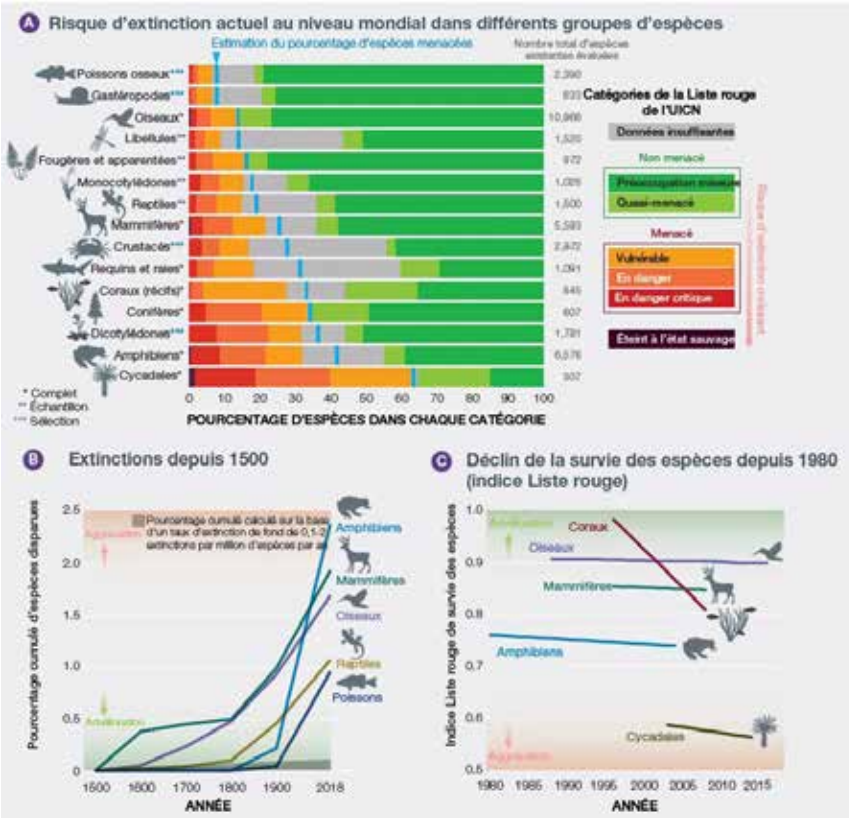


Figure 3 : Les cinq grandes crises connues de l'extinction du vivant. Deux sont dues à des changements climatiques, trois à l'activité tectonique terrestre, et elles se sont étalées sur 1 à 2 millions d'années (exceptée celle du Trias qui a duré 17 millions d'années). La sixième est en cours. – Source : Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), 2022, figure adaptée par l'autrice (2024).



En France, la situation est similaire car selon l'Observatoire national de la biodiversité, 8 % des espèces ont disparu et 78 % des habitats sont dans un état de conservation défavorable. L'analyse des Listes rouges nationales par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) a permis de révéler que 17,6 % des espèces évaluées sont menacées (soit 2 430 espèces) (INPN, 2021). En Normandie, ce sont 5 % des espèces de la faune évaluées qui ont disparu, et 35 % sont menacées ou quasi menacées de disparition (ANBDD, 2023). Cette perte de diversité touche les espèces sauvages, mais également les domestiquées ou traditionnellement sélectionnées par l'homme pour l'agriculture, ce qui limite les capacités d'adaptation des espèces, la résilience et la fonctionnalité des milieux naturels et la production de ressources alimentaires (FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2019).

Les causes du déclin de la biodiversité

Les causes de l'effondrement de la biodiversité résultent toutes des activités humaines. L'IPBES, en mai 2019, a produit sa première évaluation planétaire sur la biodiversité dans laquelle elle a identifié et évalué cinq grandes causes majeures de la disparition de la biodiversité (Figure 5).

- La destruction et l'artificialisation des milieux naturels : évaluée à 34 % des atteintes à la biodiversité, elle est la cause principale de la destruction et du morcellement des écosystèmes. Elle est essentiellement liée à la croissance de l'urbanisation (doublement des surfaces urbanisées depuis 1992), l'expansion des terres agricoles (33 % de la surface terrestre est consacrée à la culture ou l'élevage), le développement des infrastructures, etc.

- La surexploitation des ressources naturelles et le trafic illégal d'espèces : avec 23 % des impacts, elle correspond en priorité à la surpêche, l'exploitation forestière (depuis 1970, la récolte de bois brut a augmenté de 45 %), la chasse et le commerce illégal d'espèces menacées de faune ou de flore, etc.



FIGURE 5 : Les causes du déclin de la biodiversité – Source : IPBES, 2019.



L'artificialisation et l'uniformisation des paysages par l'extension de l'agriculture intensive sont l'une des causes de la disparition de la biodiversité. © Alexandre Dudouelle

- Le changement climatique global : évalué à 14 % des atteintes à la biodiversité, sa proportion a très fortement progressé. Il ne représentait encore que 4 % des causes de disparition dans les dernières estimations (il y a 10 à 15 ans), et il devrait devenir la principale cause de disparition des espèces dans les décennies à venir. Ce facteur est venu s'ajouter à une biodiversité déjà en mauvais état de conservation et renforce les autres facteurs de disparition. Le changement climatique impacte les cycles de vie de l'ensemble des êtres vivants, entraînant la modification de la répartition des espèces, la disparition d'espèces, des modifications de phénologie, des disparitions d'habitats, l'acidification des océans, l'assèchement des zones humides, etc.

- Les pollutions des océans, des eaux douces, du sol et de l'air : évaluées à 14 % des impacts, elles sont liées à l'usage croissant de pesticides, engrais, solvants, plastiques, qui affectent pour longtemps la santé des espèces et des écosystèmes. Elles peuvent également être lumineuses et sonores (éclairage public, trafic routier/ferroviaire, chantiers, etc.).

- L'introduction d'espèces exotiques envahissantes : 11 % des impacts, certains organismes (animal, végétal, virus, bactérie, etc.) introduits volontairement ou non par l'humain hors de leur aire de répartition peuvent avoir un effet délétère sur les écosystèmes locaux (prolifération, concurrence, maladie, modification d'habitat, etc.).

Les conséquences du changement climatique sur la biodiversité

Le changement climatique est déjà effectif (+1,1 °C à la surface du globe depuis 150 ans, augmentation de 20 cm du niveau de la mer depuis 100 ans ; GIEC, 2013 et 2018), et ses impacts sont déjà mesurables sur la biodiversité et les écosystèmes. Le principal impact du changement climatique sur la biodiversité est lié au fait que l'activité physiologique des êtres vivants ne peut avoir lieu que dans une gamme de température assez restreinte, de quelques dizaines de degrés, et qu'elle diffère d'une espèce à l'autre. En quelques décennies, le changement climatique est devenu le troisième facteur directement impliqué dans l'érosion de la biodiversité, et deviendra le premier au cours du siècle si rien n'est fait pour contenir les émissions de gaz à effet de serre (IPBES, 2019).

Indirectement, il amplifiera et alimentera les autres facteurs du déclin de la biodiversité et aura un effet sur tous les milieux naturels de la planète. Cependant, les réponses de la biodiversité sont encore loin d'être connues. Les espèces se sont adaptées aux changements climatiques tout au long des temps géologiques mais sur des périodes de plusieurs milliers d'années. Il n'existe aucune référence historique d'un changement aussi brutal sur quelques dizaines d'années. Par ailleurs, du fait de l'imbrication des différentes causes du déclin de la biodiversité, il est difficile d'isoler les effets directement imputables au changement climatique. Aux niveaux mondial et national, les études sur ce sujet progressent mais elles portent plus particulièrement sur les espèces cultivées ou forestières. Les impacts peuvent néanmoins être répartis en quatre grandes catégories :

- Les impacts directs imputés aux évolutions des constantes du climat : augmentation de la température, modification du régime des pluies, baisse des jours de gel, augmentation des événements extrêmes (inondations, canicules, tempêtes...), etc.
- Les impacts indirects liés à la disparition ou la destruction d'habitats : submersion par l'élévation des niveaux d'eau, érosion et arrachage des sols, etc.
- Les impacts aggravants issus des autres facteurs d'érosion de la biodiversité : facilitation de la propagation des espèces thermophiles pathogènes ou exotiques envahissantes, la concentration des polluants dans les milieux aquatiques, l'absence de corridors écologiques, etc.
- Les effets induits résultant des réponses des sociétés humaines pour s'adapter aux changements climatiques : surexploitation des forêts et de la ressource en bois (afin de

remplacer les énergies fossiles), implantation incontrôlée d'infrastructures liées aux énergies renouvelables sur des milieux naturels, intensification des cultures de biocarburants, étalement urbain sur les zones les plus habitables de la planète, etc.

Ces impacts vont influencer directement et profondément les cycles de développement des espèces, et auront des conséquences majeures sur leur croissance, leur reproduction, leur survie et leur compétitivité au sein d'un écosystème. Les impacts directs auront notamment des effets immédiats sur la physiologie des espèces, remettant en cause leur capacité à vivre ou survivre dans un secteur donné. Les autres impacts auront, quant à eux, un effet sur la dégradation ou la disparition des habitats des espèces.

Les réponses des espèces à ces nouvelles conditions climatiques et environnementales dans un lieu donné seront très variables en fonction de leurs exigences écologiques, de leur résistance au stress et de leurs capacités d'adaptation (Lavorel et al., 2015). Elles peuvent se traduire de différentes façons :

- La migration des espèces et le déplacement des aires de répartition

Les espèces peuvent se soustraire à la pression du changement climatique ou à la disparition de leur habitat en se déplaçant vers des territoires dont le climat reste ou devient favorable à leur cycle de vie. Les espèces remontent ou étendent ainsi leur aire de répartition vers les pôles (en régions de plaines comme la Normandie) ou vers les sommets des montagnes. À ce jour, en simplifiant les effets topographiques, 1° C en plus de la température moyenne annuelle correspond à un déplacement d'environ 100 à 150 km vers le nord ou de 200 m en altitude des lignes isothermes (lignes fictives reliant les points ayant la même température moyenne). Certaines espèces parviennent à se déplacer au rythme des isothermes. À titre d'exemple, la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) remonte vers le nord de la France à la vitesse moyenne de 5,5 km/an depuis le début des années 1990 (Battisti et al. 2005). Elle n'est encore relevée que ponctuellement sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie (commune de Cléon), mais alors qu'elle n'était présente que sur le littoral aquitain il y a 30 ans, elle a commencé à coloniser le sud de la Normandie il y a déjà une dizaine d'années. Le papillon Comma (*Hesperia comma*), commun sur les coteaux de la Métropole Rouen Normandie

a progressé de 220 km en 20 ans en Angleterre, jusqu'à atteindre l'Écosse d'où il avait toujours été absent. Les vitesses de déplacement sont extrêmement variables d'une espèce à l'autre (Figure 6). Les études récentes l'estiment à 1 km/an en moyenne pour les espèces terrestres (avec un record pour les insectes à 18 km/an en moyenne), et 6 km/an en moyenne pour les espèces marines (Lenoir J., 2022).

Mais cette expansion des aires de répartition vers les hautes latitudes se heurte à plusieurs difficultés. La température moyenne n'est pas le seul paramètre climatique qui influe sur le cycle de vie des organismes car il faut également tenir compte des autres aléas qui auront autant d'incidences (pic de températures, diminution des jours de gel, etc.). Les activités humaines fragmentent et isolent les habitats naturels, ce qui entrave la possibilité de redistribution des espèces (comme le montre les différences de vitesses de progression entre les espèces marines et terrestres). Le maintien et la restauration de corridors écologiques viables sont primordiaux dans ce contexte pour limiter les disparitions locales d'espèces. Celles qui ont les capacités de se déplacer ne sont par ailleurs pas assurées de retrouver un habitat propice à les accueillir. Le maintien d'un maillage d'habitats en bon état de conservation, d'habitats de substitution à proximité des milieux voués à disparaître, et la diminution de toutes les formes de pressions sur la biodiversité sont également essentiels pour que les territoires puissent accueillir de nouvelles espèces. Enfin, de nombreuses espèces n'ont pas les capacités de migrer aussi vite que les conditions climatiques comme c'est le cas pour un grand nombre d'espèces floristiques ou d'amphibiens (Figure 6). Les espèces dont la vitesse maximale de dissémination est inférieure à celle du climat et qui ne peuvent s'adapter ne seront pas en mesure de survivre au réchauffement, à défaut d'une éventuelle intervention humaine (GIEC, 2014). Cependant, la migration assistée par l'homme a un coût important comme le montre les expériences récentes de réintroduction dont les résultats restent aléatoires. En dehors des programmes de conservation d'espèces en voie d'extinction, la migration assistée est actuellement réservée à des espèces d'intérêt économique (en foresterie).

Les différences de vitesses de migration vont entraîner des disparitions d'espèces, de fortes variations dans l'abondance des populations, et l'installation de nouvelles espèces, etc. et auront pour conséquences de profondément

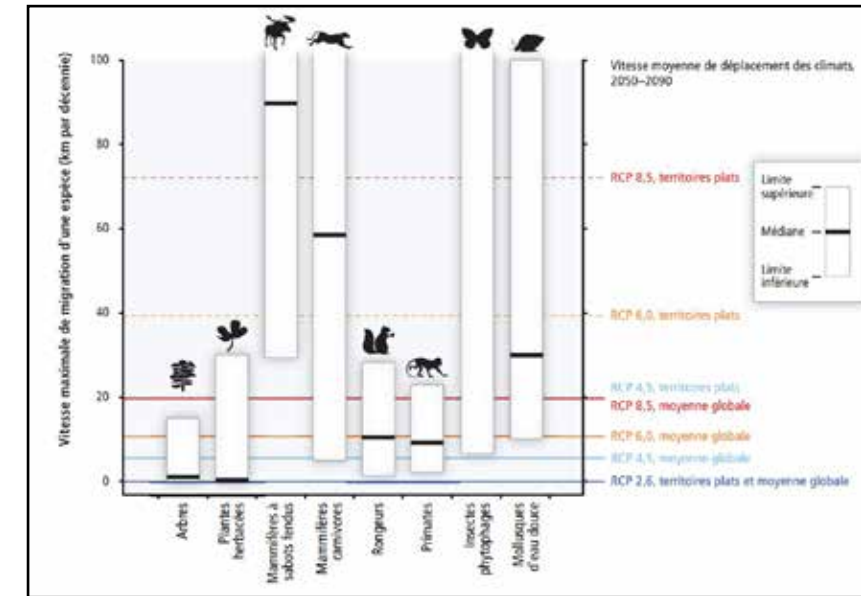


Figure 6 : Comparaison de la vitesse maximale de migration des espèces à travers les paysages (fondée sur des données d'observation et de modélisation; axe vertical de gauche) et de la vitesse d'évolution projetée des conditions de température (vitesse à laquelle on prévoit que les isothermes se déplaceront; axe vertical de droite) pour les scénarios RCP 2.6, 4.5, 6.0 et 8.5 pour la période 2050-2090. Les lignes horizontales indiquent la vitesse moyenne de déplacement des climats sur les terres émergées du globe, et la vitesse de ces déplacements sur les territoires plats. – Source : GIEC, 2014.

remanier la composition et le fonctionnement des écosystèmes locaux, perturbant les chaînes alimentaires, les concurrences interspécifiques et le fonctionnement même des écosystèmes. Ces effets sont actuellement très méconnus et ne font pas encore l'objet d'études.

- Le maintien des espèces locales et l'adaptation phénologique

Les changements climatiques auront des impacts sur la physiologie (modification des comportements alimentaires, de l'activité reproductive, etc.) pour s'adapter à des conditions plus chaudes et sèches, et sur la phénologie des organismes vivants (à savoir le calendrier d'apparition d'événements périodiques déterminés par les variations saisonnières du climat). Selon l'amplitude écologique des espèces, qui dépend de la diversité de l'expression de leurs gènes, celles-ci pourront adapter en partie leur cycle de vie aux nouvelles conditions (modification des dates de migrations, de floraison, d'éclosion des œufs, etc.). À titre d'exemples, les Hirondelles de fenêtre (*Delichon urbicum*) arrivent 18 jours plus tôt au printemps qu'il y a 50 ans en Normandie (GONm, 2020 – Figure 7); pour les chênes sessiles (*Quercus petraea*) et pédonculés (*Quercus robur*), la période de dormance (période d'activité réduite pendant la période froide) est raccourcie en France, avec un débourrage des bourgeons en avance d'un mois par rapport aux années antérieures à 1960 et

une chute des feuilles à l'automne retardée de 15 jours.

Les espèces dites ubiquistes (présentes dans plusieurs biotopes tout en occupant des niches écologiques variées et ayant une distribution géographique étendue) seront également favorisées pour se maintenir dans les habitats.

Les espèces ayant une plus grande plasticité phénologique adaptative seront les plus à même de se maintenir dans leurs secteurs.

Ces adaptations phénologiques peuvent présenter des avantages (croissance plus rapide, augmentation de la taille des feuilles, etc.) mais elles possèdent des limites et dépendent

de la taille, de la diversité génétique, et du positionnement des populations dans leur aire de répartition. Elles peuvent par ailleurs entraîner des effets en cascade et provoquer jusqu'à des extinctions d'espèces. L'allongement de la période de croissance des plantes pérennes peut augmenter le stress hydrique de la végétation, car celle-ci épuise les réserves d'eau du sol plus rapidement, la rendant plus fragile à des sécheresses estivales accrues. L'apparition précoce des feuilles et/ou des fleurs augmente les risques de dépérissement liés au gel tardif de printemps. Les modifications dans le cycle de développement des espèces impactent également les interactions entre espèces, notamment au niveau des chaînes trophiques. Les modifications des cycles ne s'effectuent pas de la même façon chez les différentes espèces, celles-ci n'étant pas sensibles de la même façon à la température. Ainsi les cycles se désynchronisent et les chaînes trophiques se rompent, pouvant provoquer des extinctions d'espèces. Par exemple, le Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*), un passereau migrateur insectivore, était de retour en France autour de la mi-mai, date vraisemblablement calée sur la photopériode, permettant un nourrissage des petits qui coïncidait normalement avec le pic de pullulation des chenilles qui se produit à la mi-juin. Mais lorsque les printemps sont chauds, la période de nourrissage des jeunes est en retard par rapport au pic d'abondance des chenilles qui intervient plus tôt car ces dernières synchronisent leur cycle sur le débourrage des feuilles, lui-même dépendant de la température, entraînant ainsi des mortalités accrues des oisillons. Depuis 1995, le Gobemouche noir semble cependant avoir avancé sa ponte d'une dizaine de jours (Both et al., 2006).



Figure 7 : Extrait du Biodiv'Hebdo n° 1 de l'ANBDD - Source : ANBDD, 2020

- L'adaptation génétique

Le changement climatique peut engendrer des évolutions génétiques mieux adaptées aux conditions locales sous l'effet de la sélection naturelle chez les espèces. Mais cette évolution nécessite de nombreuses générations successives, et des espèces dont la taille des populations et la diversité génétique sont élevées. Des premières adaptations climatiques ont ainsi pu être documentées chez une espèce de moustique (Bradshaw and Holzapfel, 2008). Or, le moustique est une espèce qui a un temps de génération extrêmement court avec plusieurs générations par an. Toutes les espèces sont loin de remplir ces conditions. En effet, nombreuses sont celles qui ont des temps de génération très longs, comme les grands mammifères ou les arbres. Les modifications actuelles du climat sont donc trop rapides pour laisser le temps à la majorité des espèces d'évoluer. D'autant plus que la diversité génétique est souvent faible chez les espèces en raréfaction et les espèces dont la superficie des habitats est réduite (notamment par les activités humaines) (Allentoft and Brien, 2010). Ces évolutions génétiques sont le plus souvent irréversibles.

- L'extinction

Les espèces pour lesquelles les capacités d'adaptation et de dispersion sont trop faibles ou trop lentes sont fortement menacées de disparition locale ou globale. Les plus menacées sont les espèces dites spécialistes (dont les niches écologiques sont très limitées), celles situées en limite de leur aire de répartition ou isolées. Les modèles scientifiques prévoient que même si les phénomènes d'extinction d'espèces seront majoritairement locaux (à l'échelle d'une région), le taux d'extinction global sera lui aussi en forte augmentation, avec un taux de 5 % pour un réchauffement de 2 °C et de 16 % pour un réchauffement de 4°C (Diaz et al., 2019). En ce qui concerne la Métropole Rouen Normandie, les modèles prévoient également une aggravation forte des dépérissements forestiers en zone tempérée-boréale.



Impact de l'augmentation des jours de canicule sur les prairies normandes
© Carine Douville



Le marais du Trait – Les zones humides représentent l'un des atouts de la Métropole de Rouen pour la préservation de la biodiversité et du climat.
© Carine Douville



La Nielle des blés, le Chrysanthème des moissons et le Bleuet des champs, trois espèces messicoles présentes sur le territoire de la Métropole et bien adaptées à l'augmentation de la température. © Carine Douville

La biodiversité du territoire de la Métropole Rouen Normandie et sa vulnérabilité face aux changements climatiques

Le territoire de la Métropole Rouen Normandie bénéficie d'un patrimoine naturel encore riche et diversifié, malgré la présence d'un gros pôle urbain et industriel (le premier de Normandie). La nature de son patrimoine biologique est intimement liée à son histoire géologique et l'omniprésence sur le territoire du second plus grand fleuve de France, la Seine.

Le contexte géologique et paysager

La Métropole Rouen Normandie est positionnée sur l'assise géologique du Bassin parisien, vaste plateau crayeux essentiellement formé au cours du Crétacé supérieur (à la fin de l'ère secondaire, entre -100 et -70 millions d'années). À cette époque, une mer peu profonde recouvre la Normandie, dans laquelle des quantités importantes de micro-organismes calcaires se sont déposées pour aboutir à la formation de la craie. Celle-ci est une roche sédimentaire calcaire, tendre, friable et particulièrement perméable, ce qui explique entre autres le nombre limité de cours d'eau sur le territoire de la Métropole. Le sous-sol crayeux favorise l'infiltration au détriment du ruissellement de surface. À la suite des phénomènes érosifs plus récents, cette craie est aujourd'hui affleurante et visible tout le long des coteaux crayeux de la vallée de la Seine. Il s'agit essentiellement de la craie du Turonien, substrat de prédilection (et quasiment exclusif) de la célèbre Violette de Rouen (*Viola hispida*), puis ponctuellement vers l'est du territoire de la craie du Cénomani.

Avec le retrait progressif de la mer et l'émergence des terres (au cours de l'ère tertiaire, entre -70 et -7 millions d'années), la craie se recouvre d'un manteau d'altération constitué d'argiles à silex d'épaisseurs variables (de quelques mètres à une dizaine) que l'on retrouve aujourd'hui sur les plateaux. Le début de la dernière ère, le quaternaire (-1,8 millions d'années), marque le début de l'édification des reliefs du territoire tels que nous les connaissons aujourd'hui. Sous l'influence des mouvements tectoniques (entraînant le soulèvement du plateau crayeux), de l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires, des

variations du niveau marin et de l'amplitude des débits, la Seine et ses affluents creusent de profondes vallées. Les vents violents épandent, depuis la Manche émergée, sur les plateaux ou les versants sous le vent, une couche de matériaux fins, les limons, également appelés loess. Ils font aujourd'hui la fertilité des terres agricoles des plateaux de la Métropole. La faible pente générale de la vallée de la Seine a engendré la formation de nombreux méandres, dont cinq sont aujourd'hui présents sur la Métropole. Ils sont constitués d'une succession remarquable de rives concaves et de lobes convexes (Figure 8).

Le creusement du substrat crayeux sur les rives concaves a donné naissance aux reliefs abrupts des coteaux crayeux, également appelés pinacles, sur lesquels se sont développées des pelouses sèches très riches en espèces d'intérêt patrimonial de la flore et de la faune : les coteaux d'Orival, de Saint-Adrien, de Duclair... À ces phénomènes de sapement et déblaiement des matériaux par le fleuve impétueux, sont venus s'ajouter des effets liés aux cycles de gel et de dégel prononcés, tout particulièrement sur les adrets, entraînant la formation de dépôts sur les pentes de craie gélifractées. Ces formations, appelées en géologie prèles ou grèzes, sont plus connues dans la région sous le nom d'éboulis mobiles, et abritent des habitats naturels remarquables endémiques de la France et de l'Angleterre et protégés au niveau européen. Ils hébergent la Violette de Rouen, mais également d'autres raretés comme l'Ibérie intermédiaire (*Iberis intermedia* *sup.* *intermedia*) ou le Gaillat de Fleurot (*Galium fleurotii*). Ces coteaux crayeux constituent les paysages et les milieux naturels les plus emblématiques du territoire de la Métropole Rouen Normandie.



Un pinacle crayeux sur les coteaux de Saint-Adrien et des îles de la Seine en contrebas à Belbeuf – © Alexandre Dudouelle

Tout en creusant le plateau crayeux sur les rives concaves des méandres, la Seine a déposé sur les rives convexes des alluvions sableuses et graveleuses, issus de matériaux arrachés sur son parcours. Suivant le rythme des oscillations climatiques, le débit de la Seine a fortement fluctué, entraînant à l'échelle de la région la formation d'un ensemble complexe de terrasses composé de quatre niveaux majeurs emboîtés. Les plus anciennes terrasses, et les plus élevées d'un point de vue topographique, sont également les plus éloignées du fleuve (Figure 8). Ces hautes terrasses sont constituées de caillou-



Figure 8 : Coupe schématique d'un méandre de la Seine – Source : figure adaptée de CBNBL, 2015.



Les coteaux calcicoles, la plaine alluviale, la Seine et les terrasses alluvionnaires à Saint-Martin-de-Boscherville – © Alexandre Dudouble

tis grossiers et de silex, et sont recouvertes aujourd'hui par les grands massifs forestiers (Rouvray, Roumare). Les moyennes et basses terrasses sont plutôt constituées d'éléments plus fins, de type sable et gravier, abritant des formations de pelouses et de landes sèches silicicoles exceptionnelles d'un point de vue du patrimoine naturel, mais également fortement dégradées et menacées par l'activité d'extraction de matériaux ou l'étalement urbain (favorisé par le relief très plat de ces formations alluviales). Ces habitats sont à l'état relictuel aujourd'hui sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie. On les retrouve par exemple sur la boucle d'Anneville-Ambourville ou la rive gauche de Rouen.

Cette entité géomorphologique fait figure d'exception en Europe, la vallée de la Seine étant décrite comme l'un des plus beaux emboîtements de terrasses alluviales quaternaires de l'Ouest de l'Europe (CBNBL, 2015). La responsabilité en termes de préservation de ces paysages et de ces milieux naturels est d'autant plus forte pour toutes les collectivités qui s'y sont développées.

Les alluvions déposées plus récemment par les crues actuelles ou d'un passé proche, également nommées alluvions modernes et de composition granulométrique plus fine (sables, graves, argiles), sont les plus proches du lit mineur de la Seine et constituent la plaine alluviale. Celle-ci est soumise à des inondations régulières et constitue le lit majeur de la Seine. Elle accueille des secteurs de marais, de tourbières relictuelles et de prairies humides d'un très grand intérêt patrimonial (Marais du Trait, Marais de Jumieges, Marais de Saint-Wandrille...).

La Seine s'est assagie au fil du temps, devenant moins puissante et réduisant les phénomènes d'érosion. Par ailleurs, la très faible pente de la vallée permet aux marées, encore aujourd'hui, de se faire ressentir sur tout le territoire de la Métropole et au-delà jusqu'au barrage de Poses dans l'Eure.

Mais le lit et la vallée du fleuve ont surtout été profondément modifiés par l'Homme au cours des deux derniers siècles. Afin de permettre la navigation et de favoriser les développements urbain, portuaire et industriel, de nombreux aménagements ont été réalisés dans le but de fixer les berges et d'approfondir la Seine (construction de digues, approfondissement du chenal de navigation, rectification du tracé, arasement d'îles, etc.). Ces aménagements n'ont pas été sans conséquences sur les milieux naturels. Depuis, la Seine a ainsi été en grande partie déconnectée de son lit majeur et de sa plaine d'inondation qui ne peut plus jouer son rôle naturel de zone d'expansion de crue, et qui entraîne également l'assèchement et la disparition des zones humides et aquatiques adjacentes. Cette compartimentation de la Seine perturbe son fonctionnement hydraulique et écologique. Par ailleurs, alors que la Seine présentait un indice de tressage (nombre de chenaux et d'îles présents sur le fleuve) très élevé avant 1850, la majorité des îles et des bras morts ont aujourd'hui disparu. Il ne reste plus une seule île en aval de Rouen, et quasiment plus de berges naturelles. En amont de Rouen, il subsiste une petite vingtaine d'îles en Seine-Maritime, toutes situées sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, et quelques kilomètres de berges naturelles. Ces secteurs abritent un patrimoine naturel important constitué de vasières, de forêts alluviales, etc. habitats protégés au niveau européen et abritant de nombreuses espèces rares et protégées. Ces îles représentent les derniers milieux fluviaux naturels relictuels encore soumis au régime des marées. À ce jour, ces milieux sont encore en évolution. La Seine, par manque de puissance, est toujours en phase d'alluvionnement, ce qui favorise la formation de hauts-fonds, de vasières et d'îles. La forme et le nombre des îles varient au fil du temps, et elles se déplacent de l'amont vers l'aval, entraînant la naissance de nouvelles îles, la fusion avec la berge (ex : l'île Adam) ou la fu-

sion entre elles (ex : les îles Merdray et Bras Fallay) (Syndicat mixte de gestion de la Seine Normandie, 2023).

La présence du fleuve apporte de la connectivité sur l'ensemble du territoire entre les différents milieux. En effet, la Seine est un corridor écologique privilégié pour un grand nombre d'espèces. Cependant, elle représente aussi un obstacle majeur pour la mobilité d'autres espèces terrestres.

L'ensemble de ces contextes fournit donc à la faune et à la flore, par la variété des pentes, des affleurements géologiques, des sols et des expositions, une très grande diversité de biotopes à l'origine de la richesse du patrimoine naturel.

L'arrivée de l'Homme sur le territoire, très récente à l'échelle géologique (les traces de l'Homme de Tourville-la-Rivière sont les plus anciennes retrouvées dans le secteur et sont estimées à environ 200 000 ans) a également fortement façonné les paysages, des premiers déboisements, aux premières carrières, à l'implantation des réseaux de transport et au développement urbain, en passant par l'agriculture, etc.... Les activités humaines, passées et actuelles, ont ainsi très fortement impacté la biodiversité du territoire pour le meilleur (diversification des milieux : création de mares, pelouses pâturées, bocage, etc.), et pour le pire (destruction, fragmentation et pollution des milieux, introduction d'espèces exotiques envahissantes, banalisation des cortèges, etc.).

Les milieux naturels

Il n'existe plus sur la Terre de milieux véritablement vierges des effets directs ou indirects de l'activité humaine. La notion de milieux naturels utilisée dans ce document s'applique donc à des espaces qui ont la capacité de maintenir des communautés viables d'espèces indigènes, selon des configurations naturelles, et dont l'évolution est relativement indépendante des interventions humaines (Triplet, 2020). Il reste néanmoins très difficile de mettre une limite à partir de laquelle l'influence humaine devient trop forte pour ne plus considérer un milieu comme naturel, d'autant plus sur un territoire fortement urbanisé et exploité comme celui de la Métropole Rouen Normandie. Par extrapolation, les milieux contenant des espèces sauvages et indigènes se reproduisant naturellement seront donc considérés ici comme des milieux naturels (ce qui peut inclure des milieux fortement anthropisés comme les secteurs agricoles ou forestiers, où des espèces autres que celles introduites par l'Homme peuvent se maintenir).

Il n'est pas possible de lister de façon exhaustive l'ensemble des milieux de la Métropole accueillant de la faune et de la flore sauvages.

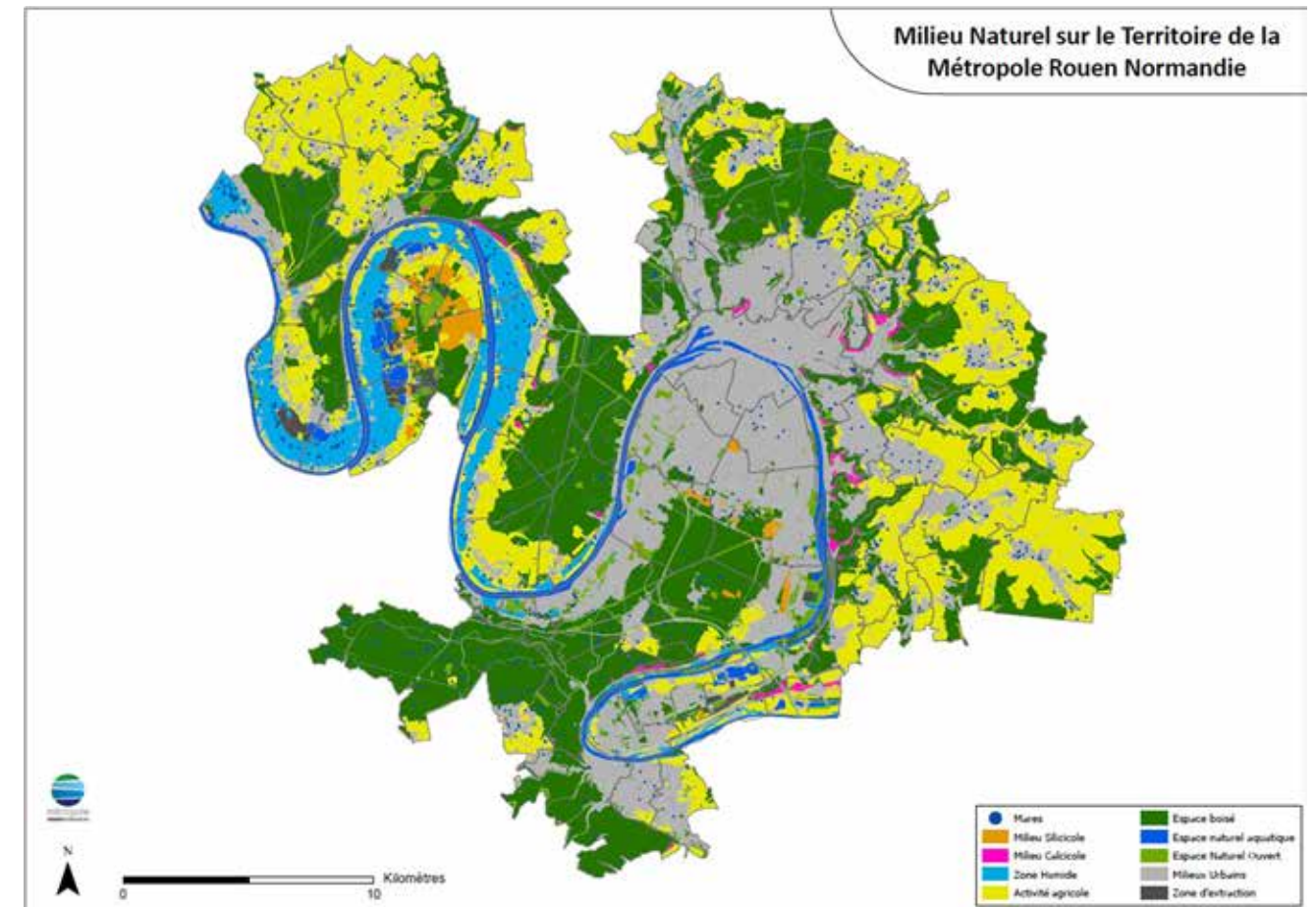


Figure 9 : Occupation du sol des principaux milieux naturels de la Métropole Rouen Normandie – Source : réalisation par la Métropole Rouen Normandie, 2023.

Seuls les milieux les plus caractéristiques constituant la trame et la richesse naturelles du territoire sont repris ici. Il s'agit des milieux suivants (Figure 9) :

- Les îles et les berges de la Seine, qui accueillent des habitats de forêts alluviales, de vasières, de mégaphorbiaies et de milieux aquatiques, dont une partie est protégée au niveau européen. Elles se répartissent le long des 96 km de la Seine ;
- Les coteaux crayeux, accueillant des habitats de pelouses et éboulis, également protégés au niveau européen, et dont la superficie est estimée à 300 ha ;
- Les terrasses alluviales, formation géomorphologique exceptionnelle pour tout le quart nord-ouest de l'Europe, accueillant des milieux de pelouses et de landes silicicoles, dont la superficie est estimée à 600 ha ;
- Les boisements forestiers, situation exceptionnelle pour une agglomération urbaine, les boisements occupent plus de 30 % du territoire, soit environ 25 000 ha. Ils représentent un véritable atout pour l'atténuation et l'adaptation aux effets du changement climatique et

hébergent des milieux remarquables comme les forêts fraîches de pentes, les hêtraies à houx et jacinthes, habitats également protégés au niveau européen ;

- Les zones humides, accueillant des formations de prairies, marais, reliques tourbeuses, pour partie protégées au niveau européen, occupant quelque 3 300 ha. Il s'agit de réservoirs importants de biodiversité et des atouts incontournables pour la régulation des inondations, le stockage de l'eau, le captage et le stockage du carbone ;
- Le réseau de mares disséminées sur l'ensemble du territoire et estimées à plus de 1 000. Les mares sont des refuges pour la faune et la flore aquatiques et humides et contribuent à maintenir de la connectivité entre les milieux humides sur le territoire ;
- Les parcelles agricoles à plantes mesicoles, ces espèces sont inféodées aux cultures et ont co-évolué avec les moissons. Le territoire de la Métropole constitue pour le quart nord-ouest de la France un réservoir en ce qui concerne ces espèces ;

- Des grottes à chauve-souris, espèces protégées aux niveaux national et européen ;
- Les cours d'eau, dont la Seine constitue l'axe majeur avec ses affluents, accueillent des espèces aquatiques de la flore et de la faune, et constituent des éléments de connectivité sur l'ensemble du territoire entre les différents espaces.

Les milieux naturels du territoire présentant un intérêt écologique ou un enjeu de conservation forts font l'objet de plusieurs classements :

- 528 ha sont ainsi classés en ZNIEFF de type I⁵, soit 0,8 % du territoire (6 % au niveau régional), et 26 802 ha en ZNIEFF de type II, soit près de 40 % du territoire (23 % au niveau régional). Les ZNIEFF de type I portent sur des secteurs présentant un fort intérêt patrimonial pour le territoire, comme des prairies humides, des pelouses calcicoles, des mares, des stations d'espèces forestières, assez bien réparties sur le territoire en dehors des zones urbanisées (elles sont la plupart du temps incluses dans une ZNIEFF de type II).

⁵ ZNIEFF (Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique), zone terrestre, fluviale, ou marine, qui a été identifiée, décrite, et cartographiée parce qu'elle présente un intérêt faunistique, floristique ou écologique.

ZNIEFF de type I : secteurs de superficie souvent limitée, contenant des espèces animales ou végétales d'une grande valeur patrimoniale
ZNIEFF de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités écologiques importantes.

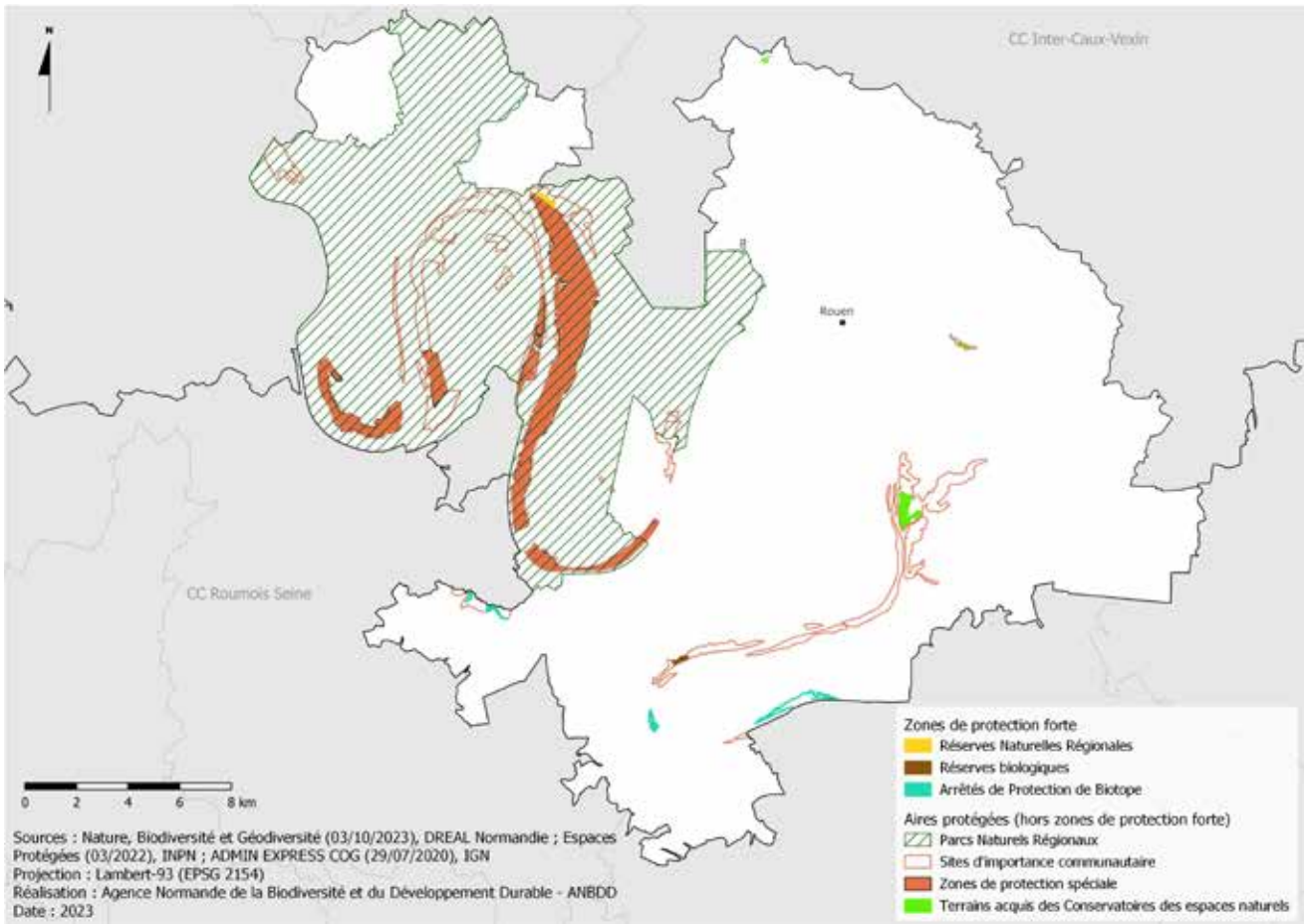


Figure 10 : Zones protégées au titre de la biodiversité sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie

Les ZNIEFF de type II concernent des secteurs plus grands comme les ensembles forestiers de la Londe, Roumare ou les Marais du Mesnil-sous-Jumièges.

• 3 787 ha sont inscrits au titre de la Directive européenne « Habitats-Faune-Flore » (1992) en tant que ZSC (zone spéciale de conservation) et 1 800 ha au titre de la Directive européenne « Oiseaux » (1979) en tant que ZPS (zone de protection spéciale). Les ZSC et les ZPS constituent le réseau Natura 2000⁶ et se répartissent sur les 6 sites suivants (les 4 premiers étant entièrement situés sur la Métropole Rouen Normandie, les deux derniers, pour partie) :

- Boucles de la Seine amont, coteaux de Saint-Adrien (ZSC, FR2300124)
- Boucles de la Seine amont, coteaux d'Orival (ZSC, FR2300125)
- Abbaye de Jumièges (cavités à chauves-souris) (ZSC, FR2302005)
- Îles et berges de la Seine (ZSC, FR2302006)
- Boucles de la Seine aval (pour partie sur la Métropole de Rouen) (ZSC, FR2300123)

- Estuaire et marais de la basse Seine (ZPS, FR2310044).

Ces sites permettent la préservation de 22 habitats et 18 espèces d'intérêt communautaire relevant de la Directive « Habitats-Faune-Flore ». Parmi ces habitats, plusieurs habitats forestiers sont concernés (les hêtraies à jacinthes, les forêts fraîches de pente à fougères, les forêts humides alluviales paratourbeuses, etc.), plusieurs habitats des coteaux crayeux (pelouses à orchidées, éboulis à Violette de Rouen, dalles rocheuses, etc.), des habitats de prairies (humides, de fauche, etc.), des formations de pelouses et de landes sur sable, des portions de rivières à herbiers de renoncules, des formations de vasières, etc. Parmi les espèces, on compte 4 plantes, 4 insectes, 8 chauves-souris, 1 amphibien et 1 mollusque.

En termes de protection de la biodiversité, 20 440 ha du territoire font donc partie d'une aire protégée, ce qui représente 30,79 % du territoire (Figure 10). Ces aires protégées se situent sur le territoire du Parc naturel régional des boucles de la Seine normande, les sites

Natura 2000, certaines acquisitions foncières du Conservatoire d'espace naturel de Normandie et 78,5 ha (soit 0,12 % du territoire) de terrain en protection forte, avec trois Arrêtés de protection de biotope, une Réserve biologique dirigée sur les Coteaux d'Orival et la Réserve naturelle régionale des Coteaux d'Hénouville. Les objectifs nationaux à l'échéance 2030 sont d'atteindre 30 % d'aire en protection dont 10 % en protection forte. L'ensemble de ces habitats constituent une véritable richesse biologique pour le territoire.

Les espèces

Un des principaux indicateurs utilisé pour mesurer la biodiversité à l'échelle planétaire est la diversité spécifique. En ce qui concerne la Métropole Rouen Normandie, 237 532 données d'observations de taxons, tous groupes et toutes périodes confondus, sont recensées en 2023 dans ODIN⁷ et DIGITALE⁸. Cela correspond à 5 658 espèces, toute période confondue, dont 4 383 sont consi-

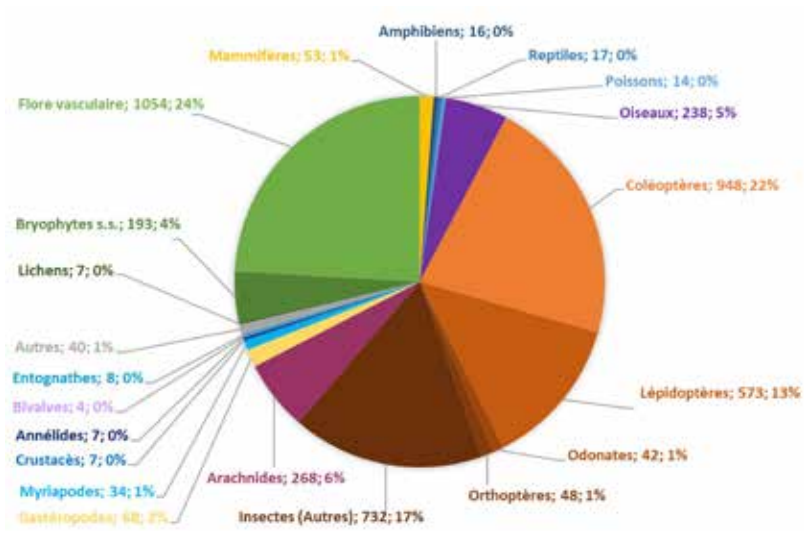


Figure 11 : Répartition de la richesse spécifique connue du territoire de la Métropole Rouen Normandie, 2023. Nombre d'espèces contemporaines après 2002 pour la faune, après 2005 pour la flore vasculaire, après 1990 pour les bryophytes au sens large. - Sources : ODIN/ANBDD, 2023 ; Cléré E. et Buchet J., CBNBL, 2022 ; Cléré E. CBNBL, 2021.

dérées comme contemporaines (présences avérées sur les 20 dernières années). 70 % de ces espèces relèvent de la faune, 29 % de la flore et 1 % d'autres groupes (Sources ODIN/ANBDD, 2023 ; Cléré E. et Buchet J., CBNBL, 2022 ; Cléré E. CBNBL, 2021 – Figure 11). Ces résultats ne sont pas et ne peuvent pas être exhaustifs, mais ils peuvent servir de référence pour les futures évaluations de la biodiversité du territoire. Ils permettent par ailleurs d'attester du bon niveau de connaissance naturaliste sur le territoire. Il s'agit en effet du deuxième EPCI normand présentant le plus grand nombre de données recensées sur ODIN (10 % des observations référencées dans ODIN le sont sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie).

La diversité des espèces est à mettre en lien avec la diversité des milieux présents sur la Métropole qui abritent chacun leur cortège d'espèces spécifiques et patrimoniales. À ce jour, seule la flore vasculaire⁹ a fait l'objet d'un catalogue, d'une analyse, et d'une stratégie de préservation à l'échelle du territoire de la Métropole par le Conservatoire botanique national de Bailleul (Cléré E. et Buchet J., 2022). 909 espèces indigènes sont présentes (soit 64 % de la flore normande et 20 % de la flore nationale métropolitaine) dont 27 % menacées de disparition. 201 ont

par ailleurs disparu du territoire durant les deux derniers siècles, soit un taux de disparition de 18 %. Il s'agit d'un taux très élevé, deux fois plus élevé que celui de l'ancienne région Haute-Normandie, ce qui reflète à la fois le fort potentiel floristique du territoire mais aussi les très fortes pressions qui s'y exercent. 4 espèces sont protégées au niveau national : la Grande douve (*Ranunculus lingua*), l'Ache inondée (*Helosciadium repens*), le Flûteau nageant (*Luronium natans*), et la Violette de Rouen (*Viola hispida*). Les trois dernières sont également protégées au niveau européen, ce qui impose au territoire une très forte responsabilité vis-à-vis de leur sauvegarde. Une espèce également protégée aux niveaux européen et national a été introduite sur le territoire : la Biscutelle de neustrie (*Biscutella neustriaca*). Une population d'une dizaine de pieds se maintient, mais elle n'est généralement pas comptée dans les bilans du fait de son introduction. La stratégie a permis de déterminer que sur les 909 espèces, 67 présentent un enjeu fort à très fort en termes de conservation, et nécessitent des mesures pour les protéger.

Les bryophytes au sens large¹⁰ du territoire de la Métropole Rouen Normandie ont fait l'objet d'un « État des connaissances » (Cléré E., 2022). Il s'avère que 193 espèces sont présentes sur le territoire, soit 47 % des 413

bryophytes au sens large connues sur la Région. Cependant, il s'agit d'un premier état des lieux, et les données d'observation sont encore très parcellaires et hétérogènes sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie. Les travaux de prospection de terrain sont amenés à se poursuivre. Les bryophytes réagissent très vite à des changements de climat local (augmentation des écarts de température, diminution de l'hygrométrie atmosphérique), et constituent de ce fait d'excellents indicateurs pour suivre les changements climatiques (Stauth, 2021), tout particulièrement pour les cortèges forestiers.

En ce qui concerne les autres groupes, des travaux similaires sont en préparation pour les mammifères, les amphibiens et les reptiles. Tandis que les rhopalocères¹¹ font l'objet d'un suivi protocolé (STERF¹²) depuis 2016. Les connaissances actuelles sont donc essentiellement issues d'études menées à l'échelle régionale, d'études portant sur des sites ponctuels de la Métropole, ou d'échanges oraux avec les principales structures naturalistes du territoire. Les amphibiens comptent ainsi 16 espèces sur les 18 espèces présentes en Normandie, dont 55 % sont aujourd'hui menacés contre 47 % il y a 10 ans (Barrioz M., 2022). La Métropole abrite deux espèces menacées et rares à l'échelle de la Normandie pour lesquelles elle a une forte responsabilité vis-à-vis de leur sauvegarde : le Pélolyte ponctué (*Pelodytes punctatus*) et le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*). 9 espèces de reptiles sont présentes sur la Métropole, sur les 11 que compte la Normandie, et les 37 recensées au niveau national. La part d'espèces



Le Damier de la Succise (*Euphydryas aurinia*), papillon protégé au titre de la Directive européenne « Habitats faune flore » présents sur les coteaux de la Métropole Rouen Normandie – © Adrien Simon, CENN.

⁶ Le réseau de sites européens Natura 2000 est un des outils fondamentaux de la politique européenne de préservation de la biodiversité. Ces sites sont désignés pour protéger un certain nombre d'habitats et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne. La liste précise de ces habitats et espèces est annexée aux Directives européennes « oiseaux » et « habitats-faune-flore ».

⁷ Outil de Diffusion de l'Information Naturaliste de Normandie porté par l'ANBDD

⁸ Système d'information sur la flore et la végétation développé par le CBNBL.

⁹ La flore vasculaire correspond aux plantes dotées de vaisseaux permettant la circulation de la sève. Elle comprend les Angiospermes (Plantes à fleurs), les Gymnospermes (Conifères, Cycadales, Ginkgo, etc.), les Monilophytes (Fougères et Prêles) et les Lycophytes (Lycopodes et Sélaginelles).

¹⁰ Les bryophytes au sens large sont des plantes non vasculaires et regroupent les Bryophytes au sens stricte (les mousses), les Hépatiques à thalle et à feuille et les Anthocérotes.

¹¹ Les rhopalocères correspondent aux papillons diurnes.

¹² STERF : Suivi Temporel des Rhopalocères de France, ce suivi s'intègre dans le cadre plus général de l'observatoire de biodiversité Vigie-Nature.

de reptiles menacées en Normandie s'élève à plus de 36 % (Barrio M., 2021). Pour les deux groupes, ces taux de menace sont très élevés, en premier lieu par la dégradation de leurs habitats, et en deuxième par les changements climatiques. En tant qu'animaux ectothermes¹³, ils constituent de bons indicateurs des impacts des changements climatiques. Parmi les groupes ne faisant pas encore l'objet de synthèse à l'échelle de la Métropole, quelques espèces emblématiques et patrimoniales contribuent à la richesse du territoire : le Damier de la Succise (*Euphydryas aurinia*), papillon des coteaux calcaires protégé aux niveaux européen et national, l'Édicnème criard (*Burhinus oedipnemus*), oiseau nichant au sol sur les terrasses silicoles ouvertes protégé au niveau européen, l'Engoulevent d'Europe (*Caprimulgus europaeus*), oiseau discret des landes et des clairières, le Pic mar (*Dendrocoptes medius*), oiseau lié aux forêts de feuillus et principalement aux chênes âgés, l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*), un poisson migrateur amphihalé¹⁴ actuellement en régression mais encore présent dans la Seine.

Plus globalement, les cortèges d'espèces peuvent majoritairement être qualifiés d'affinités européennes tempérées typiques des plaines, avec de fortes influences atlantiques, comme le reste de la Normandie. À titre d'exemples, nous pouvons citer la Jacinthe des bois (*Hyacinthoides non-scripta* – Figure 12) et l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*).

Le territoire se distingue cependant par des incursions d'espèces d'affinités plus méridionales. Ces espèces, dont l'aire de répartition

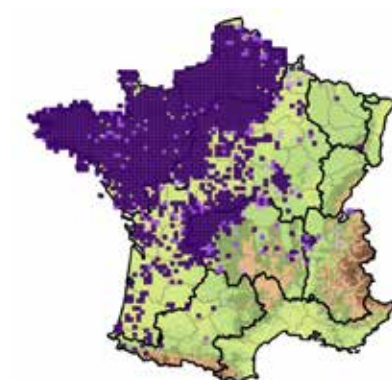


Figure 12 : Répartition nationale de la Jacinthe des bois – Source de la carte : SI flore/FCBN, 2022. © Photo : William Levy.

naturelle est plutôt centrée sur le bassin méditerranéen au sens large, bénéficient de la présence des substrats secs, très filtrants et bien exposés des coteaux crayeux ou des terrasses alluviales de la Seine. Elles sont également favorisées par l'influence de l'axe de la vallée de Seine (et de son principal affluent l'Eure), qui orienté sud-est/nord-ouest, a permis aux espèces thermophiles (voire d'affinités plus continentales) de se maintenir et de migrer vers le nord et l'ouest. Le territoire de la Métropole se caractérise déjà comme l'un des principaux îlots d'espèces thermophiles de la Région, comme l'illustre par exemple la carte de répartition des espèces méridionales de scarabées au sens large (Figure 13).

Ce contexte biogéographique particulier permet au territoire de la Métropole Rouen Normandie d'accueillir un grand nombre d'espèces en limites nord/ouest de leur aire de



répartition naturelle, voire en isolat d'aire. Ces espèces présentent un intérêt patrimonial élevé. Leur situation d'isolement ou de « frontière » apporte une diversité génétique au sein des populations, garante du maintien des capacités d'adaptation des espèces face aux changements à venir, et tout particulièrement aux changements climatiques. Les espèces situées en limite d'aire de répartition figurent pour la plupart parmi les plus vulnérables des cortèges, mais constituent des réservoirs génétiques à préserver en priorité. À titre d'exemples, parmi la flore vasculaire l'Hélianthème blanc (*Helianthemum canum*) se situe en limite nord de son aire de répartition, et le Tabouret des montagnes (*Nocca montana*) est en isolat d'aire (Figure 14). Chez les reptiles, pour lesquels la température est un facteur limitant chez de nombreuses espèces, plusieurs se trouvent en Normandie en limite

¹³ Les animaux ectothermes (également appelés à sang froid) ne régulent pas leur température interne et sont dépendants des températures extérieures (comme les amphibiens, les reptiles, les poissons, les insectes, etc.).

¹⁴ Poisson vivant alternativement en eau douce et en eau de mer.

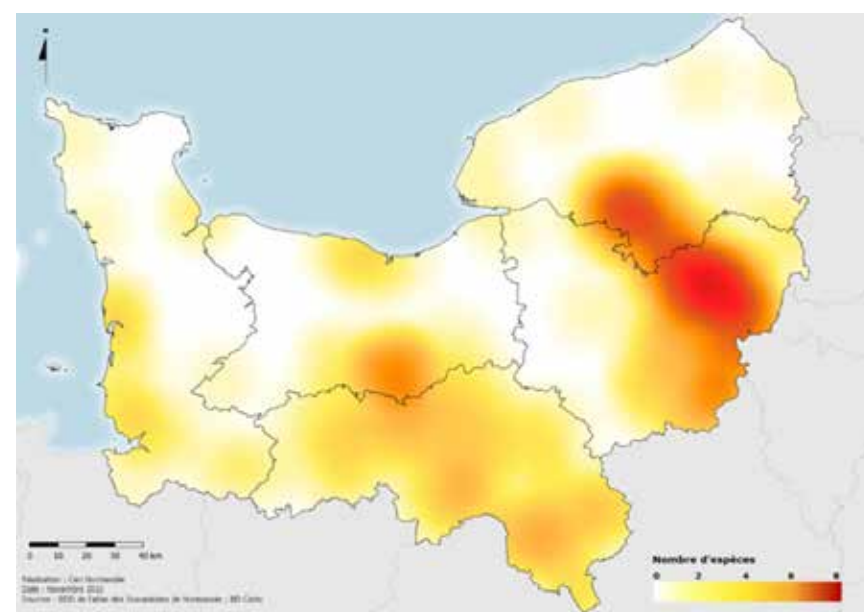


Figure 13 : Répartition des espèces de Scarabéides d'affinités méridionales en Normandie – Source : CENN, GRECIA, 2021.

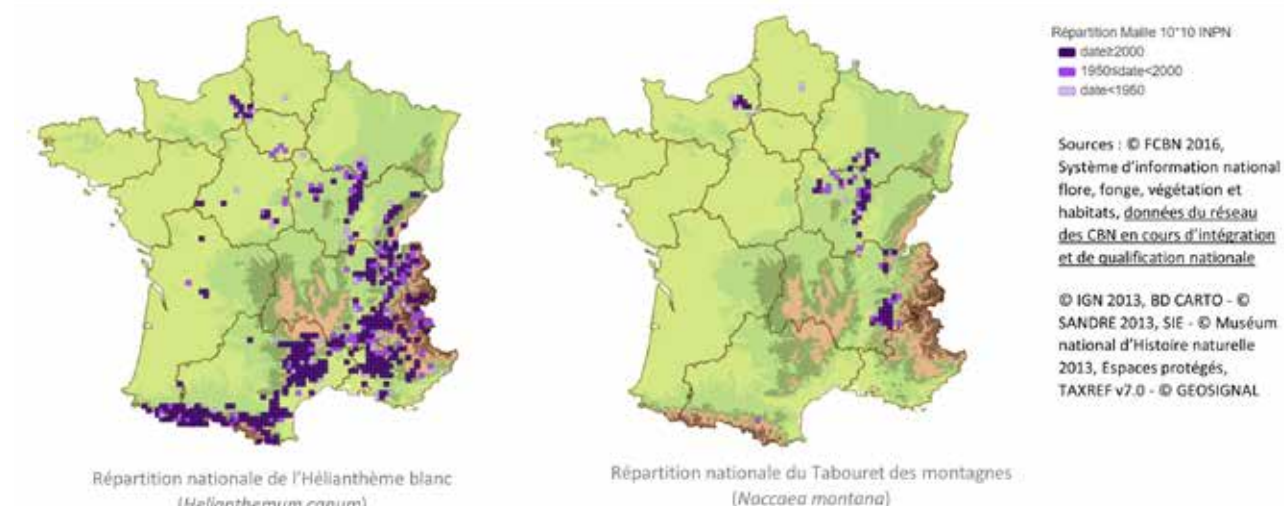


Figure 14 : Deux plantes en limite nord-ouest de leur aire de répartition sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie – Source : SI flore/FCBN, 2022.

de répartition nord-ouest de leur aire : le Léopard à deux raies (*Lacerta bilineata*), le Léopard des souches (*Lacerta agilis*), la Couleuvre d'Esculape (*Zamenis longissimus*), la Couleuvre verte et jaune (*Hierophis viridiflavus*) et la Vipère aspic (*Vipera aspis*).

Le territoire compte également des espèces d'affinités plus septentrionales, boréales ou montagnardes qui occupent naturellement les secteurs les plus nordiques de notre hémisphère. Ces espèces sont les plus menacées par l'augmentation des températures à venir, tout particulièrement celles qui se trouvent en limite de leur aire de répartition. À titre d'exemple, on peut citer la Vipère péliade (*Vipera berus*), autrefois commune sur le territoire mais en très forte régression aujourd'hui et fortement menacée. Alors qu'elle était encore commune il y a une vingtaine d'années dans les milieux les plus chauds du territoire (comme les coteaux calcaires), elle se réfugie aujourd'hui dans les secteurs les plus frais et les plus humides (Figure 15).

La Métropole Rouen Normandie compte parmi ses cortèges une grande originalité avec la présence des trois espèces micro-endémiques¹⁵ de la Région Normandie : la Violette de Rouen (*Viola hispida*), l'Ibérie intermédiaire (*Iberis intermedia subsp. intermedia*) et la Biscutelle de neustrie (*Biscutella neustriaca*). Cette situation est unique en France pour une région de plaine et de latitude moyenne. Ces espèces sont particulièrement menacées et la responsabilité de la Métropole Rouen Normandie est forte vis-à-vis de leur sauvegarde. Le territoire ayant longtemps été soumis à des climats très froids jusqu'à la fin des dernières glaciations (~ 10 000 ans avant J-C),



Figure 15 : Répartition de la Vipère péliade sur l'ouest et le nord de l'Europe – Source de la carte : UICN. © Photo : Cécile Lecoq.

ces espèces, dites périglaciaires, constituent ainsi des témoins de ces paléoclimats antérieurs. Leurs populations très vulnérables se maintiennent grâce à des mesures de protection mises en œuvre depuis 1998 pour la Violette de Rouen, et 2006 pour l'Ibérie intermédiaire. Elles témoignent du fait qu'il est possible de conserver des espèces, même liées à des climats plus froids, lorsque des mesures adéquates sont mises en place. La responsabilité de la Métropole Rouen Normandie est particulièrement forte en termes de protection de l'Ibérie intermédiaire, car toutes les stations connues de l'espèce se trouvent sur son territoire. Depuis 2021, ces espèces bénéficient d'un Plan national d'actions en faveur de la flore endémique de la vallée de la Seine normande et de ses habitats (Asset B. & al, 2021).

De plus, la Métropole Rouen Normandie est traversée par la Seine, milieu aquatique exceptionnel en lien avec la façade maritime, ce qui fait du territoire un hot-spot en termes de diversité et de valeur patrimoniale des espèces de poissons recensées. Les affluents de la Seine sont « approvisionnés » par celle-ci lorsque les conditions le permettent (absence d'obstacle). Comme sur le reste de la Normandie, la majorité des cours d'eau peut être caractérisée comme des rivières salmonicoles aux eaux naturellement fraîches et bien oxygénées (FPPMA, 2021). Malgré les fortes pressions d'origine anthropique (position au niveau de l'exutoire du bassin parisien, territoire stratégique pour le développement des activités économiques, présence de sols très favorables à la polyculture), le territoire compte environ 40 espèces de poissons d'eau douce sur les 54 présentes en Normandie (FPPMA, 2021), et 6 des 7 espèces

¹⁵ Espèce micro-endémique : espèce dont l'aire de répartition sur la planète est limitée à un territoire très restreint.



Deux espèces endémiques présentes sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie : la Violette de Rouen à gauche (© Christophe Blondel), et l'Ibéris intermédiaire à droite (© Emmanuel Cléré)



rectement de nombreuses composantes de la biodiversité aquatique et témoignent de l'importance des pressions anthropiques qui sont exercées sur un cours d'eau (pollutions, barrages, urbanisation du territoire, régulation des débits, gestion des berges, etc.). Les espèces migratrices peuvent être considérées comme des espèces « parapluie ». Leur protection et leur suivi permettent une protection stratégique de tout l'écosystème aquatique.

Les principales menaces sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie

Le territoire de la Métropole Rouen Normandie n'échappe pas aux pressions qui pèsent sur la biodiversité comme illustré précédemment par les taux de menace et de disparition des espèces. La disparition des milieux, du fait de l'artificialisation des sols, est la principale pression exercée sur la biodiversité sur le territoire. Entre 2008 et 2018, 860 ha ont été artificialisés, les forêts et les milieux naturels ont perdu 350 ha et les terres agricoles 510 ha (ANBDD, 2020) (Figure 16). La surexploitation des ressources agricoles et forestières engendre également des pertes de biodiversité avec la mise en place localement de pratiques intensives qui aboutissent à la

de poissons grands migrateurs amphihalins¹⁶ de Normandie : le Saumon atlantique (*Salmo salar*), la Truite de mer (*Salmo trutta trutta*), l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*), la Lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*) et la Grande alose (*Alosa alosa*). Les quatre dernières espèces citées ont un statut national de menace fort, et à l'échelle régionale leur statut de conservation est majoritairement défavorable (SEINORMIGR, 2021). En Europe, la majorité des populations a également connu une chute de plus de 90 % depuis le XVIII^e siècle principalement en raison des actions humaines (obstacles à la migration, pollution, surpêche, dégradation des habitats, etc.). Trois autres espèces de petits migrateurs sont également présentes : le Mulet porc (*Chelon ramada*), l'Éperlan européen (*Osmerus eperlanus*) et le Flet commun (*Platichthys flesus*). Le Saumon atlantique est aujourd'hui peut présent dans la Seine, et ses effectifs sont en baisse quasi-continue car les individus qui s'y engagent n'ont aucune zone de reproduction accessible. Les effectifs de l'Anguille d'Europe sont également en baisse. Des facteurs jusqu'alors limitants comme la qualité de l'eau ne sont plus considérés comme rédhibitoires aujourd'hui. Certains des grands ouvrages de navigation se sont vus dotés de dispositifs de franchissement permettant désormais la montaison sur plusieurs centaines de kilomètres (cas de la Grande alose ou de la Lamproie marine par exemple). Cependant, la navigation a rendu les zones de reproduction intermédiaires non fonctionnelles pour ces espèces et les zones de reproduction restent impossibles à at-

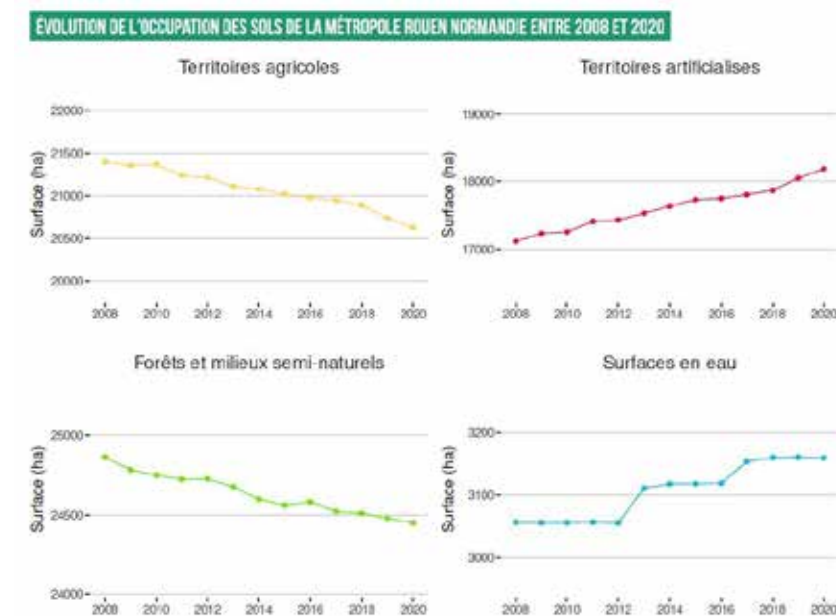


Figure 16 : Évolution de l'occupation des sols de la Métropole Rouen Normandie entre 2008 et 2018 – Source : ANBDD, 2020.

¹⁶ Espèce amphihaline : espèce qui migre entre le milieu marin et un milieu d'eau douce. Un poisson migrateur anadrome possède une phase de croissance en mer et se reproduit en eau douce (ex : saumon). À l'inverse, un poisson migrateur catadrome possède une phase de croissance en eau douce et se reproduit en mer (ex : anguille).



L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) – © Sébastien Manné, OFB



Le Frelon asiatique (*Vespa velutina*), insecte exotique envahissant



Le Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*), poisson exotique envahissant

destruction des sols et des espèces. La Métropole est également concernée par la pollution diffuse avec la dissémination de produits phytosanitaires, la contamination des milieux par les plastiques, les hydrocarbures, les rejets médicamenteux, etc. À titre d'exemple, seules 40 % des masses d'eau de surface de la Métropole Rouen Normandie sont en bon état écologique d'après l'état des lieux réalisé en 2019, mais aucune de ces 15 masses d'eau de la Métropole Rouen Normandie n'est projetée en bon état écologique pour 2027 (ANBDD, 2021). Ce sont également entre 100 et 200 tonnes de déchets plastiques qui sont rejetés en mer via la Seine tous les ans.

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont reconnues comme l'une des causes majeures d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale et nationale. La Métropole Rouen Normandie est particulièrement affectée par ces espèces en raison de sa situation de carrefour d'activités intenses et de voies de transport et de mobilités majeures, en ajoutant à cela une dégradation et une perturbation élevées des sols et des milieux. L'élaboration par la Métropole d'une déclinaison à l'échelle de son territoire de la « Stratégie régionale relative aux Espèces Exotiques Envahissantes, 2018-2022 » (CENNS et CENNNO, 2018) a permis de recenser 14 espèces animales et 88 espèces végétales exotiques envahissantes (avérées, potentielles ou à surveiller). Tous les milieux sont concernés et l'on peut citer plusieurs exemples :

- la Jussie (*Ludwigia peploides*) et le Myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*) qui ont une incidence sur les milieux aquatiques,
- la Berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*) et la Renouée du Japon (*Fallopia japonica*) présentes dans les milieux ouverts,
- le Frelon asiatique (*Vespa velutina*), un important prédateur des abeilles domestiques et d'autres insectes et arthropodes sauvages du territoire,
- le Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) un poisson d'eau douce particulièrement dangereux pour les écosystèmes européens car il est porteur sain d'un parasite capable d'infecter un grand nombre d'espèces du territoire. Parmi les EEE, la Métropole Rouen Normandie porte une responsabilité particulière pour

la Landoltie ponctuée (*Landoltia punctata*), une lentille d'eau uniquement connue en Normandie dans les mares de la forêt domaniale de Roumare. L'intervention urgente sur les premières stations connues reste le moyen le plus efficace pour empêcher la prolifération des EEE.

La banalisation et l'homogénéisation des paysages et des milieux sont insidieuses et difficiles à appréhender, mais elles sont bien effectives dans la Métropole et constituent une des conséquences des différentes pressions qui s'exercent sur la biodiversité. La diversité des espèces baisse au profit des espèces les plus communes, les plus concurrentielles et les plus ubiquistes. La diversité du peuplement des micromammifères (campagnols, mulots, musaraignes, etc.) peut ainsi être un bon révélateur de l'érosion de la biodiversité dans les espaces de nature dits « ordinaires ». Les prospections et la pression d'observation ne sont pas homogènes sur le territoire, mais en l'état des connaissances, les secteurs où il subsiste une mosaïque d'habitats caractérisés par la présence de bocages, de prairies naturelles pâturées, de vergers, de bois, de

zones humides en alternance avec des parcelles cultivées sont plus diversifiés en micromammifères que les secteurs dominés par l'intensification de l'agriculture et de l'urbanisation (GMN, 2020). Dans ces secteurs, seules les espèces les plus opportunistes dominent, au détriment d'espèces plus exigeantes écologiquement. Cette dichotomie se retrouve entre l'est et l'ouest du territoire de la Métropole, mais nécessite d'être affinée par des prospections supplémentaires et renforcées (Figure 17).

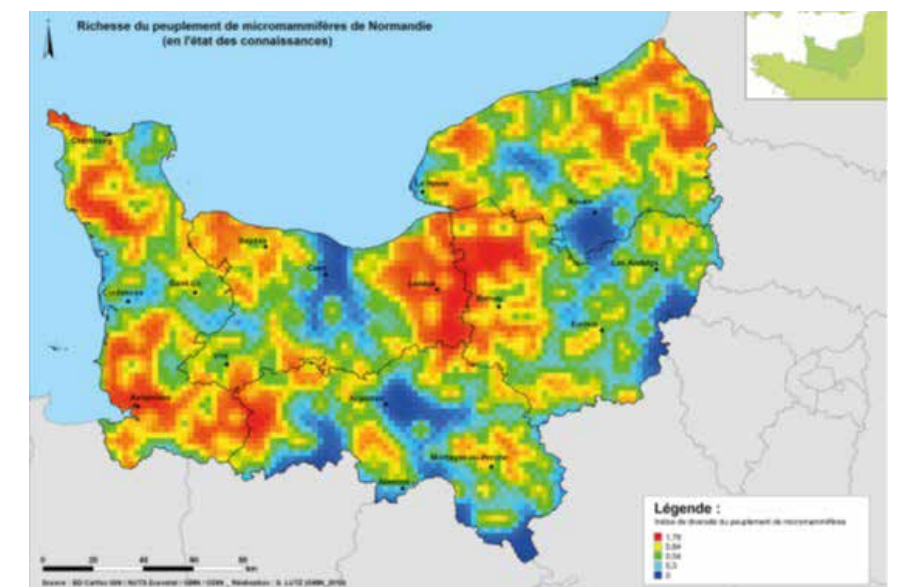


Figure 17 : Indice de diversité du peuplement de micromammifères de Normandie (en l'état des connaissances) – Source : GMN, 2020.



L'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) arrive sur le territoire normand un mois plus tôt que dans les années 1970. – © Chris Wilson, GON



La Linotte à bec jaune (*Linaria flavirostris*), espèce nordique dont les observations sur le territoire normand ont quasiment disparu. – © Hennie Cuper, GON et Jerry Oldenettel.

Les effets du changement climatique sur la biodiversité de la Métropole Rouen Normandie

Les effets du changement climatique semblent déjà observables sur la biodiversité de la Métropole et de la Région, mais il est encore difficile de corréler directement ces observations aux changements climatiques en l'absence d'études scientifiques spécifiques. Des incidences peuvent être constatées sur la phénologie, la répartition des aires de distribution des espèces, la composition des cortèges ou les phénomènes de régression, et tous les milieux sont concernés. En l'absence d'indicateurs spécifiques, il n'est pas possible d'être exhaustif ni synthétique sur la description des changements de la biodiversité induits par les changements climatiques, mais quelques exemples et observations significatifs sont exposés par la suite. Ceux-ci s'appuient sur des méthodes de suivis protocolées pour certains groupes, ce qui permet-

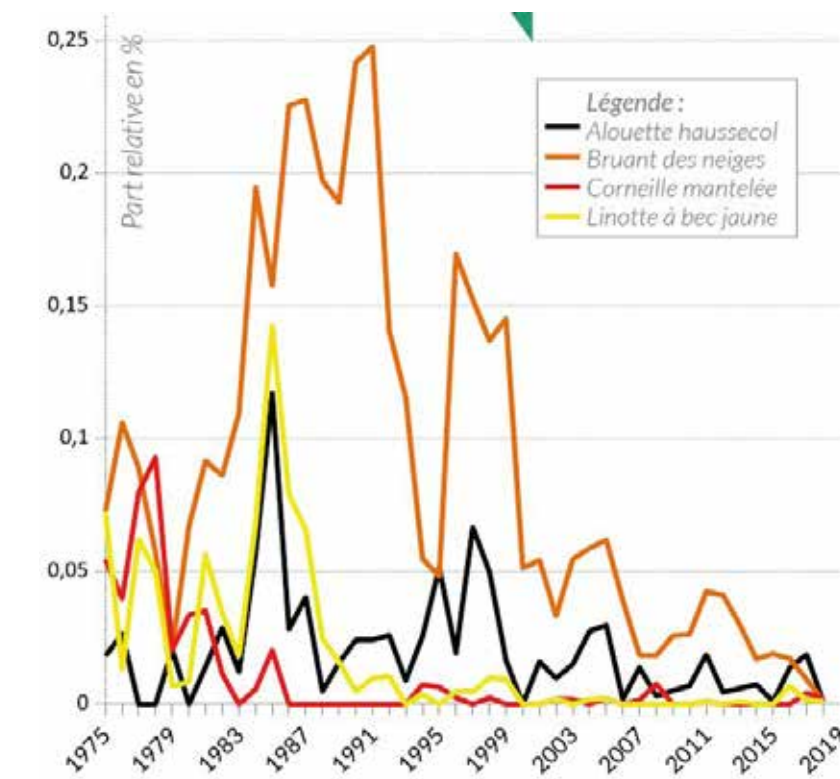


Figure 18 : Régression du nombre d'observations des passereaux nordiques – Source : GON, 2020.

tra de les suivre et de les analyser dans les années à venir. Quant aux observations ponctuelles, elles permettent d'établir des états de référence.

Modifications phénologiques

Les oiseaux migrateurs réagissent sensiblement aux variations climatiques. La Normandie est une terre d'accueil et de passage pour ces espèces en raison de la présence de deux grands mouvements saisonniers : l'arrivée au printemps (fin février à début mai) des espèces du sud pour la nidification et le nourrissage des juvéniles, et l'arrivée à l'automne (mi-septembre à fin novembre) des oiseaux du nord en zone d'hivernage. Le Groupe Ornithologique Normand (GON) suit depuis plus de 50 ans les dates d'arrivées de quatre espèces présentes sur le territoire de la Normandie et de la Métropole de Rouen : Le Martinet noir (*Apus apus*), l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*), l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) et l'Hirondelle des rivages (*Riparia riparia*). Les résultats montrent que ces espèces qui passent l'hiver en Afrique sub-saharienne arrivent respectivement 6, 19, 27 et 24 jours plus tôt qu'il y a 50 ans, soit 18 jours plus tôt en moyenne pour les 4 espèces (GON, 2020). Depuis quelques années, l'Hirondelle rustique semble partir de plus en plus tard en automne, et des cas d'hivernage complet ont été observés dans le sud de la France et le

long des côtes atlantiques jusqu'en Bretagne (Oiseaux, 2023). Le déclenchement des dates des migrations dépend de plusieurs facteurs tels que la durée du jour, la quantité de nourriture disponible (en insectes ou en végétaux, eux-mêmes dépendants des facteurs climatiques) et la température. Au niveau national, les chiffres de l'indicateur « date d'arrivée des oiseaux migrateurs » de l'Observatoire National de la Biodiversité montrent la même tendance (ONB, 2022), avec une moyenne de 5 jours d'avance sur les 30 dernières années sur 15 espèces étudiées.

À l'inverse, les observations d'oiseaux qui nichent en Scandinavie et en Sibérie étaient régulières en Normandie en hiver, entre novembre et mars, mais elles se font de plus en plus rares aujourd'hui. Dans sa base de données, le GON a recensé dix fois moins d'observations de passereaux nordiques au cours des cinq dernières années. Depuis les années 2000, il est constaté une nette diminution, voire une absence totale d'observations de certaines espèces de passereaux nordiques comme la Linotte à bec jaune (*Linaria flavirostris*), l'Alouette haussecol (*Eremophila alpestris*) ou le Bruant des neiges (*Plectrophenax nivalis*) (Figure 18). Ces passereaux, essentiellement granivores, trouveraient maintenant des ressources alimentaires suffisantes et des conditions environnementales moins ri-

goureuses plus au nord, et n'éprouvent donc plus le besoin de rejoindre la Normandie. Les suivis des espèces migratrices et du décalage de la phénologie de la migration constituent des bons indicateurs d'adaptation au changement climatique, à l'échelle du territoire, et plus largement de l'Europe. Les hivers doux ont une incidence notable sur les périodes d'hibernation des mammifères. À titre d'exemple, le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) entre en hibernation fin octobre-début novembre lorsque la température descend sous 10 °C, et en période de reproduction entre avril et août, généralement pour une seule portée. Mais l'augmentation du nombre de jours de chaleur et de la douceur en automne et en hiver (Laignel et Nouaceur, 2023) peut retarder la période d'hibernation. Ce phénomène est observé dans le sud de la France et peut donner lieu à une deuxième portée tardive en automne. Les ressources alimentaires ne sont alors plus en quantités suffisantes pour que les jeunes puissent atteindre la période d'hibernation avec un poids suffisant et que les mères allaitantes ne s'affaiblissent pas de façon critique, entraînant une forte surmortalité. Ce décalage n'a pas encore été observé en Normandie, mais il reste à surveiller. Alors que l'espèce était encore commune il y a 50 ans, elle est déjà aujourd'hui en fort déclin, essentiellement du fait de la destruction et de la pollution de son habitat, des collisions routières et des pesticides. Le réchauffement climatique constitue une pression supplémentaire pour sa survie (GMN, 2022, communication personnelle).

Élargissement ou contraction de l'aire de répartition des espèces

De nouvelles espèces d'affinités thermophiles (qui privilégient des conditions de températures élevées pour se développer) progressent sur le territoire. Parmi elles, nous pouvons citer l'Anax Napolitain (*Anax parthenope*), une libellule considérée comme migratrice exceptionnelle en Normandie jusqu'à la fin des années 1990 et qui a aujourd'hui colonisé l'ensemble de la région et s'y reproduit. L'ensemble des odonates (qui regroupent les libellules et les demoiselles) thermophiles sont d'ailleurs en forte progression en Normandie. Sur les 58 espèces d'odonates présentes en Normandie, 13 sont aujourd'hui considérées comme thermophiles, et leur proportion d'observation régionale a augmenté de 70 % au cours des 15 dernières années. Elles colonisent progressivement la région en utilisant les couloirs de migration du littoral et des grandes vallées que sont l'Orne, l'Eure, et surtout la Seine (Figure 19) (CENN, GRETA, CERCION, 2020). Aujourd'hui, la répartition actuelle des espèces d'affinités thermophiles correspond aux secteurs les plus chauds connus de la région. L'évolution future de ces espèces sur les autres espaces de la région représente un indicateur intéres-

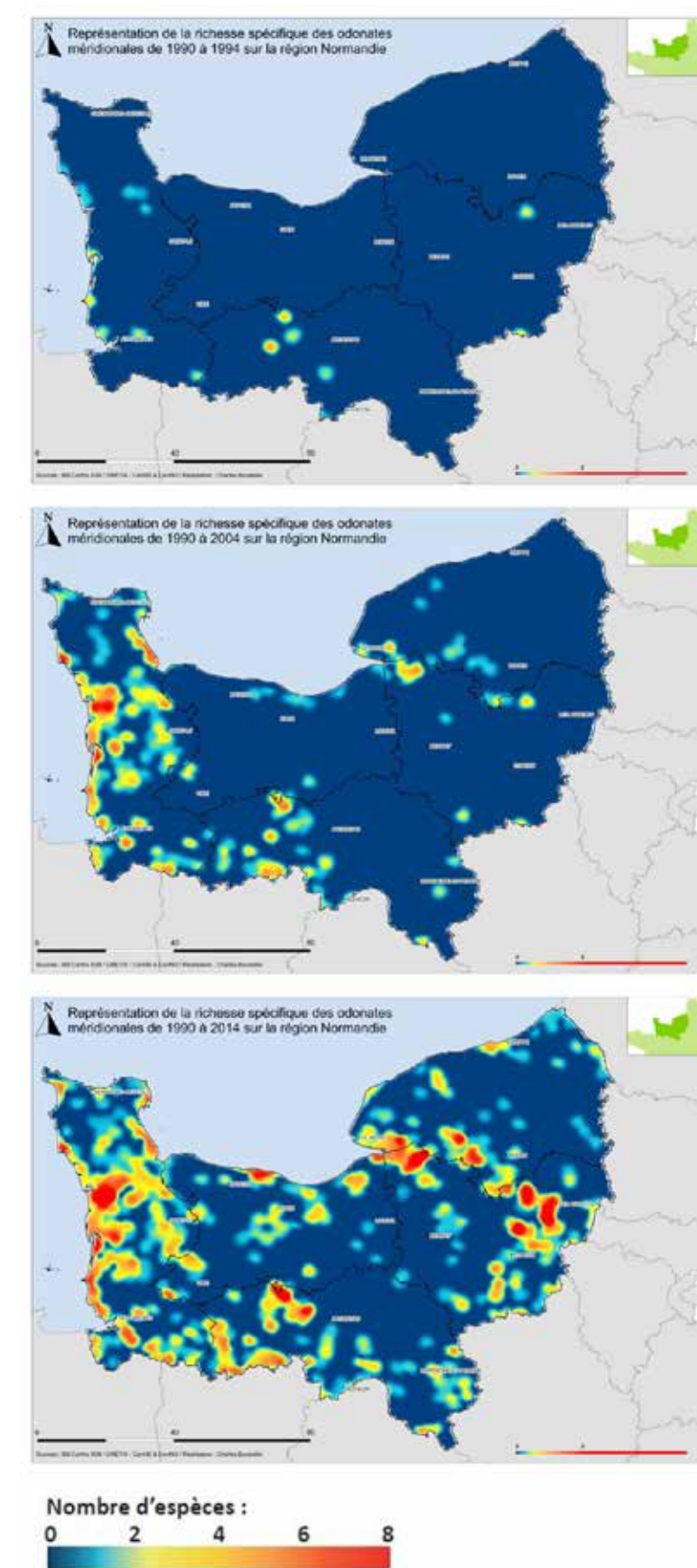


Figure 19 : Évolution de la répartition des espèces d'odonates d'affinités méridionales par périodes – Sources : CENN, GRETA, CERCION, 2020.



L'Anax Napolitain (*Anax parthenope*) –
© Adrien Simon, CENN



Le Conocéphale gracieux (*Ruspolia nitidula*), espèce thermophile qui a colonisé les trois quarts de la Normandie en 20 ans. – © Adrien Simon, CENN



L'Azurée porte queue (*Lampides boeticus*), papillon migrateur méridional, a été 10 fois plus observé dans la région au cours des 20 dernières années qu'au cours du siècle dernier. – © CENN, GRECIA, 2020

sant pour évaluer l'impact du réchauffement climatique sur les insectes. Les odonates thermophiles s'étendent rapidement dans leur aire de répartition, et cette situation est aussi observée pour d'autres espèces d'insectes. Les orthoptères (les sauterelles, les grillons et les criquets) comptent 68 espèces en Normandie, et constituent le groupe d'insectes le mieux connu de la région (CENN, GRECIA, 2021). 22 de ces espèces sont considérées comme « d'affinités méridionales », (espèce dont les habitats préférentiels se trouvent majoritairement au sud de la France), et sont situées en limite nord de leur aire de répartition en Normandie. Les températures basses sont le plus souvent un facteur limitant dans la réussite de leur reproduction. De ce fait, elles colonisent les habitats les plus secs et chauds de la région et ont élargi leur aire de répartition depuis le début des années 1990. D'abord très localisées et isolées, elles se sont étendues en suivant le littoral et les principales vallées, de la même manière que les odonates, et sont maintenant fréquemment observées. En 15 ans, le nombre d'observations de ces espèces a doublé (Figure 20). L'exemple du Conocéphale gracieux (*Ruspolia nitidula*) illustre bien cette dynamique. Mentionné pour la première fois dans la région au début du XX^e siècle sur les coteaux d'Orival, il a été observé une seconde fois en 1999 dans l'Orne. Depuis, il n'a cessé de s'étendre et occupe aujourd'hui les trois quarts de la région. Il est bien représenté sur le territoire de la Métropole.

Les cortèges d'orthoptères sont actuellement bien connus dans la région et leur évolution future donne d'importants marqueurs de l'évolution de l'état des milieux naturels. C'est en particulier le cas pour ces espèces méridionales, dont l'expansion actuelle illustre l'impact des modifications climatiques sur les insectes (CENN, GRECIA, 2021 - Figure 20).

En ce qui concerne les rhopalocères (les papillons de jour), quelques papillons migrants d'affinités méridionales sont en expansion et présents sur l'est du territoire de la Métropole Rouen Normandie. C'est le cas du Nacré de la Ronce (*Brenthis daphne*) ou de l'Azurée porte queue (*Lampides boeticus*). Mais sur les 94 espèces de rhopalocères que compte la région, la part des espèces méridionales (18 espèces) observées annuellement par rapport à l'ensemble des données récoltées est assez fluctuante d'une année à l'autre, et aucune tendance significative ne se dégage contrairement aux deux groupes

précédents (CENN, GRECIA, 2020). Les espèces d'affinités méridionales se densifient surtout dans les milieux thermophiles de la région (Figure 21), notamment les pelouses calcaires de la vallée de la Seine, ce qui fait de la Métropole de Rouen un des secteurs les plus riches de la région en rhopalocères d'affinités méridionales.

Cette tendance à l'expansion de l'aire de répartition des espèces a également été mise en avant pour un coléoptère coprophage, le *Coprimorphus scrutator*, dès les années 2010. Cette espèce a été observée pour la première fois en 2008, et a fait l'objet d'un suivi spécifique depuis. Elle n'a cessé de progresser et a parcouru en seulement cinq saisons (2008 à 2012) environ 40 km vers l'ouest et le nord de la région (Simon A, 2012 – Figure 22). Aujourd'hui, cette espèce a atteint le nord de la région.

En ce qui concerne la flore, il n'existe pas



Figure 20 : Part des espèces d'orthoptères d'affinités méridionales par rapport à l'ensemble des données récoltées annuellement en Normandie – Source : CENN, GRECIA, 2021.

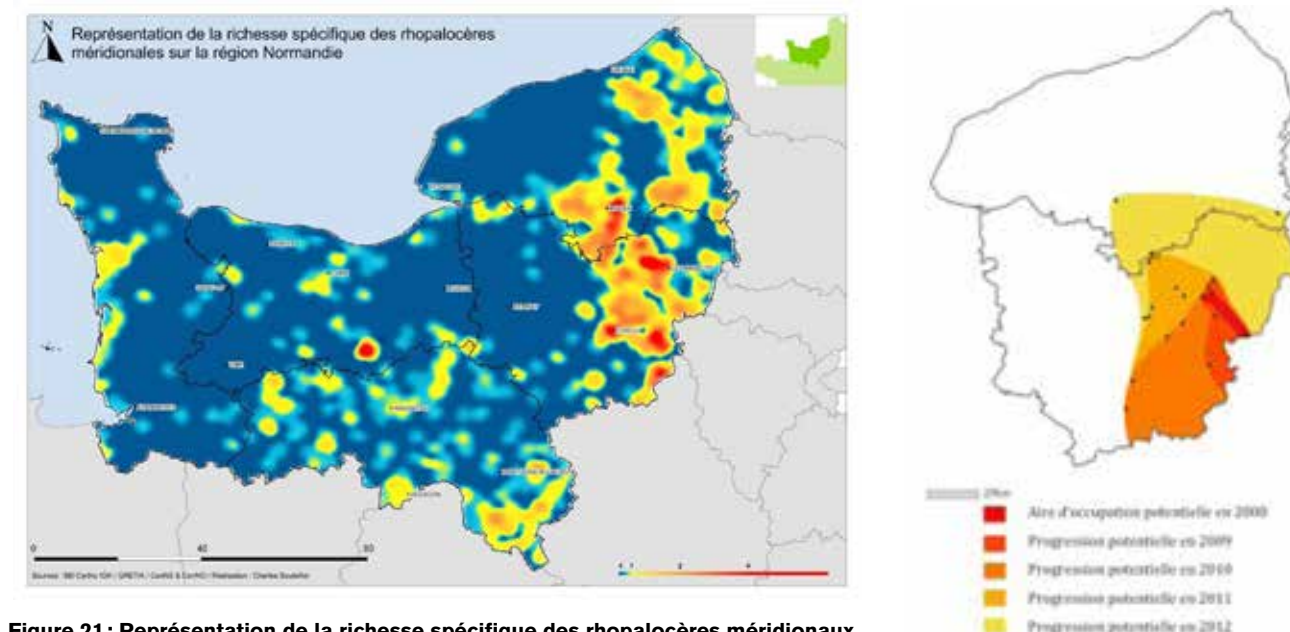


Figure 21 : Représentation de la richesse spécifique des rhopalocères méridionaux en Normandie – Source : CENN, GRECIA, 2020.

encore d'études à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie, ni de suivis des observations sur les mouvements de sa répartition. À l'échelle régionale, les évolutions sont surtout visibles sur la flore littorale, rudérale¹⁷ ou messicole¹⁸ (Zambettakis C. et Buchet J., communication personnelle). Le Réséda raiponce (*Reseda phyteuma*), une petite plante messicole méditerranéenne des milieux calcicoles, jusqu'alors uniquement présente dans le département de l'Eure, a ainsi été observée récemment dans le département de Seine-Maritime.

Mais des changements plus conséquents sont cependant en cours sur la flore, et ont été caractérisés aux niveaux national et international par plusieurs travaux scientifiques. La répartition de la très grande majorité des espèces est contrainte par le climat. Les premiers effets reconnus au niveau national en réponse aux hausses des températures sont un déplacement global de l'aire de répartition des espèces forestières vers les sommets des montagnes (+ 29 m par décennie), ce qui est peu réaliste en Normandie, et un déplacement vers des latitudes plus froides (Lenoir et al., 2008). Cependant, peu de mouvements en latitude de l'aire de distribution des plantes en plaine ont à ce jour été recensés par rapport aux décalages altitudinaux des plantes de montagne. Ceci s'explique probablement en raison de plus longues distances à parcourir pour retrouver des conditions de température similaires, de la fragmentation des habitats

plus importantes, et du moins bon état de conservation des habitats en plaine (Bertrand et al., 2011). À défaut de pouvoir s'adapter, de nombreuses plantes vont se retrouver menacées dans leurs secteurs actuels. Le décalage des aires de répartition a été modélisé en fonction des prévisions climatiques à venir pour quelques espèces, principalement forestières (compte tenu de l'enjeu économique que représentent les plantations forestières). Le Chêne vert (*Quercus ilex*), aujourd'hui cantonné aux secteurs méditerranéens, serait ainsi susceptible d'être présent en Normandie à l'horizon 2100, au moins dans les secteurs les plus thermophiles comme le littoral de la Manche (Figure 23).



Figure 22 : Évolution de l'aire d'occupation de *Coprimorphus scrutator* au cours de la période 2008-2012 – Source de la carte : Simon A, 2012. © Photo : David Vaudoré.

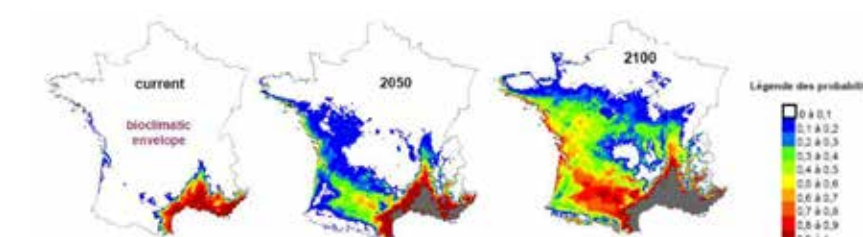


Figure 23 : Évolution de la niche climatique du Chêne vert (*Quercus ilex*) – Sources : Badeau 2007, Seguin 2007, repris Martin G, 2019.

¹⁷ Flore rudérale : plantes qui se développent généralement aux abords des habitations, sur les voies de circulation, les décombres, etc. en raison de la richesse en azote de ces espaces.

¹⁸ Flore messicole : plantes qui se développent de façon stricte ou préférentielle dans les cultures qu'elles accompagnent depuis plusieurs siècles.

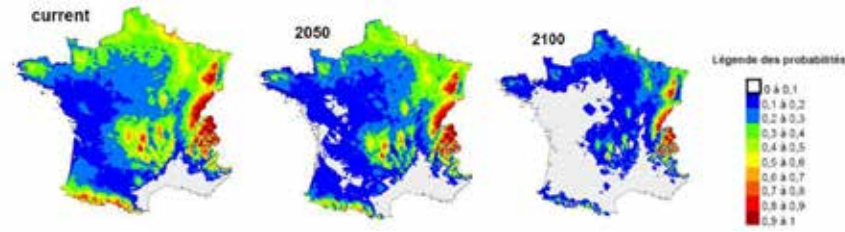


Figure 24 : Évolution de la niche climatique du Hêtre commun (*Fagus sylvatica*) – Sources: Badeau 2007, Seguin 2007, repris par Martin G., 2019.

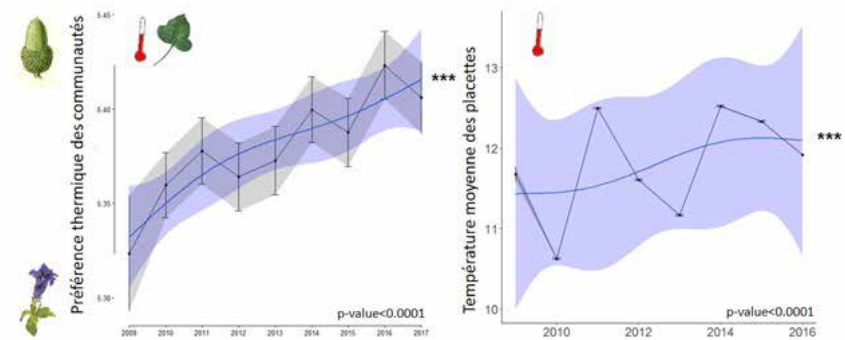


Figure 25 : Augmentation de la préférence thermique des communautés végétales et augmentation de la température sur la même période – Source: Martin G., 2019, adapté par Vigie Nature 2018.

Au contraire, le Hêtre commun (*Fagus sylvatica*), espèce typique des régions fraîches et bien arrosées, verrait son aire de répartition fortement diminuer en France et en Normandie. Sans forcément disparaître de la région, il deviendrait cantonné aux niches climatiques les plus fraîches (Kazmierczak et al., 2020; Figure 24).

Il y a encore peu de mouvements des aires de répartition des espèces végétales observées en plaines. En revanche, des changements de composition des communautés végétales ont été observés en moins de 10 ans. Les plantes ont des exigences différentes vis-à-vis de la température. En effet, elles n'ont pas toutes leur optimum de photosynthèse à la même température, certaines ont besoin d'une période de froid pour lever la dormance de leurs graines et de leur floraison, et d'autres ne supportent pas le gel. Ces diverses exigences ont amené les scientifiques à définir un Indice de Préférence Thermique (IPT) pour chacune d'elles, qui correspond à la température optimale nécessaire à leur développement. Des travaux menés à l'échelle nationale ont ainsi montré que la préférence thermique des communautés végétales de plaines s'est élevée de façon significative entre 2009 et 2017 (Martin G., 2019). Ces travaux ont été menés en s'appuyant sur les données de Vigie-Flore, un programme de sciences participatives portant sur la flore or-

dinaire, mis en place par le Centre d'écologie et des sciences de la conservation (CES-CO) du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Sur les 550 espèces étudiées parmi les plus communes de France, 246 ont vu leur abondance varier significativement entre un maintien et une augmentation des espèces ayant un IPT plus élevé (Figure 25). C'est le cas par exemple pour les espèces suivantes présentes sur la Métropole Rouen Normandie: la Vulpie queue-de-rat (*Vulpia myuros*), l'Arroche étalée (*Atriplex patula*), le Grémil des champs (*Buglossoides arvensis*), la Petite linare (*Chaenorhinum minus*), le Panic pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli*), le Gnaphale des mares (*Gnaphalium uliginosum*), la Linare élatine (*Kickxia elatine*), etc. Les relevés des conditions climatiques des placettes et d'autres facteurs pouvant influencer la flore (variation des nitrates, du CO₂, de l'humidité) ont permis de mettre en corrélation ces changements des communautés végétales avec la hausse des températures (Martin G., 2019). Les changements semblent étroitement liés au cycle de vie des plantes. Au sein des relevés, les plantes annuelles sont celles qui réagissent le plus à l'élévation de la température, alors que les pérennes montrent moins de changements, voire régressent. Comme pour l'ensemble des espèces de la faune et de la flore, plus le cycle de vie est court, plus la réaction aux changements environnementaux est rapide. La pression d'observation du

réseau Vigie-flore nécessiterait d'être renforcée et homogénéisée à l'échelle nationale, mais ces résultats suggèrent pour la première fois qu'une réponse des communautés végétales aux changements climatiques peut être détectée sur une courte période concernant majoritairement des milieux ouverts et en plaine (Martin G., 2019).

Milieux et espèces en régression ou menacés

Les amphibiens (grenouilles, crapauds, tritons et salamandres) sont de précieux indicateurs de la qualité et de l'évolution des milieux naturels, notamment aquatiques. Au regard de leur biologie et de leur écologie (organismes ectothermes, activité biphasique aquatique et terrestre, faible capacité de déplacement, etc.), les amphibiens sont particulièrement sensibles aux changements climatiques et à la fragmentation des habitats. De ce fait, 55,5 % des amphibiens de Normandie sont aujourd'hui menacés contre 47 % il y a dix ans (Barrioz M. 2022, Liste rouge régionale des amphibiens de Normandie). Les menaces qui pèsent sur les amphibiens découlent de plusieurs facteurs: modification des paysages agricoles, artificialisation, introduction d'espèces allochtones, et de façon croissante, les variations météorologiques et le changement climatique.

Les espèces d'affinités septentrionales-orientales semblent plus fragiles et avoir plus régressées que celles d'affinités méridionales occidentales (Figure 26). Cependant, à cause de la raréfaction et de la fragmentation des habitats, les espèces du sud et méditerranéennes peuvent aussi décliner faute de pouvoir coloniser de nouveaux secteurs (Barrioz M., 2019).

La Grenouille rousse (*Rana temporaria*), espèce septentrionale et boréale aujourd'hui en forte régression vraisemblablement du fait d'une accumulation de plusieurs facteurs liés aux changements climatiques, illustre la situation actuelle vécue par de nombreux amphibiens. L'augmentation des températures hivernales tend à altérer la vitellogénèse (processus de la fabrication des éléments à l'origine de l'œuf). Chez plusieurs espèces septentrionales à boréales, ce processus nécessite un passage froid pendant l'hivernation pour pouvoir s'effectuer (Neveu A. 2009), au risque sinon d'entraîner une baisse de la fécondité. La perturbation du régime des pluies et l'absence de recharge des nappes en hiver peuvent également entraîner l'absence d'eau dans les sites de reproduction (mares, bras morts, prairies inondées, etc.) en fin d'hiver (février/mars), obligeant alors les espèces à avoir recours à des milieux de substitution temporaires et peu durables (ornières, fossés, abreuvoirs...). Cette situation

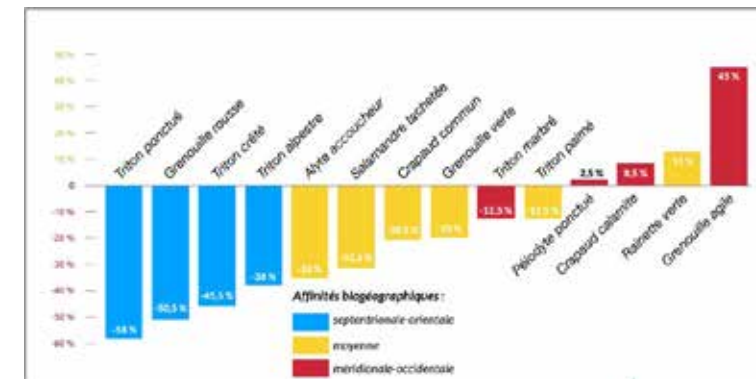


Figure 26 : Taux d'évolution des amphibiens en Normandie de 2007 à 2018 et précision de leurs affinités biogéographiques – Source: OBHEN, Barrioz M., 2020.

peut entraîner la perte des pontes et une année de reproduction. De plus, les printemps secs et chauds provoquent l'assèchement trop rapide des sites de reproduction dès la mi-mai, entraînant la mort des larves (dont le développement nécessite de 3 à 4 mois). Ces facteurs viennent s'ajouter aux autres liés à la pollution et à la disparition des habitats, pour une combinaison funeste pour ces espèces. Les variations interannuelles de la météorologie, amplifiées par les changements climatiques en cours, influencent la dynamique des populations d'amphibiens via la disponibilité des sites de reproduction et l'activité dans les milieux terrestres. Plus globalement, de nombreuses espèces européennes pourraient perdre leur environnement climatique adéquat d'ici 2050 du fait des scénarii de changement climatique (Araújo et al. 2006). Dans la Métropole Rouen Normandie, la Grenouille rousse (*Rana temporaria*), la Salamandre tachetée (*Salamandra salamandra*), le Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*) ou le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) sont particulièrement menacés (Barrioz M. 2022). Les reptiles (lézards et serpents) sont également considérés comme de précieux indicateurs de la qualité des milieux naturels, notamment en ce qui concerne les milieux ouverts et semi-ouverts comme les landes, les pelouses calcicoles, et le bocage. En raison de leur écologie et de leur biologie (organismes ectothermes), ces espèces sont particulièrement sensibles aux changements climatiques et à la fragmentation des milieux. Sur les 11 espèces présentes sur le territoire régional, 5 espèces ont connu une forte régression de leur aire de répartition au cours du XX^e siècle, leur territoire ayant été réduit de 20 % (OBHEN, Barrioz M., 2021), et 4 sont aujourd'hui menacées de disparition (Liste rouge des reptiles de Normandie, Barrioz M. & Lerest M., 2022) dont 3 sont présentes sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie: le Lézard vivipare (*Zootoca vivipara*), le Lézard des souches (*Lacerta agilis*) et la Vipère péliade (*Vipera berus*). Ces espèces d'affinités

septentrionales ou continentales sont affectées par les facteurs climatiques, notamment les sécheresses de plus en plus fréquentes au printemps et/ou en été, et l'augmentation des températures hivernales.

La Vipère péliade est l'espèce qui connaît actuellement le plus fort déclin. Pour cette espèce, ce sont surtout les contraintes hydriques qui ont un impact important, plus que l'augmentation des températures. L'humidité et la pluviosité pendant sa période d'activité doivent être importantes (les mises-bas ont lieu en fin d'été) et constituent des facteurs majeurs de sa répartition. Or la tendance actuelle évolue vers des étés de plus en plus secs et longs, obligeant la Vipère péliade à délaisser les milieux secs et ensoleillés pour les milieux plus frais (zones humides, lisières de forêt, réseau de haies, etc.). La Normandie a une responsabilité importante en matière de conservation de la Vipère péliade en France car environ un quart de son aire d'occupation nationale s'y trouve (OBHEN, Barrioz M., 2021). Il s'agit aussi de populations situées en limite sud-ouest de leur aire de répartition mondiale, présentant de ce fait un patrimoine génétique spécifique à ne pas laisser disparaître.

Le Lézard vivipare a disparu d'un quart des mailles historiques connues en seulement une vingtaine d'années. L'altération des zones humides (abandon des mares et des fossés, mise en culture des prairies humides), l'intensification des pratiques agricoles, la disparition des haies sont les facteurs principaux de son déclin. Ils accentuent aussi la vulnérabilité de l'espèce aux effets du changement climatique qui pourraient fortement toucher cette espèce d'affinités bioclimatiques boréales. Le Lézard des souches est une espèce patrimoniale qui a subi une forte diminution de ses populations et de son aire d'occupation d'ouest en est vraisemblablement du fait de températures de plus en plus douces en hiver. La majorité des populations encore présentes en Normandie l'est sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, le Perche Ornaï

et dans une moindre mesure autour d'Evreux. La responsabilité de la Métropole est donc très forte dans la conservation de cette espèce qui se trouve sur le « front de régression » de son aire de répartition nationale.

Les seules espèces qui n'ont pas régressé en Normandie, et qui au contraire se sont maintenues au sein de leurs aires d'occupation historiques, ont connu une expansion significative ou ont nouvellement colonisé la région, sont des espèces d'affinités méridionales qui progressent vers le nord-ouest au niveau national: le Lézard des murailles (*Podarcis muralis*), la Couleuvre d'Esculape (*Zamenis longissimus*), la Vipère aspic (*Vipera aspis*) et la Couleuvre verte et jaune (*Hierophis viridiflavus*). Ces deux dernières espèces n'ont pas encore atteint le territoire de la Métropole Rouen Normandie. En revanche, le Lézard des murailles est en expansion et la Couleuvre d'Esculape a été découverte pour la première fois sur le territoire en 2018 à Saint-Étienne-du-Rouvray.



Le Lézard des souches (*Lacerta agilis*) – © Jean-Loup Charpentier

Quelles perspectives et quelles mesures pour la biodiversité de demain sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie?

Si les exemples cités précédemment semblent significatifs, il n'est pas possible aujourd'hui de quantifier et d'analyser les mouvements et les régressions d'espèces. Mais ils confirment que les effets des changements climatiques sont en cours et rapides. Il s'agit d'un mouvement de fond et les exemples cités ne représentent que la face cachée de l'iceberg, car les cortèges de la faune et de la flore sont en train d'être profondément remaniés à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie et bien au-delà. Les changements climatiques modifient les rythmes biologiques, les aires de répartition, la reconstitution des communautés vivantes, le fonctionnement des écosystèmes, les chaînes trophiques, les cycles biogéochimiques et les services écosystémiques. Les conséquences sont encore méconnues et peu documentées mais elles seront majeures. En l'état actuel des connaissances, les éléments suivants peuvent cependant être retenus.

- L'installation de nouvelles espèces pourrait sembler bénéfique à la biodiversité du territoire de la Métropole Rouen Normandie. La température constitue en effet un frein à l'installation d'un grand nombre d'espèces dans les secteurs du nord de l'Europe. Cependant, en l'absence d'études approfondies sur la capacité de maintien des espèces locales et des effets de la concurrence interspécifique que cela va engendrer, cette perspective n'est pas vérifiable. À ce jour, les nouvelles espèces qui arrivent sur le territoire sont des espèces ubiquistes et communes dans leur aire d'origine. Elles présentent moins d'intérêt que de nombreuses espèces à forte valeur patrimoniale du territoire. Par ailleurs, compte tenu de la rapidité des changements environnementaux et de la raréfaction et de la fragmentation des habitats, il n'est pas garanti que les espèces méridionales et méditerranéennes puissent s'installer en Normandie. **Toutes les espèces d'affinités septentrionales et boréales restent les plus menacées du territoire et elles nécessiteront des mesures de suivi et de protection fortes.**

- **L'ensemble des milieux sera impacté à des degrés divers.** Parmi les plus vulnérables, la Métropole Rouen Normandie a une responsabilité élevée vis-à-vis de la protection des formations de vasières et des boisements alluviaux le long des berges et des îles de la Seine. Ceux-ci sont menacés en France et en Europe, et concernent des végétations telles que des roselières à Scirpes à tige trigones localisées sur les berges vaseuses inondées et exondées chaque jour par la marée dynamique, des mégaphorbiaies alluviales à Cuscuta d'Europe (*Cuscuta europaea*), et des végétations arborées à Saule blanc (*Salix alba*). La baisse des débits de la Seine annoncée à l'horizon 2100 (GIPSA, 2010; Kazmierczak et al., 2019) renforcera la durée et l'importance des périodes d'étiage, alors que de façon concomitante l'augmentation du niveau marin supérieure à 1 m d'ici 2100 (GIEC, 2018) aura un impact sur les durées et les périodes d'inondation. Compte tenu des aménagements de la Seine, les espèces et les milieux n'auront pas de possibilité de se replier pendant les périodes d'inondation, se retrouvant « étranglés » entre les digues et berges artificialisées et l'augmentation du niveau des eaux. Les espèces typiques des berges exondées comme les Scirpes et les cortèges ripicoles de carabes sont fortement menacées aujourd'hui. Les périodes d'assecs répétées seront également préjudiciables. Des phénomènes d'érosion des berges et les risques de relargage de polluants et de métaux lourds (aujourd'hui déposés sur les îles et les berges) risquent d'amplifier les impacts sur la biodiversité. Pour ces habitats, seuls des réaménagements des berges de la Seine et des conditions hydrauliques permettraient de laisser aux milieux fluviaux la possibilité de s'adapter aux nouvelles conditions.

- Les marais et les prairies humides et inondables du territoire seront également confrontés à plusieurs difficultés liées aux changements climatiques. Du point de vue des services écosystémiques, les zones humides représentent le plus important puits de carbone de la planète et leur dégradation entraîne des relargages de gaz à effet de serre. Ces milieux nécessitent une présence importante de l'eau, que ce soit par remontée de nappe, forte pluviométrie ou inondation. Mais du fait

de l'élévation du niveau de la mer, les phases d'inondation risquent d'être plus longues, ce qui est défavorable à un grand nombre d'espèces prairiales (phénomène d'asphyxie). À l'inverse, un grand nombre d'espèces ne pourra pas résister à des phases de sécheresses plus intenses, liées à l'évapotranspiration, aux fortes chaleurs, et à la baisse des débits des cours d'eau notamment l'été. Au sein des milieux humides de la Métropole Rouen Normandie, les secteurs de tourbières relictuelles sont particulièrement vulnérables. Au-delà de leur très grand intérêt en termes de biodiversité, les tourbières constituent des puits de carbone issus de plusieurs siècles d'accumulation de matière organique peu ou pas décomposée du fait de leur inondation quasi permanente. Les tourbières couvrent 3 % de la surface terrestre de la planète mais représentent 30 % du carbone total piégé dans les sols. En situation de bon fonctionnement de l'écosystème, notamment lorsque le fonctionnement hydrologique des sites n'a pas été perturbé, les tourbières actives stockent le CO₂ atmosphérique dans la tourbe au cours du processus de turfigénèse sur le long terme. Mais les activités humaines (drainage, exploitation agricole, extraction de tourbe, pollution, urbanisation, creusement de plan d'eau, etc.) entraînent leur dysfonctionnement et leur assèchement, et le réchauffement climatique accélère cet assèchement par l'augmentation de la température et de l'évapotranspiration. Les tourbières dégradées peuvent alors devenir des sources de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O) par minéralisation de la tourbe. Ainsi, chaque année, les tourbières drainées émettent à l'échelle de la planète environ 2 Gt de CO₂, ce qui représente environ 5 % du total des émissions anthropogènes (Pôle-relais tourbières, 2023), aggravant les effets du réchauffement climatique. À l'échelle de la Métropole Rouen Normandie, ces secteurs de tourbières ne sont pas très répandus (Figure 27) et pâtissent d'un déficit de connaissance d'après l'Étude de préfiguration à la mise en place d'un programme régional d'actions en faveur des tourbières de Normandie (Zambettakis C., Vochelet E. et al, 2021). En ce qui concerne les milieux tourbeux, il y a un enjeu très fort à sauvegarder ceux qui sont encore présents et à restaurer tous les secteurs possibles.

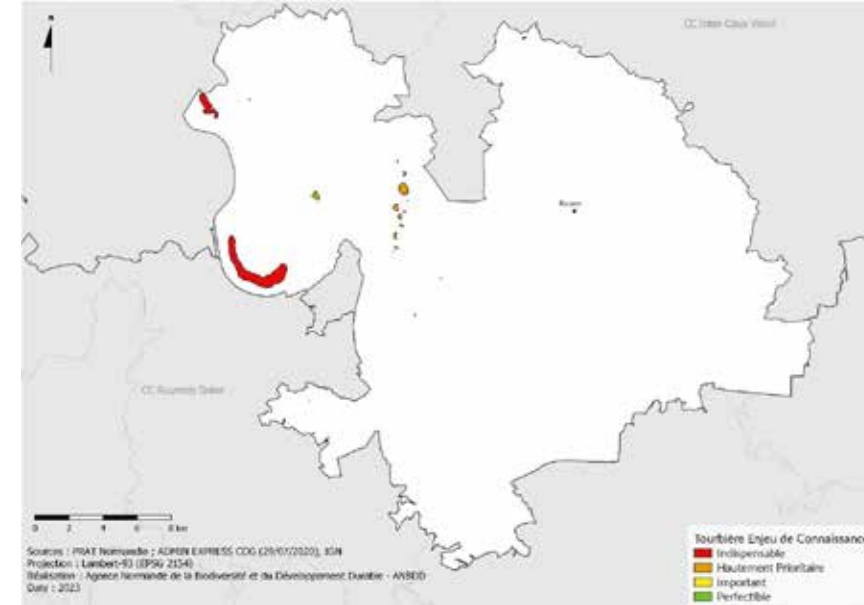


Figure 27 : Localisation des tourbières potentielles sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie et les niveaux d'enjeu d'amélioration des connaissances, Plan Régional d'Actions Tourbières de Normandie – Source : Zambettakis C., Vochelet E. et al, 2021, réalisation ANBDD.

- Avec l'augmentation des sécheresses estivales, les mares verront leurs niveaux d'eau fortement impactés, avec des risques plus fréquents d'assèchements complets ou d'augmentation de la température de l'eau. Afin de maintenir un réseau de milieux aquatiques apte à accueillir la flore et la faune qui y sont inféodées, des interventions seront nécessaires. Les populations d'amphibiens sont principalement concernées, mais c'est aussi le cas des cortèges d'odonates et de l'ensemble des espèces qui alternent dans leur développement une période de vie terrestre et aquatique. Par ailleurs, de nombreuses

plantes patrimoniales s'y développent, telles que le Flûteau nageant (*Luronium natans*), protégé aux niveaux national et européen. Ces milieux aquatiques constitueront également autant de refuges et d'îlots de fraîcheur pour des espèces en limite sud de leur aire de répartition (comme la Vipère péliade). En fonction des situations, des curages et des recensements partiels seront à envisager, voire la création à proximité de nouvelles mares plus profondes pour jouer le rôle de tampon en période très sèche et permettre une transition progressive de la faune et de la flore lorsque les premières mares ne seront



Le Flûteau nageant (*Luronium natans*), espèce des mares oligotrophes protégée au titre de la Directive européenne « Habitats Faune Flore » - © E. Cléré

pas « aménageables ». Sur le territoire normand, le programme d'action mare (PRAM) piloté par le Conservatoire d'espaces naturels de Normandie est un outil précieux qui permet d'avoir une bonne connaissance des mares présentes et de leur évolution, et d'envisager leur conservation dans l'avenir.

- L'augmentation de la température des cours d'eau influera directement sur l'habitabilité de la Seine et de ses affluents, et aura une incidence sur certaines espèces de poissons, mollusques, crustacés, notamment les espèces des eaux froides et avec des tolérances thermiques faibles. Cette augmentation de la température contribuera à la dégradation des milieux qui seront aussi affectés par la diminution des débits en période estivale, la baisse de l'oxygène dissous et la concentration des polluants dans l'eau. De nombreuses espèces du territoire de la flore et de la faune des eaux fraîches et oxygénées sont menacées, telles que les poissons migrateurs. La dernière Liste rouge de l'UICN des espèces menacées publiée en 2023 met notamment en lumière les conséquences du réchauffement climatique sur les poissons d'eau douce. Le saumon atlantique (*Salmo salar*), jusqu'alors classé dans la catégorie préoccupation mineure, est désormais considéré comme quasi menacé (UICN, 2023). Sa population à l'échelle mondiale a reculé de 23 % entre 2006 et 2020. L'augmentation de la température de l'eau influe sur leur reproduction, leur croissance et la concurrence avec d'autres espèces. Le risque pour ces milieux aquatiques est donc une homogénéisation des populations le long des cours d'eau et une perte de biodiversité importante (Tisseuil, 2013). Des mesures d'atténuation peuvent être envisagées localement par la restauration de ripisylves procurant de l'ombre et de la fraîcheur.

- Les milieux forestiers seront également fortement impactés et auront de faibles possibilités de migration. Même si des adaptations génétiques et épigénétiques locales sont possibles, les espèces ligneuses structurantes du milieu présentent des temps de régénération longs et les vitesses de déplacement parmi les plus faibles. En outre, les forêts sont composées de nombreuses espèces végétales, animales, de champignons, de bactéries, etc. en interaction étroite et en coévolution, et dont les potentialités de vitesse de migration ou d'adaptation vont être très différentes, perturbant les nouveaux cortèges. Les espèces forestières bénéficient entre autres de l'ombre, de la fraîcheur des sols et de l'humidité locale conférées par les formations boisées. Certaines formations de forêts sont particulièrement menacées sur le territoire. Il s'agit notamment des Hêtraies à Jacinthe des bois (habitat protégé au niveau européen). Ce type de forêt est lié aux climats

frais. Elle est présente dans le nord-ouest de la France jusqu'en Bretagne et sur quelques collines du Morvan et du Limousin. Elle présente un cortège floristique très riche en espèces telles que le Gaillet odorant (*Galium odoratum*), la Mélisse uniflore (*Melica uniflora*) la Fougère femelle (*Athyrium filix-femina*), l'Oxalide oseille (*Oxalis acetosella*), etc.

La Chênaie charmaie de fond de vallon à Scolopendre (*Asplenium scolopendrium*) et Lathrée écailleuse (*Lathraea squamaria*) (espèce rare et protégée) fait également partie des formations vulnérables. La survie de ces formations sera dépendante d'une gestion forestière adaptée dans les stations qui leur resteront favorables. L'identification de ces stations forestières, en tenant compte de la topographie, du micro-climat, des critères pédologiques, de l'état de conservation de la flore, etc. est à réaliser dès maintenant dans les plans de gestion durable des forêts en partenariat avec la profession et les propriétaires. La protection réglementaire de ces stations peut être à envisager.



Hêtraie à Jacinthe des bois – © C. Douville

Au-delà des formations forestières remarquables, l'ensemble des forêts sera affecté par des remaniements de cortèges floristiques et faunistiques. La biodiversité de ces milieux est fortement menacée tout comme les autres services écosystémiques rendus par les forêts. Or les sociétés humaines bénéficient de multiples avantages sociétaux, économiques, et de santé issus des écosystèmes forestiers : production de bois, production d'oxygène, captation et stockage du carbone, modulation du climat, aspects récréatifs et esthétiques (promenades, chasse, qualité des paysages...), régulation des crues, préservation des sols contre l'érosion, épuration de l'eau, etc. Ces contributions de la forêt aux sociétés et au bien-être humain reposent entièrement sur l'état de leur biodiversité et de leur bon fonctionnement écologique. En ce qui concerne la captation et la séquestration du carbone, le rôle des forêts est majeur car il s'agit du deuxième puits de carbone à l'échelle de la planète après les zones humides. En ce qui concerne les forêts de France métropolitaine, le stock de carbone est de 2 786 millions de tonnes de carbone (MtC), et la moitié de ce stock se situe dans la litière et la couche supérieure du sol (30 cm) (MAA et IGN 2021). Mais depuis les années 2000 une baisse constante de la productivité des forêts est observée, réduisant d'autant les capacités de la forêt à fixer le carbone. La forêt en France absorbait 53 MtC/an en 2015 et n'en absorbe plus que 32 MtC/an en 2020. Cette situation s'explique par différents facteurs tels qu'une augmentation de la mortalité naturelle des arbres de 54 %, une augmentation des prélèvements de 20 % et une

diminution nette de la production biologique de 10 % entre 2005-2013 et 2012-2020 (IGN 2022). Une partie de l'augmentation de la mortalité et de la diminution de la production biologique semble imputable aux changements climatiques. Ces derniers engendrent une fréquence plus importante d'événements météorologiques extrêmes (canicules, sécheresses, pluies torrentielles, tempête, etc.) qui expose la forêt à une recrudescence de chablis, et de feux de forêt (même en Normandie). L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses au cours des derniers étés a eu un impact majeur sur l'état sanitaire des forêts dans toutes les régions de France (Académie des sciences, 2023). Les sécheresses des dernières années ont particulièrement affecté le hêtre (*Fagus sylvatica*), l'épicéa (*Picea abies*), le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), à la fois sur les limites de leurs aires de répartition mais également en plein cœur (comme dans les Hauts-de-France pour le hêtre). Les sécheresses extrêmes entraînent la mortalité d'une partie des arbres et provoquent chez les survivants des arrêts de la croissance et de la photosynthèse, qui engendrent par la suite une diminution importante de la productivité et de la captation du CO₂. Lors des dernières sécheresses extrêmes en Europe, les forêts étaient devenues des sources de carbone en été (Académie des sciences, 2023). En outre, les arbres soumis à la sécheresse deviennent plus vulnérables aux crises sanitaires induites par divers parasites, agents pathogènes et insectes ravageurs selon une spirale dangereuse : non seulement les arbres sont fragilisés par les stress thermo-hydriques, mais ils

sont davantage exposés aux bioagresseurs qui migrent beaucoup plus vite, survivent et prolifèrent davantage en l'absence de froid hivernal (Decocq G., 2021). Les leviers pour préserver la biodiversité des forêts convergent avec ceux aptes à conserver les capacités de fixation du carbone. Ils seront à adapter et à partager avec les professionnels et les propriétaires forestiers afin de maintenir une production de bois locale. Les principes consistent à baisser toutes les formes de pressions sur le milieu et à adapter les prélèvements aux nouvelles conditions de production, notamment en tenant plus particulièrement compte des points suivants :
- Favoriser la régénération naturelle par semis plutôt que par plantation afin de limiter les impacts sur le sol et la biodiversité, favoriser la diversité génétique au sein des peuplements et les adaptations épigénétiques des espèces. Ces dernières désignent des mutations induites par l'environnement dans lequel l'arbre croît via des marques épigénétiques, transmises aux descendants par l'intermédiaire des graines. Puisque le patrimoine génétique et épigénétique des graines diffère d'une année sur l'autre, cela permet une adaptation locale de l'espèce, y compris pour des organismes ayant une longue durée de vie (Decocq G., 2021) ;
- Éviter toute introduction d'espèces exotiques. Le réchauffement climatique étant plus rapide que la capacité de migration des arbres, une des solutions possibles pour l'adaptation des forêts de production au réchauffement climatique est d'introduire des espèces résistantes au stress hydrique en provenance de régions plus chaudes et

sèches, d'origine lointaine, voire très lointaine lorsqu'il s'agit d'autres continents. Ces introductions prennent aussi le nom de « migration assistée ». Mais ces espèces, qui n'ont pas co-évolué avec l'environnement biotique et abiotique local, et qui n'ont pas été naturellement sélectionnées, peuvent être la source d'importants bouleversements écologiques : introduction d'agents pathogènes, invasions biologiques, érosion de la biodiversité, aggravation des incendies de forêts (Decocq, 2021) qui renforcent les effets du changement climatique (Michalet R. et al, 2023). Les introductions en forêt ne sont pas récentes et les exemples passés ne manquent pas : le Cerisier tardif (*Prunus serotina*), originaire des États-Unis et planté en France au début du XX^e siècle pour la qualité de son bois, est aujourd'hui envahissant dans plusieurs forêts d'Île-de-France et hors de contrôle dans les Landes ; la Chalarose du frêne qui décime aujourd'hui les Frênes (*Fraxinus*) dans un grand tiers nord-est de la France est provoquée par un champignon originaire d'Asie orientale introduit en Europe par l'importation de Frêne de Mandchourie (*Fraxinus mandshurica*), etc. Il est préférable pour la biodiversité comme pour le climat de s'appuyer sur les ressources d'adaptations locales des forêts, et plutôt favoriser les migrations assistées de proximité (en écartant les mouvements d'un continent à l'autre), ou les migrations assistées « de gènes » et non plus d'espèces. Elles consistent à aller chercher des graines dans des régions plus chaudes et sèches tout en restant au sein de l'aire d'indigénat de l'espèce, et de les introduire en mélange avec les provenances plus locales afin de renforcer la diversité génétique des peuplements.
- Préserver le sol (réservoir de carbone) en favorisant la sylviculture à couvert continu, en ajustant les densités des peuplements aux conditions hydriques, en augmentant la diversité des espèces, en supprimant les coupes à blanc (pratique préjudiciable à la biodiversité et qui peut engendrer un déstockage important du carbone du sol, sous forme de CO₂ et CH₄) pendant plusieurs années, voire décennies (GIP ECOFOR 2022).

▪ Si certaines espèces thermophiles du territoire pourraient être avantagées, à ce jour, aucune étude ne permet de dire que certains habitats pourraient l'être. Même les coteaux calcicoles, dont les espèces sont habituées à des conditions de température et de sécheresse élevées, pourraient ne pas être épargnés. Des températures très élevées, amplifiées par les phénomènes d'albédo, pourraient être létales à certaines espèces. En Aquitaine, des études sur des milieux similaires ont montré des dépérissements d'espèces vivaces au profit d'espèces pionnières, modifiant profondément l'habitat (Cistude nature, 2021). Au contraire, les coteaux

des Hauts-de-France semblent soumis à des évolutions prairiales, et des fermetures accélérées par les ligneux. Entre ces deux trajectoires, celle des coteaux de la Seine est à étudier de façon approfondie. Par ailleurs, avec l'augmentation des températures, les coteaux normands pourraient devenir favorables à la vigne et fournir des habitats de substitution aux vignobles du sud de la France trop exposés à la chaleur. Il est possible de concilier biodiversité et plantation de vignes dans une certaine mesure, mais il s'agit d'une nouvelle pression pour ces habitats.

Propositions de mesures à prendre ou d'études à mener

▪ Chaque dixième de degré d'augmentation de la température évité à l'échelle de la planète correspond à des espèces et des milieux « sauvés ». Les résultats des travaux du GIEC montrent qu'avec +1,5 °C d'augmentation des températures : 6 % des insectes, 8 % des plantes et 4 % des vertébrés perdent plus de la moitié de l'aire de leur niche climatique et 70 % à 90 % des coraux meurent ; avec +2 °C ce sont 18 % des insectes, 16 % des plantes et 8 % des vertébrés qui perdent plus de la moitié de l'aire de leur niche climatique et 100 % des coraux disparaissent de la surface de la terre entraînant avec eux la disparition d'une multitude d'espèces marines (GIEC, 2019). L'enjeu principal pour préserver la biodiversité des effets du changement climatique reste donc de réduire au maximum les émissions de gaz à effet de serre et limiter l'augmentation des températures.

▪ Le changement climatique vient exacerber une crise de la biodiversité déjà en cours. Les milieux les plus résilients seront les milieux en bon état de conservation, diversifiés, et en bon état de fonctionnement écologique. La réduction des pressions sur la biodiversité (arrêt de l'artificialisation et de la surexploitation des sols, réduction des polluants, etc.) et la restauration des milieux naturels et de leurs fonctionnalités seront primordiales et déterminantes pour favoriser la résilience des milieux face aux changements à venir. Parmi les nouvelles pressions induites par la crise climatique, un point de vigilance sera à porter sur l'implantation des énergies renouvelables, notamment en ce qui concerne les éoliennes (impact potentiel sur les oiseaux et les chiroptères), et les parcs photovoltaïques (impact sur la flore, les insectes et les populations de chiroptères (LPO, 2024)). Leur implantation constitue une nouvelle forme d'artificialisation

des sols, et doit être évitée dans les milieux naturels. En outre, les milieux en bon état de conservation seront des atouts pour la captation du carbone atmosphérique et l'atténuation du changement climatique. L'application des mesures de la Charte de la biodiversité (2021-2026) (MRN, 2021) portée par la Métropole Rouen Normandie va dans ce sens.

▪ L'acquisition de connaissances sur les interactions entre le climat et la biodiversité est un enjeu majeur. Ces connaissances sont aujourd'hui débutantes et lacunaires sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie.
- Dans un premier temps, la mise en place d'atlas avec des listes d'espèces et des cartes de répartition, pour chaque groupe d'espèces (faune et flore) à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie, accompagnés pour chaque espèce des dates des premières et des dernières observations sur le territoire, permettrait de mieux appréhender les effets du changement climatique. L'ajout de commentaires sur les affinités de chaque espèce et leurs aires de répartition naturelle permettrait de compléter les analyses. Sur la base de cette acquisition de connaissances, la création d'un nouvel indicateur de la biodiversité et du climat serait à envisager. Ces travaux à mettre en place avec les observatoires thématiques de la flore et de la faune de la Région constitueraient également un bon indicateur pour le suivi des continuités écologiques et des éventuelles ruptures.
- Dans un second temps, l'identification et la cartographie des milieux les plus vulnérables face aux changements climatiques, puis la mise en place de groupes de travail spécifiques à chaque milieu identifié serait à développer. Ces groupes de travail regrouperaient les spécialistes de chaque milieu afin d'identifier les suivis et les protocoles de protection à développer.
- Enfin, le développement des sciences participatives, selon les protocoles proposés dans le cadre de Vigie-Nature, programme national porté par le Muséum national d'Histoire naturelle et l'Office Français de la Biodiversité, permettrait de suivre la flore et la faune communes du territoire, et de bénéficier des analyses emboîtées à différentes échelles géographiques de ces données, tout en impliquant les citoyens aux enjeux de biodiversité et de changement climatique. Aujourd'hui, les relevés Vigie-Nature étant peu nombreux sur le territoire, leur développement permettrait de renforcer et consolider les résultats des études scientifiques effectuées sur ces pools de données.

• Le patrimoine naturel du territoire, composé par partie de reliques périglaciaires (témoignage de l'histoire climatique de la Région à préserver), d'espèces et de milieux de conditions froides, fraîches, ou de conditions atmosphériques humides, sera particulièrement affecté par les changements à venir. Des mesures spécifiques sont à prévoir pour ces milieux et ces espèces. Le déploiement du projet « Sentinelles du climat en Normandie, Adapter et anticiper les mesures de gestion face au changement climatique » porté par l'URCPIE de Normandie (Union Régionale des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement de Normandie) est à renforcer sur le territoire. Ce programme scientifique qui associe neuf structures naturalistes, porte sur le suivi des espèces (et de leurs milieux) les plus menacées par les changements climatiques, les projections sur l'évolution de leurs écosystèmes et la recherche des modalités d'adaptations locales ou de zones de repli.

• Le renforcement du réseau des corridors écologiques, adaptés à chaque trame, augmentera les chances d'adaptation et de déplacement des espèces. Les corridors sont à travailler à l'intérieur du territoire de la Métropole, les deux gros îlots urbains du territoire (Rouen et Elbeuf) constituant des barrières infranchissables pour de nombreuses espèces, mais également en dehors du territoire (travail en cohérence avec la trame verte et bleue régionale à mettre en place) afin d'assurer une continuité et l'accueil des espèces thermophiles. Des protocoles de suivi adaptés sur des espèces témoins du bon fonctionnement de ces déplacements seraient à développer et à mettre en place.

• Les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN) doivent être privilégiées pour accompagner l'adaptation du territoire et des populations aux futurs changements climatiques. Portées depuis 2016 par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), les SafN sont des actions qui s'appuient sur les services rendus par les écosystèmes pour répondre aux défis que posent les changements globaux aux sociétés humaines (lutte contre les changements climatiques et les risques naturels, préservation de la santé et du bien-être, de la sécurité alimentaire et de l'approvisionnement en eau...). Il paraît nécessaire de définir à l'échelle de la Métropole des SafN à mettre en place, tout particulièrement dans la lutte contre les inondations, la préservation des zones humides, des zones exondées et des zones d'expansion des crues. Cet exercice sera notamment fondamental dans un contexte d'élévation du

niveau marin et de ses effets dans la vallée de Seine (l'adaptation de la gestion des îles et des berges de la Seine et des principaux cours d'eau, des mares exondées). À titre d'exemple sur le territoire, la préservation des prairies humides de la vallée de Seine sera à mener conjointement avec la restauration de zones d'expansion de crues nécessaires à la protection des populations. L'implantation de haies permet également de concilier des objectifs climatiques et de biodiversité. Habitat semi-naturel d'origine anthropique, la haie joue à la fois le rôle de réservoir de biodiversité et de corridor écologique dans la trame verte et bleue des territoires. Elle joue également un rôle fondamental en matière de régulation du climat (brise-vent, îlot de fraîcheur, baisse de l'évaporation, ombrage...), de régulation hydraulique (maîtrise du ruissellement, rôle épuratoire, régulation des crues, maintien des berges, etc.), de conservation des sols (limitation de l'érosion et du lessivage des sols, abris pour les auxiliaires de culture, etc.) et d'atténuation du changement climatique (stockage de carbone, production de biomasse, etc.). Aujourd'hui, la Métropole Rouen Normandie fait partie des EPCI de Normandie qui compte le moins de haies : 13,6 ml/ha contre 57 ml/ha en moyenne en Normandie (ANBDD, 2021). Ce paysage de haie est traditionnel sur une partie du territoire (sur les prairies humides le long de la vallée de la Seine) mais serait à élargir à d'autres secteurs et tout particulièrement sur les secteurs de plateaux cultivés.

• Le changement climatique affecte également les aires naturelles protégées de la Métropole. Les questionnaires sont confrontés à la nécessité d'intégrer les enjeux climatiques, d'adapter les pratiques de gestion, les objectifs de préservation, les protocoles de suivis, etc. Afin de les accompagner dans cette démarche, il pourrait être bénéfique de se rapprocher (ou d'intégrer) la communauté scientifique développée dans le cadre du projet Natur'Adapt piloté par Réserves Naturelles de France (de 2018 à 2023), ou tout du moins adopter les outils déployés dans le cadre de ce programme, afin d'élaborer des diagnostics de vulnérabilité et des plans d'adaptations. Des aires protégées « pilotes » à l'échelle de la Métropole pourraient être identifiées pour le déploiement de ces outils. Les enseignements tirés de la gestion des aires protégées seront des références pour la gestion de l'ensemble des milieux naturels du territoire.

• Par ailleurs, le réseau des aires protégées serait à renforcer sur le territoire en mettant l'accent sur les espèces et les milieux les plus vulnérables aux changements climatiques. L'objectif national de la « Stratégie Nationale des Aires Protégées » est de protéger 30 % du territoire dont 10 % en protection forte d'ici 2030. La déclinaison de ces objectifs serait un enjeu ambitieux et particulièrement efficace en faveur de la protection de la biodiversité et du climat pour la Métropole Rouen Normandie¹⁹.

• L'implantation d'un réseau d'îlots de fraîcheur et de biodiversité en ville serait à travailler sur différentes strates (herbacées, aquatiques, boisées). L'aménagement d'îlot de fraîcheur pour des espèces sauvages (en milieux naturels et non plus urbains), telles que les amphibiens qui ne peuvent réguler leur propre température, est également à envisager notamment par l'implantation ou la restauration de haies « climatiques » et de points d'eau résilients à l'augmentation de la température sur les secteurs les plus stratégiques.

• Aux effets du changement climatique s'ajoutent les conséquences de la prolifération des espèces exotiques envahissantes (EEE). Qualifié par les scientifiques nationaux (UICN, GISP) de « duo mortel » pour les milieux naturels, il est indispensable de faire la part des choses entre l'arrivée de nouvelles espèces thermophiles en expansion d'aires de répartition qui viendront enrichir les cortèges locaux, et des EEE qui pourraient contrecarrer la résilience et l'installation de nouveaux équilibres naturels. Les mesures de lutte contre les EEE deviendront de plus en plus pressantes pour préserver la biodiversité locale.



L'Austreberthe – L'augmentation de la température des cours d'eau aura un impact fort sur la faune et la flore aquatiques. © Alexandre Dudouble

Ressources bibliographiques

Académie des sciences, 2023. Les forêts françaises face au changement climatique Rapport du Comité des sciences de l'environnement de l'Académie des sciences et points de vue d'Académiciens de l'Académie d'Agriculture de France - juin 2023. 52 p

Allentof M. E. and O'Brien J., 2010. Global amphibian declines, loss of genetic diversity and fitness: a review. Diversity 2, 47–71. doi: 10.3390/d2010047

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2020. Évolution de l'aire occupée par les principaux types d'occupation des sols en Normandie. ANBDD, 20 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2020. Évolution de la surface artificialisée annuellement en Normandie. ANBDD, 16 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2021. État et évolution de la densité et de la connectivité des haies en Normandie. ANBDD, 16 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2021. Fragmentation des cours d'eau en Normandie. ANBDD, 24 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2021. État écologique des masses d'eau de surface en Normandie. ANBDD, 20 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2022. Surface en aires protégées terrestres en Normandie. ANBDD, 15 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2023. Évolution de la surface toujours en herbe dans la surface agricole utile en Normandie. ANBDD, 12 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ANBDD Agence normande de la biodiversité et du développement durable, 2023. Espèces menacées en Normandie Bilan 2022. Poster. <https://www.anbdd.fr/wp-content/uploads/2023/05/Kakemono-Vfinale-web-full.png>, consulté 10/2023

Araújo M.-B., Thuillier W. & Pearson, R.-G. 2006. Le réchauffement climatique et le déclin des amphibiens et des reptiles en Europe. Journal de biogéographie 33: 17121728

Asset B., Boulard L., Cléré E., Blondel C., 2021. Plan National d'Actions en faveur de la flore endémique de la vallée de la Seine normande et de ses habitats (2021-2031). Ministère de Transition Écologique, DREAL Normandie, Conservatoire botanique national de Bailleul, Conservatoire d'espaces naturels de Normandie, 88 p.

Badeau V., Dupouey J.L., Cluzeau C., Drapier J., 2007 Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2007, 3, pp.62-66. fhfal-02665646

Barrios M., Lerest, M., 2022. Liste rouge des reptiles de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. OBHeN, URCPIE de Normandie, ANBDD 12 p.

Barrios, M., 2022. Liste rouge des amphibiens de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. OBHeN, URCPIE de Normandie, ANBDD 12 p.

Battisti A., Stastny M., Netherer S., Robinet C., Schopf A., Roques A., Larsson S., 2005. Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. Ecol. Applicat., 15(6), 2084-2096.

Bertrand R. et al. 2011. Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. Nature, vol. 479, no 7374, p. 517-520.

Both C, Bouwhuis S, Lessells CM, Visser ME., 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. Nature. 2006 May 4; 441(7089):81-3. doi: 10.1038/nature04539. PMID: 16672969.

Bradshaw W. E. & Holzapfel C. M., 2006. – Climate change. Evolutionary response to rapid climate change. Science (New York, N.Y.), 312 (5779): 14771478 doi: 10.1126/science.1127000.

Buchet J., Housset P., Joly M., Douville C., Levy W., Dardillac, A., 2015. Atlas de la flore sauvage de Haute-Normandie. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, 696 p.

Buchet, J., Waymel, J., Vally, N., Zambettakis, C., Conservatoire botanique national de Brest, Conservatoire botanique national de Bailleul, 2021. Plantes messicoles de Normandie. ANBDD, 2021, 28 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

CBNBL, 2015. Les terrasses alluviales de la Seine Normande. Jouet du vent, numéro spécial novembre 2015. Conservatoire botanique national de Bailleul, 12 p.

Cléré E., Buchet J., 2022. Bilan floristique et stratégie de préservation de la flore menacée du territoire de la Métropole Rouen Normandie. Conservatoire botanique national de Bailleul, 56 p. + annexes

Cléré, E., 2022. État des connaissances bryologiques sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie. Conservatoire botanique national de Bailleul, pour la Métropole Rouen Normandie. 16 p. + annexe

CENNS et CENNNO Conservatoire d'espaces naturels Normandie Seine et Conservatoire d'espaces naturels Normandie Ouest, 2018. Stratégie régionale relative aux Espèces Exotiques Envahissantes, 2018-2022. 95 pages

CENN Conservatoire d'espaces naturels Normandie, GRETA Groupe d'étude des invertébrés armoricains, 2020. État du peuplement des rhopalocères en Normandie. ANBDD, 2020, 24 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

CENN Conservatoire d'espaces naturels Normandie, GRETA Groupe d'étude des invertébrés armoricains, CERCION Collectif d'Études Régional pour la Cartographie et l'Inventaire des Odonates de Normandie, 2020. Peuplement des odonates en Normandie. ANBDD, 20 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

CENN Conservatoire d'espaces naturels Normandie, GRETA Groupe d'étude des invertébrés armoricains, 2021. État du peuplement des criquets et sauterelles en Normandie. ANBDD, 20 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

CENN Conservatoire d'espaces naturels Normandie, GRETA Groupe d'étude des invertébrés armoricains, 2021. Scarabéides de Normandie. ANBDD, 16 p. (Les indicateurs de la biodiversité)

Cerema, 2018. Le développement de la séquestration du carbone: un enjeu pour le climat - Valise pédagogique Plans locaux d'urbanisme Des arguments pour agir en faveur du climat, de l'air et de l'énergie. Cerema, 8 p.

Sandra Díaz et al., 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. Science366, eaax3100 (2019). DOI: 10.1126/science.aax3100

Douville, C., Zambettakis, C., CBN Conservatoire botanique national de Brest, CBN Conservatoire botanique national de Bailleul, 2020. La flore vasculaire sauvage de Normandie. ANBDD, 2020, 28 p. (Les indicateurs de la biodiversité)

Decocq G., et al., 2021. L'introduction d'essences exotiques en forêt, Livre blanc. Société botanique de France, 2021, 74 p.

FAO Food and Agriculture Organization, ONU Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2018. Forêts et villes durables. Unasylva, Revue internationale des forêts et des industries forestières Vol. 69 2018/1, 88 p.

¹⁹ À titre informatif, des recherches récentes ont montré que protéger, restaurer et réensauvager 30 % des milieux naturels les plus dégradés préviendraient la disparition de 70 % des espèces menacées d'extinction, et permettrait de stocker l'équivalent de 50 % des gaz à effet de serre rejetés par l'humanité depuis le début de l'ère industrielle (Bernardo S., 2020) Les scientifiques préconisent de cibler en priorité les forêts tropicales, les zones humides côtières et les tourbières.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 182 p.

FPPMA Fédérations de pêche et protection du milieu aquatique Calvados, Eure, Manche, Orne, Seine-Maritime, 2021. État des populations des poissons d'eau douce en Normandie. ANBDD, 2021, 28 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

Frolking, S. and Roulet, N. T. (2007), Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. *Global Change Biology*, 13: 1079–1088. doi: 10.1111/j.1365-2486.2007.01339.x

GIEC, 2013. Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs. 34 p.

GIEC, 2014, Changements climatiques 2014 Incidences, adaptation et vulnérabilité, Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Résumé à l'intention des décideurs, 40 p.

GIEC, 2018. Résumé à l'intention des décideurs, Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté [Publié sous la direction de V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor et T. Waterfield]. Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 32 p.

GIEC, 2019, Résumé à l'intention des décideurs, Changement climatique et terres émergées: rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres. [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (dir. publ.)]. En ligne <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>

GIPSA Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval, 2010. Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire: Effets prévisibles du changement climatique dans l'estuaire de la Seine. 6 p.

GMN Groupe mammalogique normand, 2020. Les mammifères sauvages de Normandie. ANBDD, 2020, 16 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

GMN Groupe mammalogique normand, 2022. Liste rouge des mammifères de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. Groupe mammalogique normand, 16 p.

GMN Groupe mammalogique normand, 2023. Les chiroptères de Normandie, état des lieux des connaissances et comment agir. Programme régional d'actions. ANBDD, 24 p. (Les indicateurs de la biodiversité)

GON Groupe ornithologique normand, 2020. Bilan de la diversité ornithologique observée en Normandie (1969-2019). ANBDD, 24 p. (Les indicateurs de la biodiversité)

GON Groupe ornithologique normand, 2020. Évolution des comportements migratoires d'espèces d'oiseaux sensibles en Normandie. ANBDD, 12 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

GON Groupe Ornithologique Normand, 2021. Évolution de la répartition des oiseaux caractéristiques des zones humides en Normandie. ANBDD, 16 p. (Les indicateurs de la biodiversité de Normandie)

IGN Institut national de l'information géographique et forestière, 2022. Cartographie l'anthropocène. Atlas IGN - Changer d'échelle pour pouvoir agir. IGN, 84 p.

IGN, 2022. Inventaire forestier national; mémento, édition 2022. 35 p.

INPN Inventaire national du patrimoine naturel, 2021. La biodiversité en France - 100 chiffres expliqués sur les espèces. UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), 52 p.

INPN, MNHN, 2021. La liste Rouge des espèces menacées en France, 13 ans de résultats. UICN, OFB, MNHN, 6 p.

IPBES, 2019. Rapport d'évaluation mondial sur la biodiversité et les services écosystémiques de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. Secrétariat de l'IPBES, 1148 p.

IPBES, 2019, Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Diaz, J. Settele, E. S. Brondizio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 p.

IPBES, 2021. Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change. IPBES secretariat, 230 p.

Kazmierczak L., Aubert M., Charrier F., et al., 2020. Les forêts de la Métropole Rouen Normandie face au changement climatique. Rapport du GIEC local pour la Métropole Rouen Normandie, 40 p.

Kazmierczak L., Laignel B., Nouaceur Z., Charrier F., 2019. La ressource en eau et le risque inondation dans la Métropole rouennaise: constat et analyse prospective dans un contexte de changement climatique. Rapport du GIEC local pour la Métropole Rouen Normandie, 24 p.

Laignel B., Nouaceur Z., 2023. Évolution du climat à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie. Rapport du GIEC de la Métropole Rouen Normandie, 32 p.

Lavorel S, Colloff MJ, McIntyre S, Doherty MD, Murphy HT, Metcalfe DJ, Dunlop M, Williams RJ, Wise RM, Williams KJ. 2015. Ecological mechanisms underpinning climate adaptation services. *Glob Chang Biol*. 21(1):12–31. doi: 10.1111/gcb.12689.

Lenoir J. et al. 2008. À significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, vol. 320, p. 1768-1771.

Lenoir, Jonathan, 2022, Avec le changement climatique, la migration silencieuse des espèces. *The Conversation*, 12 octobre 2022, en ligne <https://theconversation.com/avec-le-changement-climatique-la-migration-silencieuse-des-especes-189017>, consulté 03/2023

LPO AuRA, Ligue pour la protection des oiseaux Auvergne Rhône Alpes, 2024. Guide pour une meilleure intégration des enjeux chiroptères sur les centrales solaires photovoltaïques au sol. LPO AuRA 43 p.

MAA & IGN, 2021. Etat et évolution des forêts françaises métropolitaines; indicateurs de gestion durable 2020. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (MAA) et Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), 307 p.

Martin G et al. 2019. Short-term climate-induced change in French plant communities. *Biology Letters*. 15(7) :20190280.

MEA, Millenium Ecosystem Assessmen, 2005. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, 86 p.

Michalet, Richard & Carcaillet, Christopher & Delerue, Florian & Domec, Jean-Christophe & Lenoir, Jonathan., 2023. Assisted migration in a warmer and drier climate: less climate buffering capacity, less facilitation and more fires at temperate latitudes? *Oikos*. 10.1111/oik.10248.

MNHN, 2022, Quelles sont les cinq grandes crises de la biodiversité? En ligne <https://www.mnhn.fr/fr/quelles-sont-les-cinq-grandes-crisis-de-la-biodiversite>, consulté 01/2023

MRN, Métropole Rouen Normandie, 2021. Charte de la biodiversité 2021-2026 sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie. Métropole Rouen Normandie. 112 p.

Neveu A., 2009. Incidence of climate on common frog breeding: Long-term and short-term changes, *Acta Oecologica* 35: 671-678.

OBHeN Observatoire batracho-herpétologique normand, URCPIE Normandie, 2020. Les amphibiens en Normandie. ANBDD, 2020, 24 p. (Les indicateurs de la biodiversité)

OBHeN Observatoire batracho-herpétologique normand, 2021. État des populations de reptiles en Normandie. ANBDD, 16 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

ONB Observatoire national de la biodiversité, 2022. Indicateur Date d'arrivée des oiseaux migrants. En ligne Portail NatureFrance <https://naturefrance.fr/indicateurs/date-darivee-des-oiseaux-migrants>, consulté en septembre 2022

ONB Observatoire national de la biodiversité, 2023. La biodiversité française en déclin: 10 ans de chiffres-clés par l'Observatoire national de la biodiversité. ONB, 7 p.

Oiseaux.net, Portail ornithologique collaboratif <https://www.oiseaux.net/>. La migration de l'hirondelle rustique. En ligne <http://www.hirondelle.oiseaux.net/migration.html>, consulté en octobre 2023

Pole-relais tourbières, 2023 Tourbières et climat. En ligne <https://www.pole-tourbieres.org/thematique/tourbieres-et-climat/>, consulté 09/2023

Racine, A., Simon A., 2022. Liste rouge des odonates de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. GRECIA, CEN Normandie, 14 p.

SEINORMIGR Seine-Normandie migrants, 2021. État des populations des poissons migrants en Normandie. ANBDD, 2021, 28 p. (Les indicateurs biodiversité de Normandie)

Seguin B., 2007. Les changements climatiques et les impacts observés sur les écosystèmes terrestres. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n° 3 « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques », pp. 1-8

Simon A., 2012. *Coprimorphus scrutator* (Herbst, 1789) en Haute-Normandie. Précisions sur sa répartition et éléments de biologie (Coleoptera; Aphodiidae). *L'Entomologiste haut-normand*, 2, 11-17

Simon A., 2016. Expansion de quatre espèces d'insectes d'affinités méridionales en Normandie (Odonata – Rhopalocera – Orthoptera - Coleoptera). *L'Entomologiste haut-normand*, 6, 2-10

Simon, A., Chereau, L., 2022. Liste rouge des orthoptères de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. CEN Normandie, GRECIA, 16 p.

Simon, A., Chereau, L., 2022. Liste rouge des rhopalocères et des zyènes de Normandie. Évaluation des menaces selon la méthodologie de l'UICN. CEN Normandie, GRECIA, ANBDD, 16 p.

Stauth, S., Cléré, E., Prey, T., Lagrandie, J., CPIE du Cotentin, Conservatoire botanique national de Brest, Conservatoire botanique national de Bailleul, 2021. Bryophytes de Normandie. ANBDD, 28 p. (Les indicateurs de la biodiversité)

Syndicat mixte de gestion de la Seine Normande, 2023. Stratégie de gestion des milieux aquatiques et humides de la vallée de la Seine Normande 2023-2028. 114 p.

Strassburg B. B. N. et al., 2020. Global priority areas for ecosystem restoration, *Nature*, Vol 586, p 724 à 729 et annexes. doi: 10.1038/s41586-020-2784-9

Tisseuil C, Cornu JF, Beauchard O, Brosse S, Darwall W, Holland R, Huguény B, Tedesco PA, Oberdorff T. 2013. Global diversity patterns and cross-taxa convergence in freshwater systems. *J Anim Ecol*. 2013 Mar; 82(2) : 365-76. Doi: 10.1111/1365-2656.12018. Epub 2012 Nov 22. PMID: 23173605.

Triplet, P., 2022. Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la Nature, 8e éd. 1315 p. En ligne <https://www.laccreteil.fr/spip.php?article504>,

UICN, 2022. La Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2022-2. Union Internationale pour la Conservation de la Nature. En ligne <https://www.iucnredlist.org>

UICN, 2023. La liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2023-1 Union Internationale pour la Conservation de la Nature. En ligne <https://www.iucnredlist.org/>

UICN France, Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, Agence française pour la biodiversité, Muséum national d'histoire naturelle, 2018. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine. Comité français Union mondiale pour la nature UICN, 32 p.

Vigie flore, 2018. Vigie flore bilan 2023, 15 ans de relevés botaniques. Vigie flore. 40 p.

WWF, 2022. Rapport Planète Vivante 2022 - Pour un bilan « nature » positif. WWF, 115 p.

Zambettakis C, Vochelet E, et al., 2021. Étude de préfiguration à la mise en place d'un programme régional d'actions en faveur des tourbières de Normandie. CEN Normandie et CBN Brest/Bailleul.

Données informatiques

Digitale2 Système d'information sur la flore et la végétation - Conservatoire Botanique National de Bailleul

<https://digitale.cbnl.org>

ODIN Outil de Diffusion de l'Information Naturaliste de Normandie - ANBDD <https://odin.anbdd.fr/odin/#/home>

SIFLORE Fédération des Conservatoires botaniques nationaux

https://siflore.fcbn.fr/?cd_ref=&r=metro

Notes

[illegible]

Notes

[illegible]

Notes

[illegible]

Notes

[illegible]

En cas d'utilisation de données ou d'éléments de ce rapport, il doit être cité selon la forme suivante :

Douville C. (2024). Les effets des changements climatiques sur la biodiversité de la Métropole Rouen Normandie. Rapport du GIEC de la Métropole Rouen Normandie, 40 p.

Le GIEC de la Métropole Rouen Normandie ne serait en aucune façon responsable des interprétations, productions intellectuelles, et publications diverses résultant des résultats de leurs travaux et pour lesquelles il n'aurait pas donné d'accord préalable.

Le GIEC de la Métropole Rouen Normandie est un groupe d'experts créé dans le cadre de la COP21 Rouen Normandie animée par la Métropole Rouen Normandie.

Les experts proviennent des structures suivantes :



CONTACT

Léo KAZMIERCZAK - Chargé de projet climat

leo.kazmierczak@metropole-rouen-normandie.fr

Charlotte CÉLESTIN - Responsable de projets PCAET

charlotte.celestin@metropole-rouen-normandie.fr