



ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ EN ÎLE-DE-FRANCE

L'INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ EN ÎLE-DE-FRANCE

L'INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Mars 2026

Directeur général : Nicolas Bauquet

Directeur général adjoint, coordination des études : Sébastien Alavoine

Coordination et animation du projet : Hemminki Johan

Comité de rédaction : Solène Agnoux (ARB Îdf/MNHN), Marc Barra (ARB Îdf), Lucile Dewulf (ARB Îdf), Klaire Houeix (ARB Îdf), Gabrielle Huart (ARB Îdf), Grégoire Lois (ARB Îdf), Cédric Mondy (OFB), Olivier Renault (ARB Îdf), Jeanne Vallet (CBNBP)

Relecture : Marc Barra (ARB Îdf), Lucile Dewulf (ARB Îdf), Jonathan Flandin (ARB Îdf), Gwendoline Grandin (ARB Îdf), Gabrielle Huart (ARB Îdf), Klaire Houeix (ARB Îdf), Gilles Lecuir (ARB Îdf), Grégoire Lois (ARB Îdf), Cédric Mondy (OFB), Ophélie Ricci (ARB Îdf), Olivier Renault (ARB Îdf), Jeanne Vallet (CBNBP)

Mise en page : Agnès Charles

Impression : Frazier

N° d'ordonnancement : 43.17.10

ISBN : 978-2-7371-2281-1

Crédit photo de couverture : Un Citron (*Gonepteryx rhamni*) © Eberhard Pfeuffer

Citation recommandée : H. Johan, S. Agnoux, M. Barra, L. Dewulf, K. Houeix, G. Huart, C. Mondy, O. Renault, J. Vallet, G. Lois, (2026).

État de santé de la biodiversité en Île-de-France - L'influence du changement climatique. Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France. L'Institut Paris Region, Paris, 100 p.

L'Institut Paris Region

Campus Pleyad - Pleyad 4

66-68 rue Pleyel

93200 Saint-Denis

Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49

www.institutparisregion.fr

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

La biodiversité francilienne évolue rapidement sous l'effet combiné du changement climatique et des autres pressions d'origine anthropique. Les données naturalistes montrent que la région subit déjà des modifications profondes des communautés animales et végétales. Ces évolutions se déroulent dans un contexte où le climat régional a gagné plus d'un degré depuis le milieu du xx^e siècle, et où la trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) prévoit environ deux degrés supplémentaires d'ici 2050 si les tendances actuelles se poursuivent.

Dans plusieurs groupes étudiés, la proportion d'espèces en déclin est nettement plus forte chez celles associées à des conditions fraîches. Les insectes illustrent ce basculement : certaines espèces autrefois répandues diminuent fortement, comme la Cordulie bronzée dont la part relative d'observations recule d'environ un tiers en 15 ans. À l'inverse, des espèces thermophiles progressent, comme la Mante religieuse, désormais très largement établie en Île-de-France alors qu'elle était localisée à certains secteurs il y a 30 ans. Ces redistributions témoignent d'un ajustement continu des communautés aux nouvelles conditions climatiques.

Les milieux aquatiques présentent également des signaux de vulnérabilité. La hausse des températures de l'eau, combinée à des baisses de débits estivaux pouvant atteindre 30 %, fragilise la reproduction des espèces sensibles et déstabilise les zones humides. Les stations de suivi montrent que les sites les plus exposés au réchauffement printanier et estival enregistrent les modifications les plus marquées dans la composition de leurs communautés. Ces milieux, déjà soumis à des pressions d'usage, voient leur capacité d'adaptation diminuer.

Les milieux agricoles constituent un enjeu particulièrement important dans notre région car ils occupent près de la moitié de l'Île-de-France. Premières victimes de l'extension de l'artificialisation, ils figurent également en première ligne des milieux touchés par le changement climatique. La biodiversité qu'ils accueillent est en fort déclin, avec des effets négatifs sur les rendements (sécheresses et gels tardifs), sur la capacité des sols à retenir ou à absorber l'eau de pluie, sur la résistance des cultures aux parasites et aux pathogènes, etc. Les forêts restent des refuges pour certaines espèces sensibles à la chaleur grâce à un microclimat plus stable et à des pressions anthropiques modérées, mais cette fonction protectrice pourrait diminuer si les températures continuent de progresser et si les épisodes extrêmes se multiplient. Parallèlement, des espèces végétales méridionales apparaissent désormais en Île-de-France, comme plusieurs orchidées observées pour la première fois depuis 2005, signe de l'avancée des cortèges thermophiles.

Les espaces urbains concentrent fortement les effets du réchauffement. L'intensité des îlots de chaleur y accentue les températures extrêmes, jusqu'à huit degrés supplémentaires entre Paris et certains secteurs périphériques lors de la canicule de 2003. Cette amplification locale expose les arbres d'alignement, déjà confrontés à des contraintes hydriques, à des stress qui réduisent leur croissance et leur longévité. Elle perturbe également la faune urbaine, pour laquelle la disponibilité en eau, en refuges et en nourriture diminue lors des épisodes de chaleur intense. Le maintien d'habitats viables dans les villes dépend de plus en plus de l'intégration de zones végétalisées, de sols moins imperméabilisés et d'îlots de fraîcheur capables d'amortir les épisodes climatiques les plus marqués.

En ce qui concerne la gestion des milieux, l'adaptation au climat devient une priorité croissante. De nombreux gestionnaires d'espaces naturels soulignent la nécessité d'intégrer ces enjeux dans les pratiques quotidiennes, même si les moyens et les stratégies ne sont pas toujours adaptés à la vitesse des transformations écologiques. Les aires protégées sont appelées à jouer simultanément deux rôles : préserver les espèces les plus sensibles et offrir des espaces permettant aux communautés biologiques de se réorganiser face au changement climatique.

Les analyses menées dans ce rapport montrent que la transformation du vivant est déjà bien engagée. La progression des espèces thermophiles, la fragilisation des milieux aquatiques, la pression accrue sur les espaces naturels et l'intensification des contraintes urbaines composent un diagnostic clair. Dans une région dense comme l'Île-de-France, la préservation et la restauration des milieux naturels deviennent non seulement un enjeu écologique, mais aussi une condition de résilience pour l'ensemble du territoire.

C'est dans cette perspective que les solutions fondées sur la nature prennent tout leur sens. En protégeant, restaurant et gérant durablement les écosystèmes, elles apportent à la fois une réponse d'adaptation au changement climatique et un bénéfice net pour la biodiversité. Elles offrent des cobénéfices multiples en améliorant la résilience des territoires, en renforçant la qualité de vie et en contribuant à l'atténuation climatique. Leur capacité à répondre simultanément aux enjeux climatiques, écologiques, sanitaires et sociaux en fait des leviers majeurs pour l'action publique et l'aménagement du territoire.

Préserver et restaurer la biodiversité ne constitue donc pas seulement un objectif environnemental. Il s'agit d'un moyen indispensable pour adapter durablement les territoires au climat de demain.



Le Sympétrum noir (*Sympetrum danae*) est en danger critique d'extinction en Île-de-France. La disparition des habitats et le changement climatique sont les principales raisons de son déclin. © Roger Lancefield



La Grenouille rousse (*Rana temporaria*) fait partie des amphibiens les plus sensibles aux effets du changement climatique. Très précoce, on peut l'observer se reproduire dès le mois de février dans les mares et fossés.
© Hemminki Johan

SOMMAIRE

1 • CONTEXTE MONDIAL DE DEUX CRISES INDISSOCIABLES	7
Le changement climatique.....	7
L'érosion de la biodiversité.....	10
2 • EN ÎLE-DE-FRANCE ?	15
Le changement climatique en Île-de-France.....	15
Liens entre biodiversité et changement climatique en Île-de-France.....	20
Le constat et la prédiction.....	20
Des espèces menacées particulièrement vulnérables au réchauffement.....	25
Des communautés en transformation.....	31
À RETENIR	41
Conséquences du changement climatiques pour les espèces et habitats protégés ou désignés.....	42
3 • LE MILIEU AGRICOLE	45
Liens entre biodiversité et agriculture.....	45
Les effets du changement climatique.....	47
À RETENIR	51
4 • LE MILIEU FORESTIER	53
Liens entre biodiversité et forêts.....	55
Les effets du changement climatique.....	59
À RETENIR	63
5 • LE MILIEU URBAIN	65
Liens entre biodiversité et milieux urbains.....	65
Les effets du changement climatique.....	68
À RETENIR	73
6 • LES MILIEUX AQUATIQUES ET HUMIDES	75
Liens entre biodiversité et les milieux aquatiques et humides.....	76
Les effets du changement climatique.....	78
À RETENIR	87
ANNEXE MÉTHODOLOGIQUE	90
Données et ressources mobilisées dans la section liens entre biodiversité et changement climatique en Île-de-France.....	90
BIBLIOGRAPHIE	93

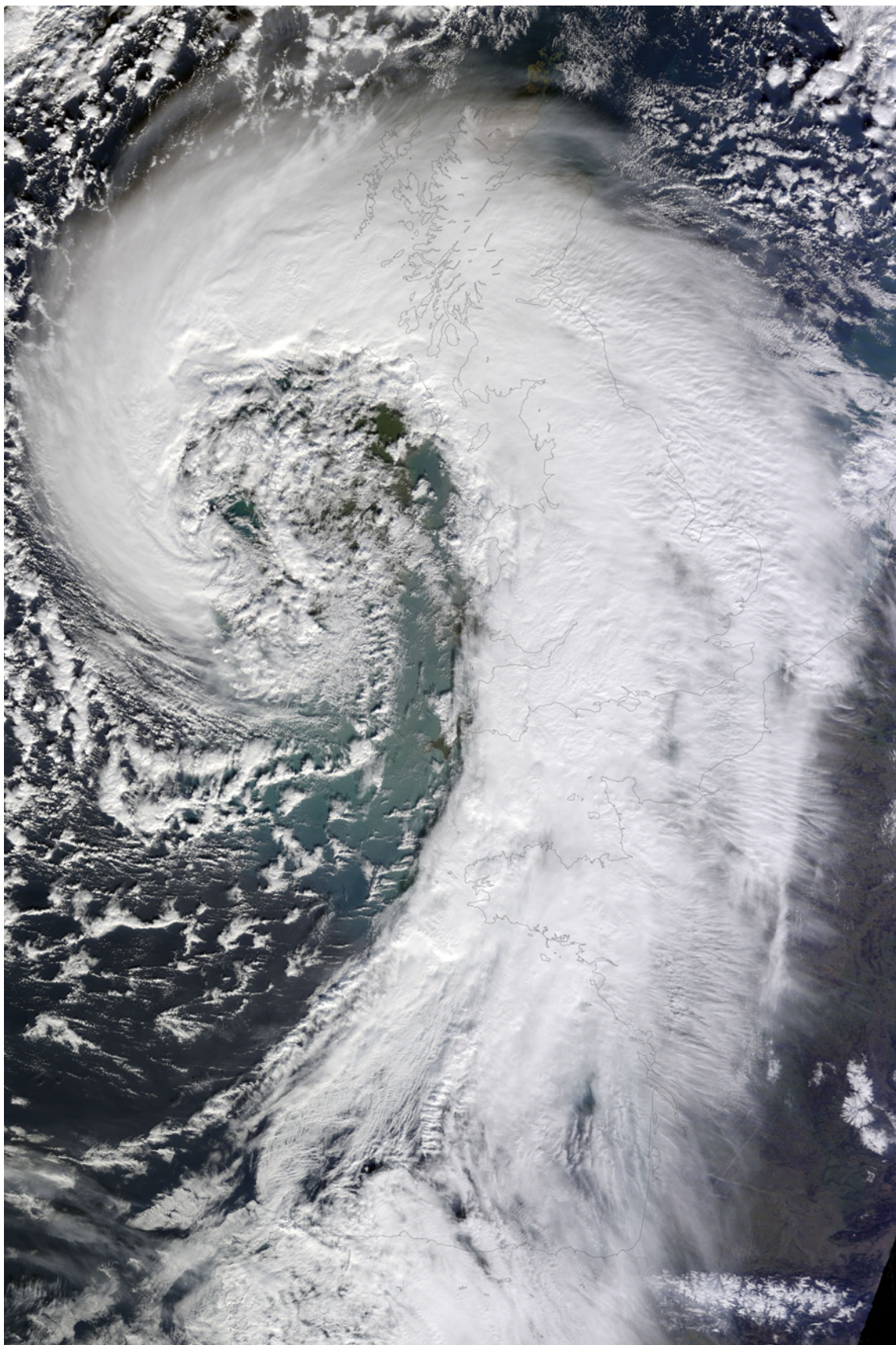


Image d'un cyclone extratropical survolant la France et le Royaume-Uni en 2014. Ces événements extrêmes sont favorisés par le changement climatique. © Jesse Allen - NASA

1 • CONTEXTE MONDIAL DE DEUX CRISES INDISSOCIABLES

La planète fait aujourd'hui face à deux crises environnementales majeures : le changement climatique et l'effondrement de la biodiversité. Longtemps étudiées séparément, elles sont désormais considérées comme deux facettes d'une même crise systémique qui menace directement le fonctionnement des écosystèmes et des sociétés humaines.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) ont rappelé dans leur rapport conjoint de 2021 (Pörtner et al. 2021) que ces phénomènes sont étroitement liés : le changement climatique accélère la perte de biodiversité en intensifiant les pressions existantes (artificialisation, fragmentation, pollutions...), tandis que l'érosion de la biodiversité et la dégradation des écosystèmes réduit leur capacité de régulation du climat (séquestration et stockage du carbone, cycle de l'eau...). Il est désormais impossible de traiter séparément climat et biodiversité : les politiques climatiques et de conservation doivent être coordonnées en prenant en compte les enjeux sociaux et économiques. Traiter de ces deux crises séparément conduirait à des solutions inefficaces, voire contre-productives. Par exemple, une politique climatique centrée uniquement sur la séquestration du carbone (ex. les plantations d'arbres en monoculture) pourrait aggraver l'érosion de la biodiversité et limiter la résilience naturelle des écosystèmes. À l'inverse, des actions à multiples co-bénéfices, comme la restauration de zones humides ou la protection des forêts anciennes, permettent simultanément de stocker du carbone, d'adapter les territoires aux aléas climatiques et de sauvegarder des espèces. Les effets de ce réchauffement sur le vivant, spon-

tané ou cultivé, sauvage ou élevé, sont scrutés par la communauté scientifique afin de décrire et de prédire leur nature et leur intensité. Ces efforts portent sur les écosystèmes, les espèces et les populations, plus rarement sur un territoire particulier, d'autant moins sur une portion de continent représentant à peine un dix millième des terres émergées, composées de nombreux types d'occupations du sol et ayant une densité de population humaine élevée, accompagnée du lot d'activités et de politiques publiques qui leur sont liées.

Le présent exercice a pour objectif d'évaluer certaines conséquences du changement climatique sur la biodiversité d'Île-de-France. Après une revue générale des liens existant entre changement climatique et biodiversité, les grands types d'occupations du sol de la région seront examinés sous ce prisme.

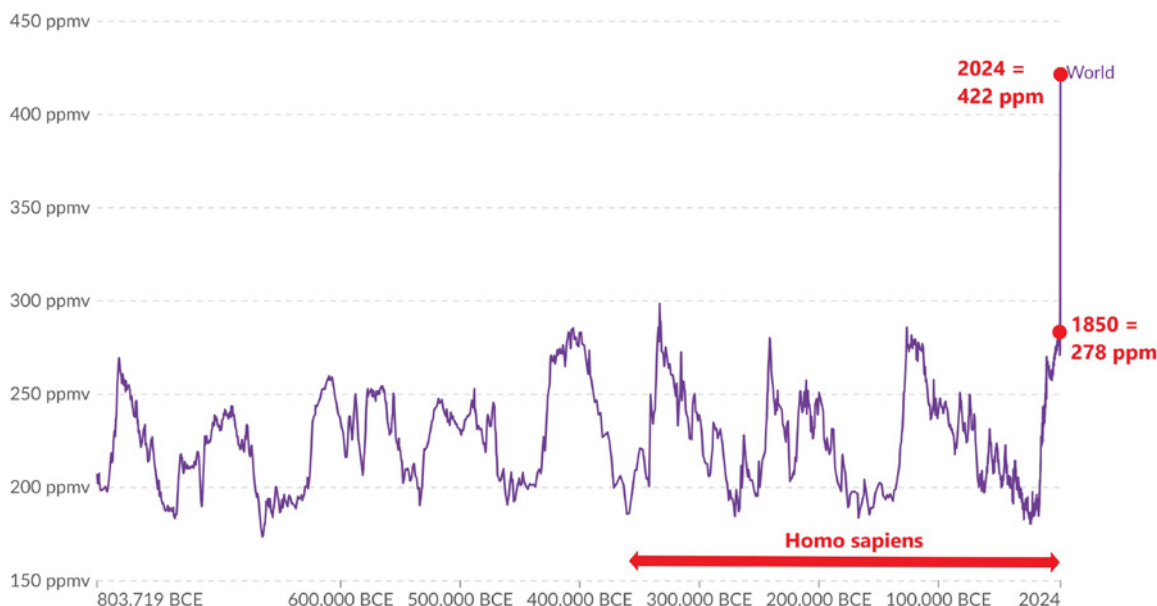
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le climat de la Terre a toujours connu des fluctuations naturelles, notamment à travers des cycles glaciaires et interglaciaires s'étalant sur des centaines de milliers d'années. Pourtant, les changements observés depuis un siècle sont sans précédent par leur vitesse, leur ampleur et leur origine anthropique. La courbe de concentration du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère, stable depuis des millénaires, a connu une hausse brutale depuis la révolution industrielle de 1850, atteignant aujourd'hui des niveaux jamais enregistrés depuis plus d'un million d'années.

Cette hausse est due en grande partie à l'usage massif des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz), à la déforestation, à la conversion des forêts en terres agricoles, et plus largement à l'artificialisation des

CONCENTRATION EN CO₂ ATMOSPHÉRIQUE À L'ÉCHELLE DU GLOBE

La concentration de dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique est mesurée en parties par million (ppm). Les tendances à long terme des concentrations de CO₂ peuvent être déterminées avec une grande précision grâce à l'analyse d'échantillons d'air préservés dans les carottes de glace.



Courbe de l'évolution de la concentration en CO₂ atmosphérique depuis 800 000 ans. Au fil des cycles glaciaires et interglaciaires s'étalant sur 500 000 ans, la variation de la concentration en CO₂ est restée relativement stable, ne dépassant jamais 300 ppm. Sur les 150 dernières années, sous l'effet des activités humaines, notamment la combustion d'énergies fossiles, cette concentration connaît une augmentation d'une ampleur inédite à l'échelle des temps géologiques, passant de 280 ppm à plus de 420 ppm aujourd'hui. Source : NOAA Global Monitoring Laboratory – Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (2025) ; EPA based on various sources (2022).

milieux naturels. Ces activités humaines ont libéré dans l'atmosphère des quantités considérables de gaz à effet de serre (GES) et en particulier de CO₂. Le dernier rapport du GIEC est sans équivoque : l'ensemble du réchauffement climatique observé est entièrement dû aux activités humaines.

Aujourd'hui, la température moyenne mondiale est environ 1,3 °C plus élevée qu'à la période pré-industrielle (1850–1900) (GREC francilien 2025). Ce réchauffement est principalement dû à l'accumulation du CO₂ dans l'atmosphère : la relation entre ces deux variables est quasi linéaire. Environ la moitié de ce CO₂ est encore absorbée par des puits de carbone (forêts, sols, océans) mais ces derniers sont eux-mêmes menacés par le changement climatique qu'ils contribuent pour le moment à atténuer.

L'Accord de Paris, signé en 2015, fixe un objectif ambitieux : limiter le réchauffement mondial à moins de +2 °C, et si possible à +1,5 °C par rapport à la période 1850-1900 d'ici à 2100. Or, selon une étude parue en 2024, cosignée par plus de 60 scientifiques liés au GIEC, cet objectif de +1,5 °C est désormais hors d'atteinte (Calvin et al. 2023). En effet, bien que ralenties, les émissions mondiales

de CO₂ n'ont jamais été aussi fortes (55 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ par an) et si cette trajectoire se poursuit, le monde atteindra les +1,5 °C en 2030 et les +2 °C dès 2050. Autrement dit, l'objectif fixé pour la fin du siècle serait dépassé en moins de 25 ans.

L'Europe, quant à elle, a déjà atteint un réchauffement de +2,4 °C en moyenne (hors zones aquatiques), et la France de près de +2 °C. Ce réchauffement, plus marqué dans les latitudes tempérées, est observable dans toutes les données climatiques nationales.

Face à ces perspectives, une question cruciale se pose : quelles sont nos limites dans nos capacités d'adaptation ? En France, le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) – dans sa 3^e version publiée en 2025 – fixe une trajectoire de référence de +4 °C à l'horizon 2100. Ce scénario, appelé TRACC (Trajectoire de Réchauffement de Référence pour l'Adaptation au Changement Climatique), est utilisé comme base pour la planification de l'action publique.

Mais peut-on réellement vivre dans une France à +4 °C ? Pour le climatologue Christophe Cassou, membre du GREC francilien et co-auteur du 6^e rap-

La Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC)

Pour anticiper et accompagner l'adaptation au changement climatique de manière coordonnée, la France s'est dotée d'un scénario climatique de référence, basé sur un scénario tendanciel établi par le GIEC et indépendant des incertitudes liées aux trajectoires d'émissions mondiales. La TRACC repose sur une hypothèse de réchauffement atteignant :

- +2 °C en 2030 ;
- +2,7 °C en 2050 ;
- et +4 °C en 2100, en France métropolitaine.

Des incertitudes inhérentes à la modélisation climatique et à la variabilité interne du climat demeurent, c'est pourquoi un ensemble de projections climatiques est à disposition pour territorialiser la TRACC sur le portail DRIAS. Pour la région Île-de-France, le choix a été fait de retenir l'ensemble multimodèles des 17 modèles de projection.

Ce scénario +4 °C correspond à un réchauffement mondial d'environ +3 °C, si les politiques climatiques actuelles se poursuivent sans ambition supplémentaire. La TRACC doit être inscrite au Code de l'environnement et progressivement intégrée aux principaux documents de planification, comme les PCAET (plans climat-air-énergie territoriaux) et les SCoT (schémas de cohérence territoriale). Elle sert également de base à la révision des normes, des réglementations et des modèles économiques dans tous les domaines concernés : construction, agriculture, transport, santé, énergie, risques naturels, etc.

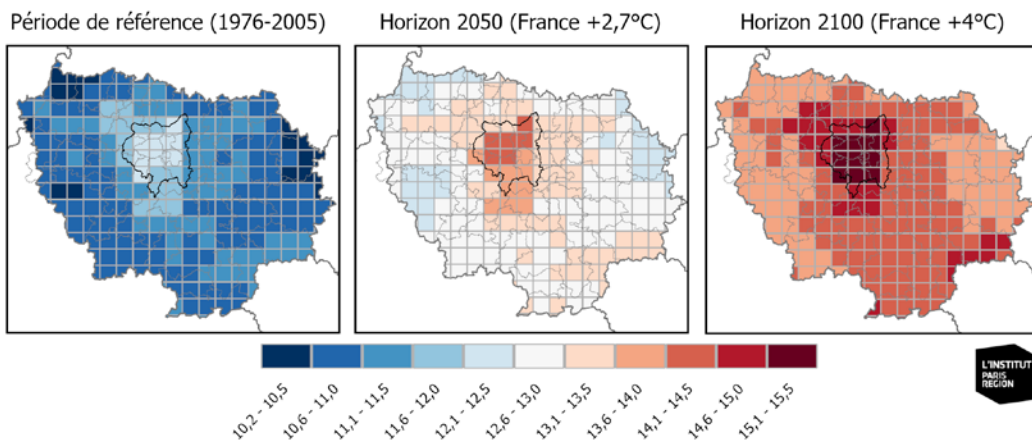
L'objectif est d'accompagner les collectivités dans leur stratégie d'adaptation grâce à une trajectoire climatique de référence avec différents horizons temporels, en choisissant des solutions et mesures adaptées à ces projections.

port du GIEC, la réponse est claire : « On ne s'adaptera pas à une France à +4 °C sans casse. » Il précise notamment que certaines limites d'adaptation sont incompressibles, en particulier celles liées au vivant, aux écosystèmes, à l'eau, ou encore à l'agriculture. Une telle trajectoire impliquerait des choix difficiles : décider dès aujourd'hui ce que l'on protège, ce que l'on garde, ce que l'on abandonne, ce que l'on sacrifie. Il en va de l'habitabilité même de certains territoires, de la souveraineté alimentaire et de la disponibilité des ressources.

Dans une France à +4 °C, les événements climatiques extrêmes que nous connaissons aujourd'hui, comme les canicules, les inondations ou les sécheresses, deviendraient la norme, et non plus l'exception. Un événement considéré aujourd'hui « décennal » comme l'été caniculaire 2022 deviendrait fréquent voire un été plutôt frais et l'hiver 2020, record actuel de douceur, serait considéré comme un hiver frais.

Ce constat témoigne de l'insuffisance des politiques d'atténuation mises en place jusqu'à présent, tant sur leur ambition que sur leur mise en œuvre. Or, sans réduction massive et rapide des émissions, nos efforts d'adaptation risquent de devenir inefficaces ou inaccessibles. Selon le GREC francilien, il faut à tout prix atteindre l'objectif des 2 °C de réchauffement mondial, soit 2,5 °C en France en moyenne. Atténuer le changement climatique reste une condition indispensable pour que les stratégies d'adaptation soient viables, pour préserver les écosystèmes et donner aux espèces une chance de survivre et de s'adapter aux nouvelles conditions.

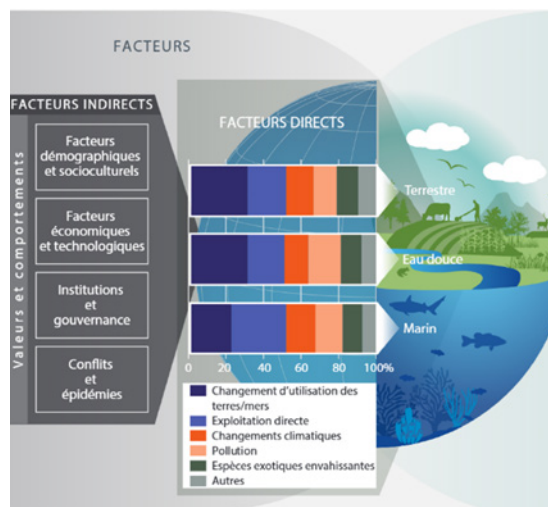
Évolution de la température moyenne annuelle selon la TRACC-2023 (ensemble multi-modèles). Exemple de la déclinaison pour l'Île-de-France.
Source : DRIAS Météo France ▼



L'ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ

La biodiversité est aujourd'hui soumise à de nombreuses pressions, dont le changement climatique. Celui-ci interagit de manière complexe avec les autres facteurs d'érosion de la biodiversité identifiés par l'IPBES (dégradation des habitats, surexploitation des ressources, pollutions et espèces exotiques envahissantes) pour affecter la diversité du vivant à tous les niveaux : génétique, spécifique, fonctionnel et écosystémique.

Historiquement, les écosystèmes ont toujours évolué en réponse à des changements environnementaux naturels. Les espèces apparaissent ou disparaissent, s'éteignent et laissent place à de nouvelles espèces, c'est le phénomène de diversification du vivant. Les cartes de végétation depuis le dernier maximum glaciaire, il y a -21 000 ans, illustrent bien la capacité du vivant à se réorganiser dans l'espace et dans le temps. Par exemple, en France, les steppes et toundras, voire les déserts polaires, ont laissé place à des forêts tempérées mixtes et feuillues. Ces dynamiques naturelles ont accompagné l'évolution de la vie depuis des millions d'années, y compris lors de phases de transition climatique majeures. Cette résilience repose en grande partie sur la variabilité biologique, elle-même permise par la diversité génétique des espèces. Cependant, la vitesse et l'ampleur des bouleversements actuels sont sans précédent dans l'histoire récente de la planète. Si les pressions humaines persistent au rythme



Principaux facteurs du déclin de la biodiversité à l'échelle mondiale. Source : IPBES 2019

actuel, plus de 50 % de la diversité génétique des populations d'êtres vivants pourrait être perdue à l'échelle mondiale (Hoban et al. 2023). Une telle perte réduirait considérablement la capacité des espèces à s'adapter aux conditions futures.

Aujourd'hui, les signes de ce déclin sont déjà visibles. D'après l'IPBES, le changement climatique est la troisième cause directe de la crise actuelle de la biodiversité (IPBES et al. 2019). Il agit par plusieurs mécanismes : hausse des températures, altération des régimes de précipitations, augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes



À l'époque du dernier maximum glaciaire, entre 25 000 et 15 000 BP, l'Île-de-France et la plupart de l'Europe étaient recouvertes d'une toundra. © Matt Foster

(sécheresses, vagues de chaleur, inondations, incendies), montée et acidification des mers et des océans. Ces bouleversements ont des impacts différents selon les espèces et les milieux. Selon le rapport Nexus de l'IPBES (2024), la biodiversité a diminué de 2 à 6 % par décennie au cours des 30 à 50 dernières années au niveau mondial (IPBES 2024). En voici l'illustration par quelques chiffres :

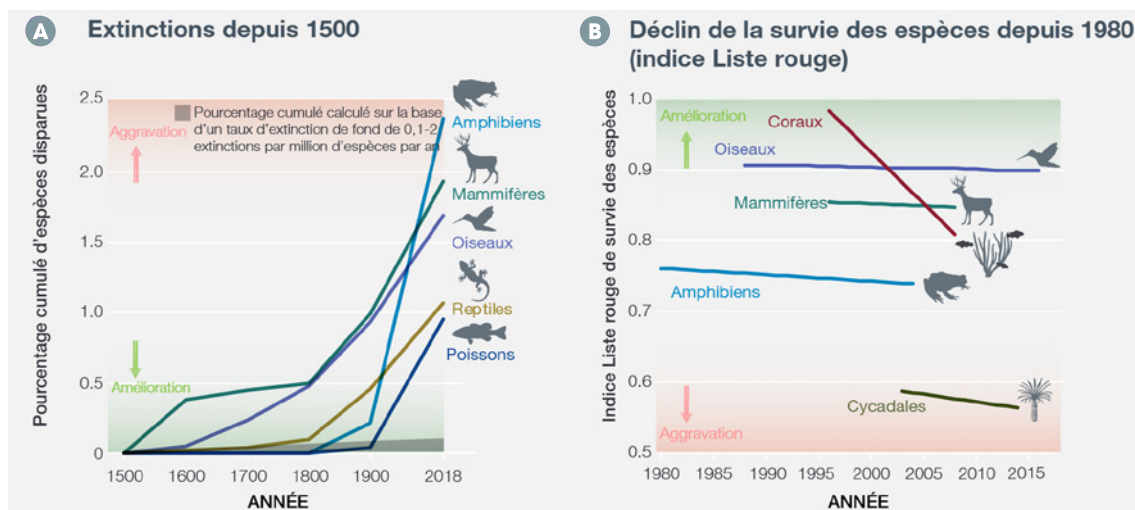
- en moins de 50 ans, 69 % des populations de 5500 espèces de mammifères, oiseaux, poissons, reptiles et amphibiens ont déjà disparu (WWF 2024) ;
- environ 40 % des espèces d'insectes sont en déclin au niveau mondial et, depuis 30 ans, leur biomasse est en baisse de 2 % à 2,5 % par an (Sánchez-Bayo et Wyckhuys 2019) ;
- 28 % de toutes les espèces évaluées sont menacées d'extinction, ce chiffre monte à 41 % pour les amphibiens (UICN 2022) ;
- 75 % des milieux terrestres sont altérés de façon significative et plus de 85 % des zones humides ont été détruites depuis 1700 (Tsouvalis 2006).

Des déclinés similaires sont observés sur d'autres groupes taxonomiques, et l'abondance de nombreuses espèces, dont certaines sont communes, diminue fortement (Hallmann et al. 2017 ; Burns et al. 2021).

Les taux d'extinction actuels seraient 10 à 100 fois plus élevés que les taux passés observés dans l'histoire géologique où, en moyenne, deux espèces s'éteignent pour 10 000 espèces existantes, par siècle

(Ceballos et al. 2015). Les cinq dernières grandes extinctions de masse du vivant (= perte de plus de 75 % des espèces), toutes liées à des événements climatiques majeurs, ont entraîné des extinctions massives sur des millions d'années (Barnosky et al. 2011) tandis qu'aujourd'hui les mêmes conséquences pourraient être atteintes en 240 à 540 ans si le rythme d'extinction actuel se maintient. L'IPBES estime qu'un million d'espèces (sur environ 8 millions estimées) sont menacées d'extinction à court ou moyen terme. Selon le rapport de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), les risques d'extinction augmentent avec l'ampleur et la rapidité du réchauffement climatique. Par exemple, une étude menée par Thomas et al. (2004) estime que, selon différents scénarios climatiques (< ou > à +2 °C) et projections de distribution des espèces, 15 à 37 % des espèces seront « condamnées à l'extinction » d'ici à 2050 (sur 20 % de la surface terrestre mondiale étudiée). Par ailleurs, en Europe, l'état de santé de la biodiversité est jugé préoccupant. D'après un rapport de l'Agence Européenne pour l'Environnement, plus de 60 % des espèces et 81 % des habitats évalués au titre de la directive Habitats Faune Flore présentent un état de conservation médiocre ou mauvais (European Environment Agency. 2020).

Ainsi, selon une partie de la communauté scientifique, nous entrons dans la sixième extinction de masse. Si les extinctions ont toujours fait partie du cycle du vivant, elles étaient jusqu'ici compensées par l'apparition de nouvelles espèces.



Une proportion importante des espèces évaluées est menacée d'extinction et les tendances générales s'aggravent, avec une forte augmentation des taux d'extinction au cours du dernier siècle.

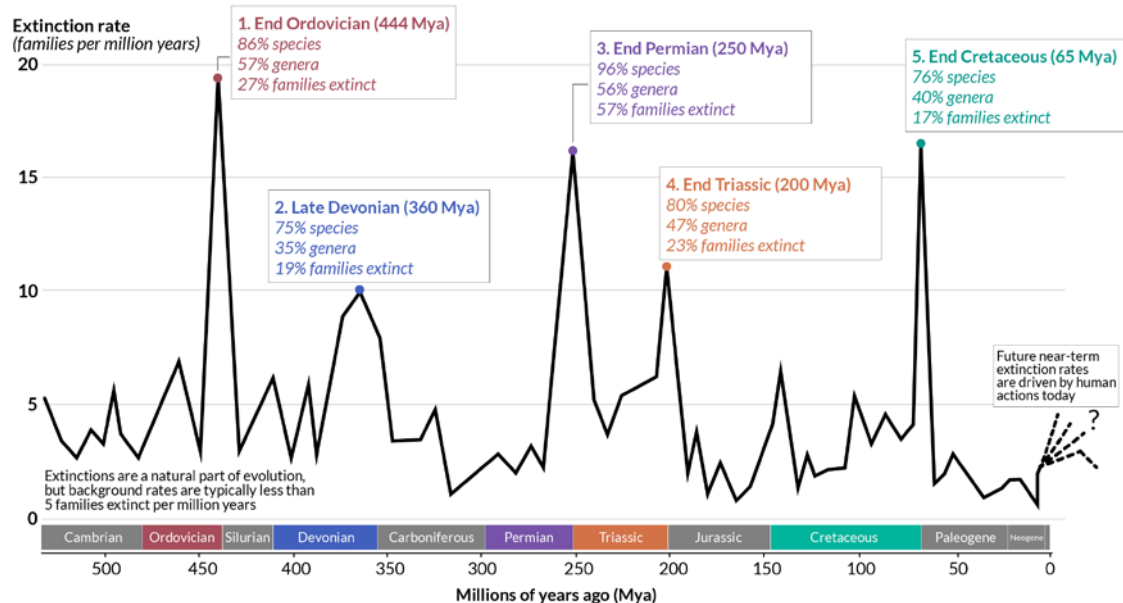
A : extinctions depuis 1500 pour les groupes de vertébrés. Dans le cas des reptiles et des poissons, les taux n'ont pas été évalués pour toutes les espèces.

B : Indice Liste rouge de survie des espèces pour les groupes taxonomiques qui ont été évalués au moins deux fois pour les besoins de la Liste rouge de l'UICN. Une valeur de 1 signifie que toutes les espèces sont classées dans la catégorie Préoccupation mineure ; une valeur nulle signifie que toutes les espèces sont classées dans la catégorie Éteint.

Source : www.uicnredlist.org

'Big Five' Mass Extinctions in Earth's History

A mass extinction is defined by the loss of at least 75% of species within a short period of time (geologically, this is around 2 million years).



Sources: Barnosky et al. (2011); Howard Hughes Medical Institute; McCallum (2015). Vertebrate biodiversity losses point to a sixth mass extinction. OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Taux d'extinction au cours des 500 derniers millions d'années.

Les pics indiquent les cinq grandes extinctions massives (Big Five), au cours desquelles $\geq 75\%$ des espèces ont disparu en moins de deux millions d'années : fin de l'Ordovicien (444 Ma), Dévonien supérieur (360 Ma), fin du Permien (250 Ma), fin du Trias (200 Ma) et fin du Crétacé (65 Ma).

Ces crises résultent de changements environnementaux rapides d'origine climatique, volcanique ou, pour la plus récente, météoritique. Le taux d'extinction de fond, généralement < 5 familles disparues par million d'années, traduit la dynamique naturelle de renouvellement des espèces. La tendance actuelle suggère une possible élévation du taux d'extinction liée aux activités humaines.

Ce n'est plus le cas aujourd'hui : le rythme du réchauffement est tel que les processus naturels d'évolution et de diversification ne peuvent plus suivre, interrompant des processus historiques et affaiblissant les capacités adaptatives du vivant. Cette accélération est inédite et résulte directement de la pression anthropique exercée sur le vivant.

En France, les zones climatiques se déplacent actuellement d'environ 200 km vers le nord par degré de réchauffement selon les modèles, ce qui entraîne une course climat-espèces, appelée migration climatique (Lavorel et al. 2017). Si certaines espèces mobiles ou à large répartition parviennent à suivre ce déplacement – on estime que les aires de répartition migrent en moyenne de +17 km par décennie vers le nord et +11 m par décennie en altitude –, d'autres, en particulier les espèces endémiques, à faible capacité de dispersion ou à cycle de vie long, sont en difficulté. De plus, le WWF estimait en 2020 que seuls 30 % de la surface terrestre sont aujourd'hui considérés comme « naturels », le reste ayant été profondément transformé par les activités humaines (WWF 2020). Cette perte d'habitats réduit drastiquement les espaces disponibles au sein desquels les espèces

ont la capacité de réaliser leur cycle de vie en entier. Face à ce constat, certaines stratégies comme la migration assistée sont envisagées pour préserver les populations les plus vulnérables.

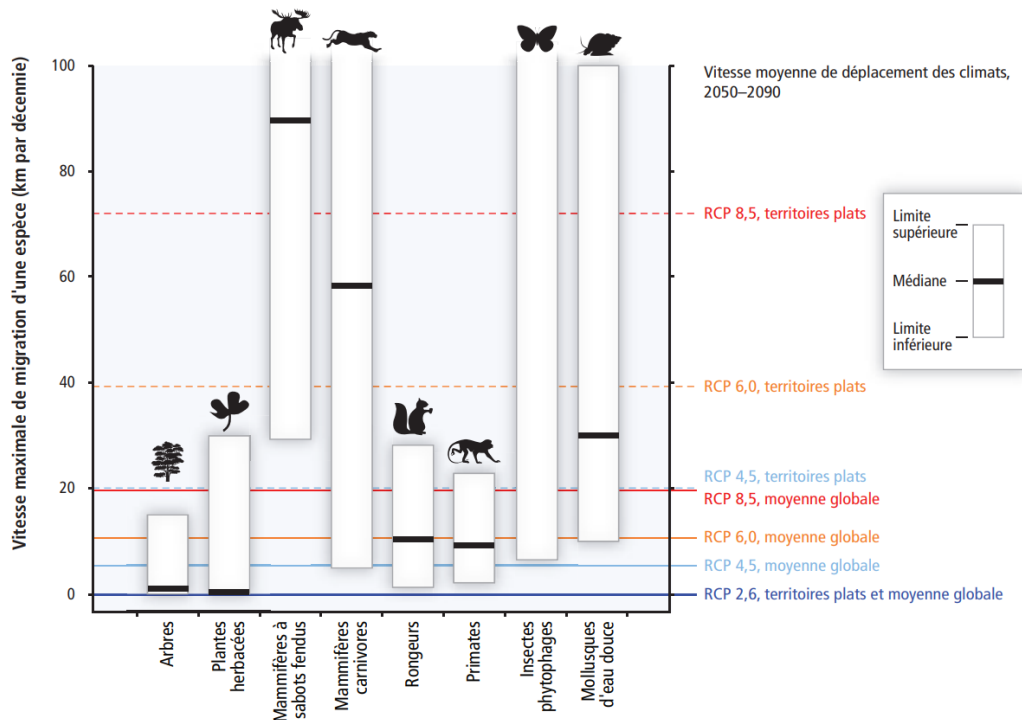


Les espèces migratrices sont aussi affectées par le changement climatique. Chez le Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*), le réchauffement avance le pic d'émergence des insectes ; revenus trop tard de migration, les parents manquent la période optimale pour nourrir leurs petits, ce qui réduit leur survie. © Caroline Legg

Par ailleurs, le rythme d'évolution naturelle des niches écologiques des vertébrés est 10 000 fois plus lent que le taux d'évolution qui serait nécessaire aux espèces pour suivre les conditions climatiques projetées en 2100 (Quintero et Wiens 2013). En parallèle, la phénologie et le cycle biologique des espèces sont également perturbés : floraison précoce, périodes de reproduction désynchronisées avec les ressources disponibles, migrations d'oiseaux inadaptées... Ces décalages créent des désynchronisations écologiques entre espèces interdépendantes (pollinisateurs et plantes, proies et prédateurs, etc.). Enfin, d'après la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), cette perte de biodiversité affaiblit en retour les services écosystémiques essentiels à la régulation du climat. La dégradation des écosystèmes limite leur capacité à jouer leur rôle de puits de carbone et de régulateurs climatiques. Par exemple, les écosystèmes terrestres et océaniques absorbent encore environ 50 % des émissions anthropiques de CO₂. Les forêts captent le carbone via la photosynthèse, en redistribuent une partie dans les sols et stockent l'autre partie dans le bois. Les tourbières, bien que couvrant à peine 3 % de la surface terrestre,

stockent deux fois plus de carbone que toutes les forêts du monde (Loisel et al. 2021). Leur dégradation libère d'immenses quantités de CO₂ : une perte de 1 cm de tourbe dans le monde représenterait jusqu'à un tiers des émissions annuelles de CO₂ issues de la combustion des énergies fossiles. Les océans jouent également un rôle majeur, absorbant environ 25 % des émissions de CO₂ grâce à des processus physiques, chimiques et biologiques. Mais cette capacité de séquestration pourrait décliner avec le réchauffement, l'acidification et la stratification des couches d'eau de l'océan (Li et al. 2020). Ces projections et évaluations mettent en évidence l'urgence d'intégrer la préservation de la biodiversité dans les stratégies climatiques. Les mesures d'adaptation et d'atténuation doivent être conçues de manière à éviter d'aggraver les pressions existantes sur le vivant, tout en renforçant la résilience des écosystèmes face aux perturbations climatiques à venir. Protéger les écosystèmes, reconnecter les habitats et restaurer les milieux dégradés sont autant de leviers pour faire face à un climat en rapide évolution.

CAPACITÉ DE MIGRATION DES ESPÈCES FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Cette figure compare la vitesse maximale de déplacement de différents groupes d'espèces (arbres, plantes herbacées, mammifères, insectes phytophages, mollusques d'eau douce...) avec la vitesse d'évolution projetée des conditions de température selon plusieurs scénarios d'émissions (RCP 2.6, 4.5, 6.0 et 8.5). Lorsque la capacité de migration d'un groupe d'espèces est inférieure à la vitesse de déplacement du climat, ces espèces risquent de ne pas pouvoir suivre les changements de conditions climatiques, sauf intervention humaine (ex. corridors écologiques, migration assistée). Source : (GIEC 2014).



Les effets du changement climatique se ressentent d'autant plus au niveau des villes, avec des phénomènes amplificateurs comme l'îlot de chaleur urbain. © Creative commons

2 • EN ÎLE-DE-FRANCE ?

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE

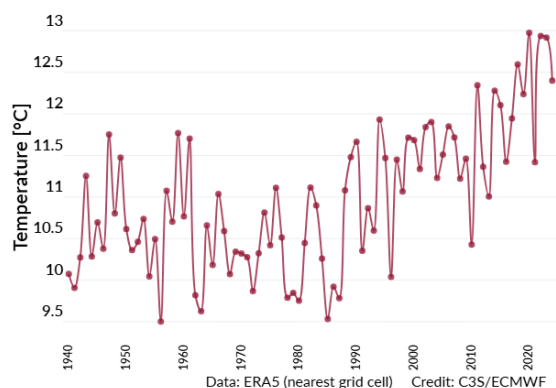
L'Île-de-France occupe une position particulière sur le plan climatique. Située au carrefour de plusieurs climats, encourageant notamment les influences océanique et continentale, la région connaît une grande variabilité climatique. Cette situation de transition rend son climat particulièrement contrasté et explique les fortes fluctuations interannuelles observées, notamment en matière de précipitations. Ces caractéristiques compliquent les projections climatiques. Si la tendance au réchauffement des températures est clairement établie et déjà visible, l'évolution des régimes pluviométriques en Île-de-France demeure incertaine. Les modèles convergent vers des hivers plus humides et des étés plus secs, mais avec une amplitude variable selon les scénarios. Cette incertitude montre la nécessité de développer des stratégies d'adaptation souples et capables de répondre à une large gamme d'évolutions possibles.

Évolution de la température

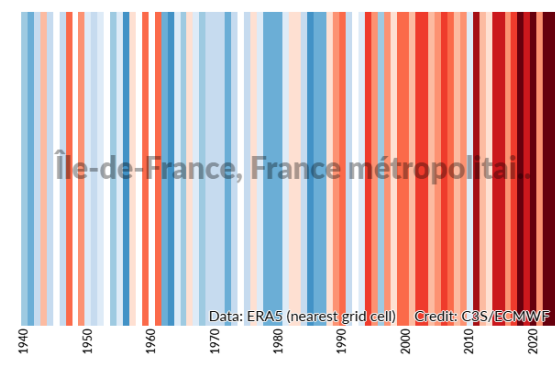
En Île-de-France, le changement climatique n'est plus une perspective lointaine mais une réalité déjà mesurable. On estime aujourd'hui que depuis le milieu du xx^e siècle, la température moyenne annuelle a augmenté d'environ $2\text{ }^\circ\text{C}$, soit un rythme de $+0,3\text{ }^\circ\text{C}$ par décennie. Cette hausse est plus rapide que la moyenne mondiale, qui s'établit actuellement autour de $+1,2\text{ }^\circ\text{C}$ car le réchauffement est plus important sur les continents et en particulier dans les régions tempérées.

Comme le montrent les figures ci-dessous, des variabilités interannuelles peuvent amener à des années froides ou au contraire très chaudes, sans pour autant que cela masque le phénomène de réchauffement global. En effet, les hivers franciliens se réchauffent à un rythme d'environ $+0,25\text{ }^\circ\text{C}$ par décennie, tandis que les étés voient leur température augmenter de $+0,37\text{ }^\circ\text{C}$ par décennie. Autrement dit, les années les plus froides aujourd'hui sont les années les plus chaudes d'hier (GREC francilien 2025).

TEMPÉRATURE ANNUELLE MOYENNE EN ÎLE-DE-FRANCE



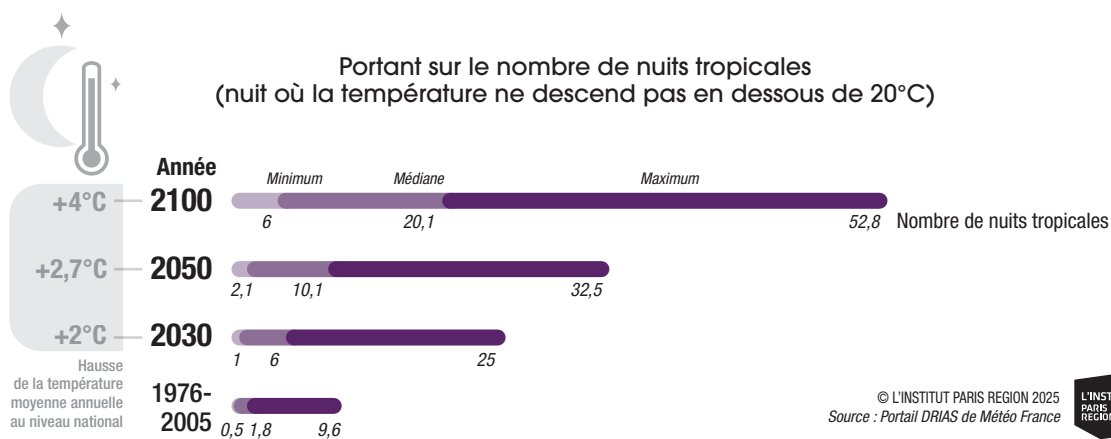
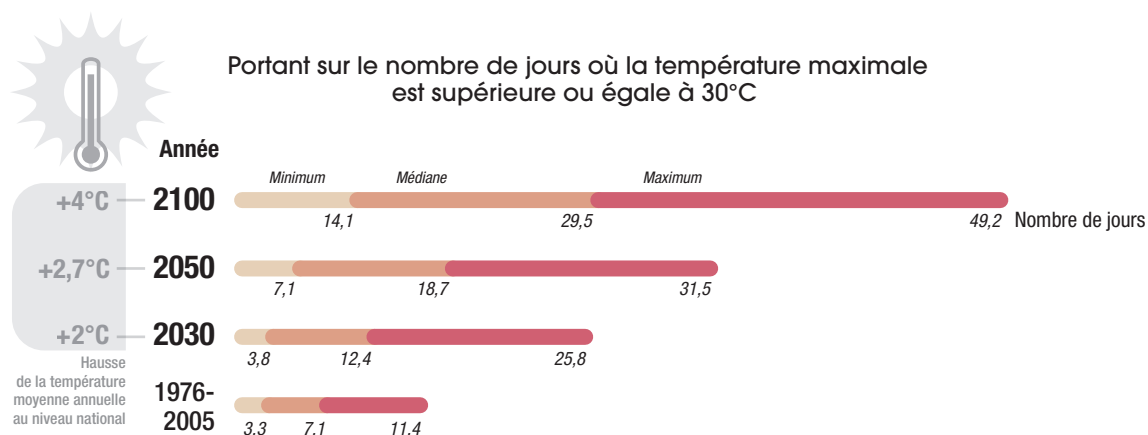
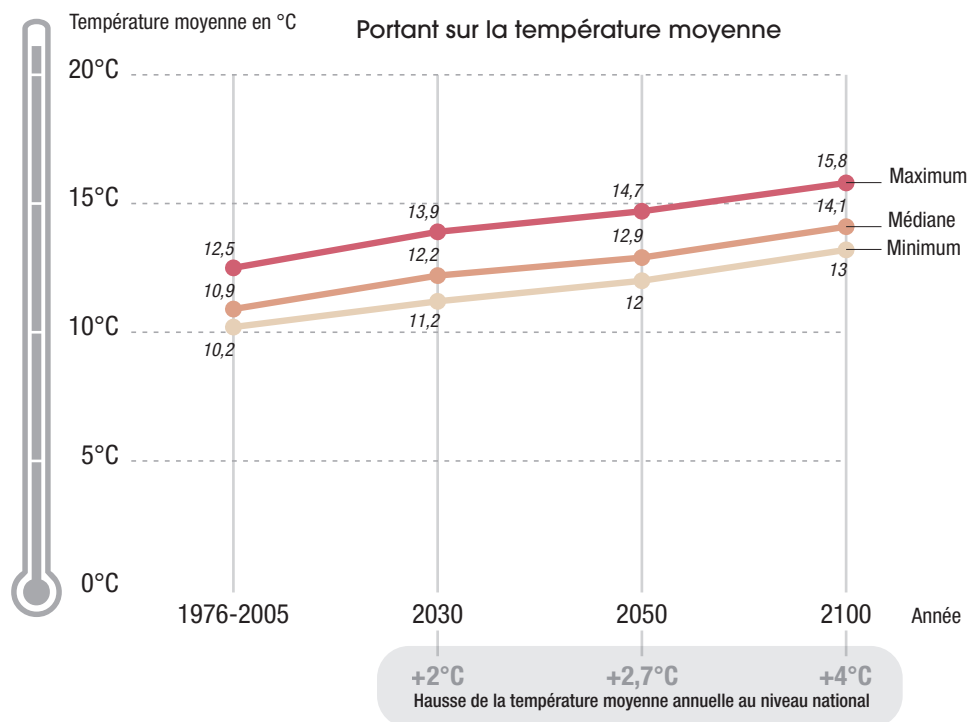
BANDES DES ÉCARTS AUX NORMES EN ÎLE-DE-FRANCE



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION Copernicus Climate Change Service

À gauche, l'évolution de la température moyenne annuelle en Île-de-France depuis 1940 et à droite les anomalies de ces températures annuelles par rapport à une période de référence (moyenne des températures 1961-2010) : plus les températures sont au-dessus de la normale, plus la bande apparaît rouge foncé, et plus elles sont au-dessous, plus la bande est bleu foncé. Source : Era-explorer, Copernicus

PROJECTIONS D'APRÈS L'ENSEMBLE MULTI-MODÈLES
DE LA TRAJECTOIRE DE RÉCHAUFFEMENT DE RÉFÉRENCE (TRACC)
POUR L'ÎLE-DE-FRANCE



Ainsi, à l'horizon 2100, Paris pourrait connaître un climat similaire à celui de Montpellier aujourd'hui, avec une température moyenne annuelle de 15 °C (MeteoFrance 2024). Ce réchauffement s'accompagnerait d'une intensification des aléas météorologiques : les vagues de chaleur et les canicules seraient plus fréquentes et plus intenses, les vagues de froid et les épisodes de gel seraient en régression, les précipitations extrêmes se multiplieraient, entraînant une augmentation du risque d'inondation et le risque incendie deviendrait une réalité même pour les forêts franciliennes (Vautard et al. 2022). La France s'est dotée d'une trajectoire de référence pour l'adaptation au changement climatique appelée TRACC (cf. encart p. 9) qui doit s'imposer à toutes les politiques publiques. Il prévoit une élévation des températures s'exprimant par des niveaux de réchauffement à différents horizons temporels : +2 °C en 2030, +2,7 °C en 2050, et de +4 °C à l'horizon 2100, par rapport à l'ère préindustrielle, ce qui correspond à une augmentation de la température mondiale de 3 °C. En Île-de-France, cela pourrait se traduire par une température moyenne annuelle maximale approchant les 16 °C, contre 12,5 °C pour la période de référence 1976-2005.

Dans ce contexte, l'Île-de-France pourrait connaître, d'ici la fin du siècle, environ 30 jours par an au-dessus de 30 °C, soit quatre fois plus que sur la période de référence. Le nombre de nuits tropicales¹ pourrait quant à lui être multiplié par un facteur onze, soit passer à 20 jours par an.

Évolution de la pluviométrie annuelle

Contrairement à certaines régions du sud de la France où la tendance à l'assèchement est marquée, aucune tendance nette ne se dégage encore sur l'évolution des cumuls annuels de précipitations en Île-de-France avec une forte variabilité interannuelle. La tendance médiane des précipitations annuelles prévoit même une légère hausse de +6 % par rapport à la période de référence, avec une forte incertitude. Selon le GREC francilien, une disparité été/hiver de la répartition de ces précipitations devrait tout de même se creuser : toujours sur une projection médiane, les précipitations hivernales pourraient augmenter de +22 %, tandis que celles d'été diminueraient de -13 % mais ces chiffres varient beaucoup selon les projections climatiques.

1. Les nuits tropicales correspondent à des nuits où la température ne descend pas sous les 20 °C.



Le changement climatique va augmenter la fréquence et l'intensité des événements pluvieux extrêmes. Les problématiques de ruissellement urbain sont amenées à s'amplifier. © Nicolas Hannetel

Évolution des événements extrêmes

Si l'évolution tendancielle de la pluviométrie annuelle reste incertaine, celle des événements climatiques extrêmes est en revanche à la hausse.

Les précipitations intenses, se traduisant par une importante quantité d'eau tombant en un temps court ou par un épisode pluvieux particulièrement long, devraient se multiplier. Ces événements sont notamment responsables d'inondations par ruissellement ou crues d'orages. Ainsi, un épisode pluvieux exceptionnel comme celui de fin mai 2016, ayant provoqué une crue majeure de la Seine et de ses affluents, a aujourd'hui une probabilité deux fois plus élevée de se produire qu'au début du ^{xx}e siècle (Vautard et al. 2022).

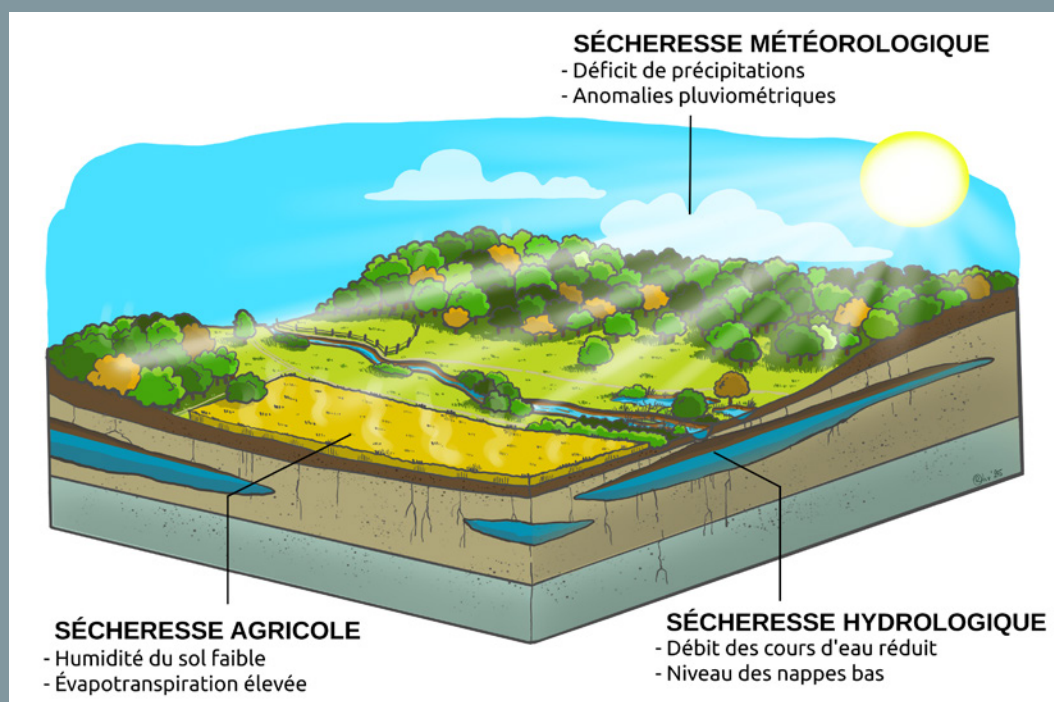
Cette disparité saisonnière de la pluviométrie et la hausse des températures estivales favorisent également les périodes de sécheresse : le nombre de jours consécutifs sans pluie augmente en moyenne de 1,7 jour par décennie.

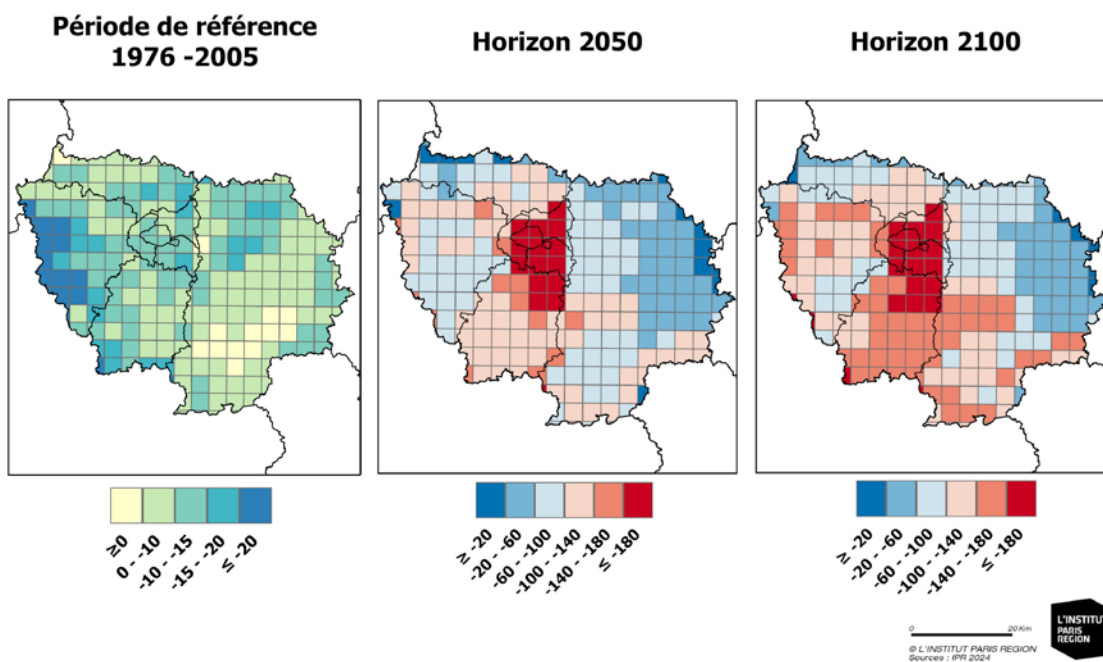
L'Île-de-France pourrait passer de quatre mois de sol sec (période de référence) à cinq ou six mois par an d'ici la fin du siècle. Dans les scénarios les plus défavorables, certaines zones pourraient connaître jusqu'à sept mois de sécheresse par an. De plus, la sécheresse de 2022, aujourd'hui perçue comme exceptionnelle, deviendrait une situation fréquente dans une France à +4 °C.

Autrement dit, on observe à la fois des pluies plus intenses mais aussi plus rares, ce qui complique la gestion de la ressource en eau et accroît la pression sur les milieux naturels et agricoles.

Les différents types de sécheresses

- **Météorologique** : c'est un déficit prolongé des précipitations par rapport aux normales climatiques d'une région, sur une période donnée (souvent plusieurs semaines ou mois). Elle est directement liée aux conditions atmosphériques.
- **Agricole** : elle se produit lorsque l'humidité du sol devient insuffisante pour permettre aux plantes de croître normalement. Elle peut être causée par une sécheresse météorologique mais aussi amplifiée par une trop forte évaporation, lors d'une vague de chaleur par exemple, ou une mauvaise rétention des sols.
- **Hydrologique** : il s'agit d'un déficit prolongé des ressources en eaux de surface et souterraines par rapport aux moyennes saisonnières. Elle se traduit par une diminution de débit des cours d'eau et du niveau des nappes. Elle est souvent liée à la sécheresse météorologique mais avec un décalage temporel de plusieurs semaines ou mois.





Évolution du cumul des déficits hydriques quotidiens annuels (somme des différences entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle) (mm) selon la TRACC (Source : Portail DRIAS de Météo France, TRACC-2023, ensemble multi-modèles). Un léger déficit hydrique est noté à l'ouest de l'Île-de-France (Yvelines, massif de Rambouillet) pour la période de référence, en raison de moindres précipitations sur cette zone. En 2050 et 2100, ce déficit s'aggrave et se généralise et devient très marqué sur l'agglomération centrale et la moitié sud de la région (Essonne, sud de la Seine-et-Marne, Massif de Fontainebleau).



L'alternance de sécheresses et de fortes précipitations entraine le phénomène de retrait-gonflement des argiles, un risque naturel très présent en Île-de-France. © CIMMYT

LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE

Le constat et la prédiction

Pour aborder les liens entre changement climatique et biodiversité, deux approches complémentaires peuvent être mobilisées : constater les effets de ce dernier ou tenter de les prédire.

La première consiste à observer et quantifier de manière factuelle les impacts sur le vivant attribuables aux changements climatiques à l'aide d'indicateurs *ad hoc*. Pour la faune et la flore, cela implique de suivre l'état de santé des populations des espèces au regard de leurs traits de vie liés au climat². Ainsi, selon leur aire de répartition, leur phénologie ou encore le type d'habitat qu'elles occupent, il est possible de déterminer les conditions climatiques les plus favorables à leur épanouissement. L'objectif est ensuite de déterminer dans quelle mesure les espèces les plus menacées ou en déclin dans le temps doivent cet état de fait au changement climatique. Les corrélations ne sont pas des causalités, néanmoins, si une espèce associée aux climats froids voit ses populations s'effondrer, il est probable que le réchauffement climatique constitue un facteur aggravant. Toutefois, la complexité du vivant, de ses interactions intrinsèques et des interactions qu'il entretient avec le monde physique rend la dynamique des espèces multifactorielle (perte d'habitats, pollutions, fragmentation, etc.). Identifier les facteurs de changement reste néanmoins une étape essentielle pour mettre en place des actions de conservation adaptées.

Cette approche, étendue à un grand nombre d'espèces, permet également d'analyser les changements à l'échelle d'une communauté d'espèces et de comprendre comment l'évolution du climat modifie la biodiversité, en favorisant certaines espèces au détriment d'autres. Ainsi, si en majorité les espèces d'obédience froide déclinent tandis que les espèces thermophiles croissent et s'étendent, à moins d'identifier une raison plus vraisemblable, on peut considérer raisonnablement que le changement climatique est le principal moteur de ces modifications. Elle présente cependant une limite majeure : les impacts doivent déjà être à l'œuvre pour être détectés. Cette posture « attentiste » réduit la sensibilité des évaluations comme l'efficacité des mesures conservatoires, souvent appliquées sur des populations déjà très fragilisées.

L'autre approche consiste à anticiper les changements afin de mieux en prévenir les conséquences. Elle repose généralement sur la combinaison de l'affinité thermique d'une espèce avec des modèles

climatiques prévisionnels à haute résolution (Centre national de recherches météorologiques, 2022). Cette méthode basée sur la théorie des niches permet d'identifier, à l'échelle d'un territoire donné, les zones qui resteront favorables à l'espèce dans le futur. Toutefois, elle souffre de certaines approximations : d'une part, elle ignore parfois les spécificités locales pouvant atténuer les évolutions de température ou la plasticité des espèces face aux changements, les espèces se trouvant fréquemment dans la réalité avec une adaptation au changement climatique moins efficace qu'attendue, on parle alors de dette climatique (Soubelet et al. 2023). D'autre part, elle permet l'établissement de niches théoriques uniquement basées sur des dépendances physiques, mais ne prend pas en compte les interactions biotiques (prédation, parasitisme, compétition...), importantes mais très complexes à modéliser. Il ne faut pas négliger non plus le fait que les modèles climatiques eux-mêmes comportent une part d'incertitude due en général au grand nombre de données théoriquement nécessaires mais difficilement disponibles. Compte tenu des besoins de cette approche en connaissances approfondies sur la biologie et l'écologie des espèces (habitats utilisés, capacités de dispersion, etc.), ainsi que sur le territoire concerné (occupation du sol, modélisation climatique spatialisée), ces prérequis limitent fortement le nombre d'espèces sur lesquelles elle peut être appliquée.

Effets attendus

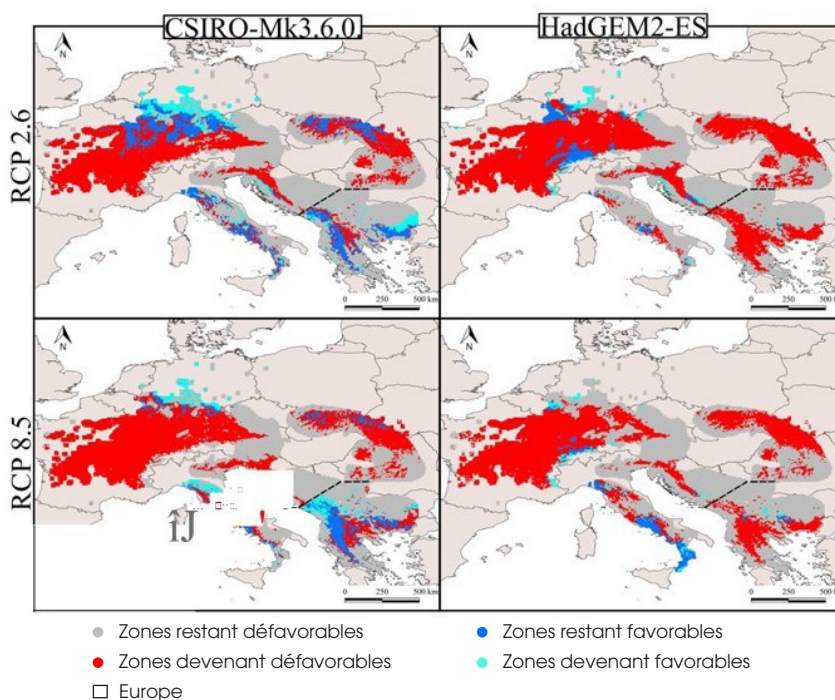
Ainsi, dans le cas du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*), il a été possible de modéliser l'évolution des secteurs favorables à sa survie en fonction des prévisions climatiques en mobilisant les informations sur son aire de répartition, ses habitats, son mode de dispersion et la cartographie des informations sur les continuités des habitats permettant cette dispersion.

Ce petit crapaud charismatique se rencontre dans une bonne partie de l'Europe méridionale, de la France à l'ouest, jusqu'à la Grèce à l'est. Opportuniste et pionnier, il profite de petits points d'eau temporaires de différente nature pour sa reproduction

2. Les traits de vie ou traits d'histoire de vie sont les caractéristiques propres aux espèces ou à leur sous-populations. Ceux pouvant directement être liés au climat sont par exemple, en milieu tempéré, la phénologie, c'est à dire la répartition des différentes phases du cycle de vie au cours de l'année, ou encore la niche thermique, c'est à dire l'intervalle dans lequel l'espèce trouve des conditions de vie et de développement optimums. Indirectement, le changement climatique affecte aussi le succès de la reproduction, les interactions entre espèces et entre individus au sein de l'espèce, la croissance et le développement, la dispersion, la migration...

(vasques naturelles, ornières forestières, pâtures inondées). En France, c'est une espèce menacée qui bénéficie d'un Plan national d'action pour la conservation de ses populations. Le réchauffement climatique est identifié comme une menace particulièrement prégnante pour le sonneur car il favorise des sécheresses précoces qui provoquent l'échec de la reproduction. L'Île-de-France abrite encore deux petites populations de cette espèce au nord de la Seine-et-Marne.

Toutes deux sont fortement fragilisées et l'espèce est considérée comme en danger d'extinction en région. Fortement emblématique, le Sonneur à ventre jaune a bénéficié de nombreux travaux scientifiques visant à améliorer les techniques de conservation/restauration d'habitats et anticiper le devenir des populations. En 2021, une étude proposait une modélisation poussée des secteurs potentiellement favorables à l'espèce en fonction de plusieurs scénarios climatiques et échelles de temps.



▲ Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina orientalis*) n'est présent que dans deux petites localités du nord-est de l'Île-de-France.
© Julien Birard

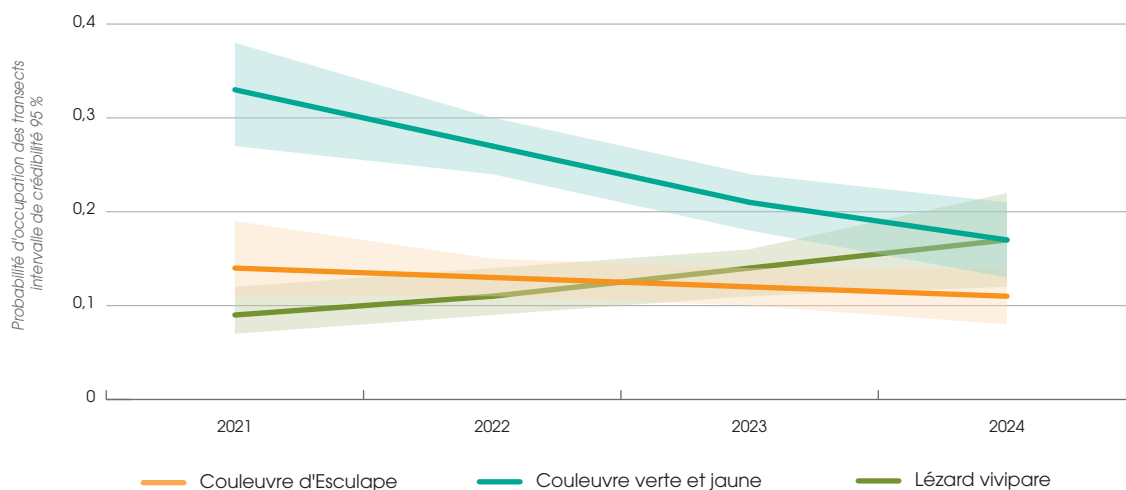
◀ Prédiction de la répartition future du Sonneur à ventre jaune selon les habitats et le climat d'ici à 2050. Deux modèles climatiques sont comparés (CSIRO et HadGEM) selon plusieurs scénarios de réchauffement, le RCP 2.6, optimiste et le RCP 8.6, pessimiste. Modifié d'après Boyer et al., 2020 <https://doi.org/10.1111/jbi.14019>

Les résultats avec le scénario optimiste (RCP 2,6) montrent que d'ici 2050 la quasi-totalité de l'Hexagone ne sera plus propice à l'accueil de l'espèce en dehors de quelques refuges situés dans le Grand Est. Ces résultats ne doivent cependant pas dissuader les programmes de conservation menés actuellement. La force de ces modélisations repose sur leur fiabilité à large échelle et elles doivent être utilisées pour orienter des politiques suprarégionales voire européennes. À l'échelle d'un secteur plus localisé, la fiabilité des projections devient plus incertaine et seule l'étude fine des microclimats peut avoir une résolution suffisante pour anticiper l'impact des changements climatiques sur une population (Kerr et al. 2025). Ces méthodes, encore peu utilisées, doivent se démocratiser afin de mieux comprendre le rôle des micro-habitats comme la structuration de la végétation dans l'atténuation des événements climatiques extrêmes. Appliquées aux espèces patrimoniales, elles devraient permettre de mieux orienter les gestions et restaurations d'habitats.

La prédiction de la diminution ou de l'augmentation des populations d'une espèce en fonction du changement climatique reste délicate car de multiples autres facteurs sont à prendre en compte (habitats, corridors de déplacement, pathogènes, pollutions...). Par exemple, pour les reptiles, le changement climatique était envisagé comme favorable pour certaines espèces thermophiles et tolérant assez bien les perturbations d'origine anthropique. Ainsi, la Couleuvre verte et jaune (*Hierophis viridiflavus*) ou la Couleuvre d'Esculape (*Zamenis longissimus*) étaient attendues comme bénéficiaires du réchauffement des températures. Cependant, les bilans des suivis POPreptiles qui traduisent objectivement l'évolution des populations sont plus mitigés que prévus (Trochet et al. 2024).

À l'opposé, des espèces d'affinité boréale comme le Lézard vivipare (*Zootoca vivipara*), qui devraient enregistrer un déclin de leurs populations semblent, pour le moment, se maintenir sur les stations suivies. Néanmoins, l'ensemble de ces résultats doivent être interprétés avec précaution compte tenu de la plage de temps restreinte et de l'hétérogénéité du nombre de suivis sur le territoire national. Certaines régions sont mieux représentées que d'autres ce qui implique que les bilans sont plus représentatifs de leurs populations. Cela témoigne de la nécessité de renforcer et d'homogénéiser le réseau de suivi de la faune et de la flore sur le territoire afin d'observer des variations fidèles sur le long terme.

Les modèles prédictifs de distribution des espèces doivent être considérés comme un outil de hiérarchisation des priorités d'investissements en faveur de la biodiversité. L'objectif est d'éviter l'utilisation de moyens pour des actions qui se révéleront inefficaces compte tenu des dynamiques climatiques sur lesquelles les gestionnaires n'ont aucun pouvoir. Cette problématique renvoie au concept d'espèce en danger qui sont parfois maintenues sous perfusion grâce à des mesures palliatives comme dans le cas du Grand tétras ou du Hamster d'Europe (Hezberg 2022) à la seule fin de respecter des obligations légales anciennes basées sur d'autres contextes écologiques. Dans ce contexte, d'autres pistes de mesures conservatoires sont à explorer comme le principe de migration assistée ou de réintroduction via des élevages conservatoires. Uniquement envisageables pour certaines espèces patrimoniales, ces méthodes, encore rares en France mais déjà éprouvées dans d'autres pays, semblent montrer leur efficacité, si elles sont suffisamment réfléchies et délibérées avec des consortiums d'experts. Ces programmes s'adaptent notamment aux amphibiens et



Tendances nationales des Couleuvres d'Esculape, verte et jaune et du Lézard vivipare. Source : Trochet et al. 2024



La Vipère péliade (*Vipera berus*) est une espèce patrimoniale impactée par la disparition de ses habitats et les effets du changement climatique. En Belgique, la restauration d'habitat en faveur de cette espèce conjointe à du renforcement de population donne des résultats encourageants. © Vincent Limagne

aux reptiles qui supportent généralement assez bien l'élevage en captivité et pour lesquels il n'y a pas de transmission des parents aux jeunes, la ponte étant livrée à elle-même chez les espèces concernées.

Par exemple, l'Union régionale des Centres permanents d'initiatives pour l'environnement (URCPIE) de Normandie suit l'évolution de plus de 800 individus de Sonneurs à ventre jaune réintroduits sur des habitats restaurés après avoir été élevés en captivité (Skrzyniarz 2023). En Belgique, l'association Natagora procède depuis plusieurs années à des élevages de Vipères péliades combinés avec de la restauration d'habitats où les individus sont réintroduits, les premiers résultats sont encourageants. En Île-de-France, sous l'impulsion du Plan national d'action en faveur des Vipères de France hexagonale et grâce au concours financier de l'État au titre du « Fonds vert – France nation verte », un programme ambitieux d'évaluation de l'état de santé des populations des deux vipères franciliennes sera lancé dès 2026 pour une durée de trois ans. Selon les conclusions de ce programme, le renforcement de certaines populations ou la réintroduction pourraient être envisagés comme des solutions pertinentes pour assurer la conservation de la Vipère péliade en Île-de-France.

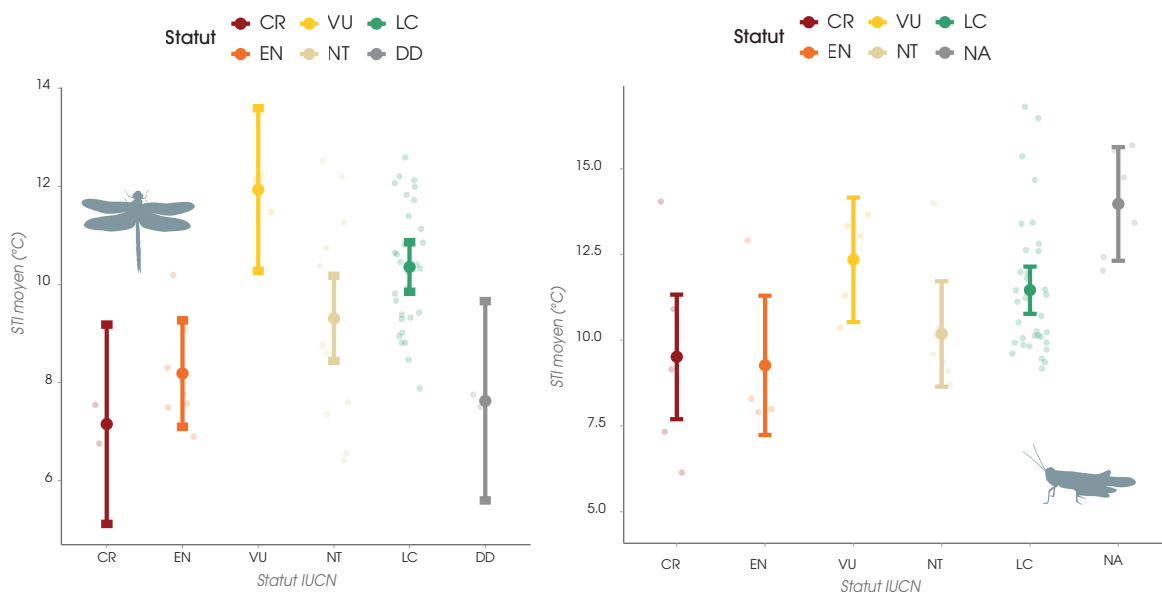
Effets constatés

L'Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France a pour missions de centraliser et structurer les connaissances sur la biodiversité francilienne et de produire régulièrement des synthèses de ces observations sous forme de diagnostics ou d'état de santé. Par ailleurs, l'Agence traduit ces résultats sous forme de recommandations favorables à la biodiversité, indispensables pour préserver le patrimoine naturel.

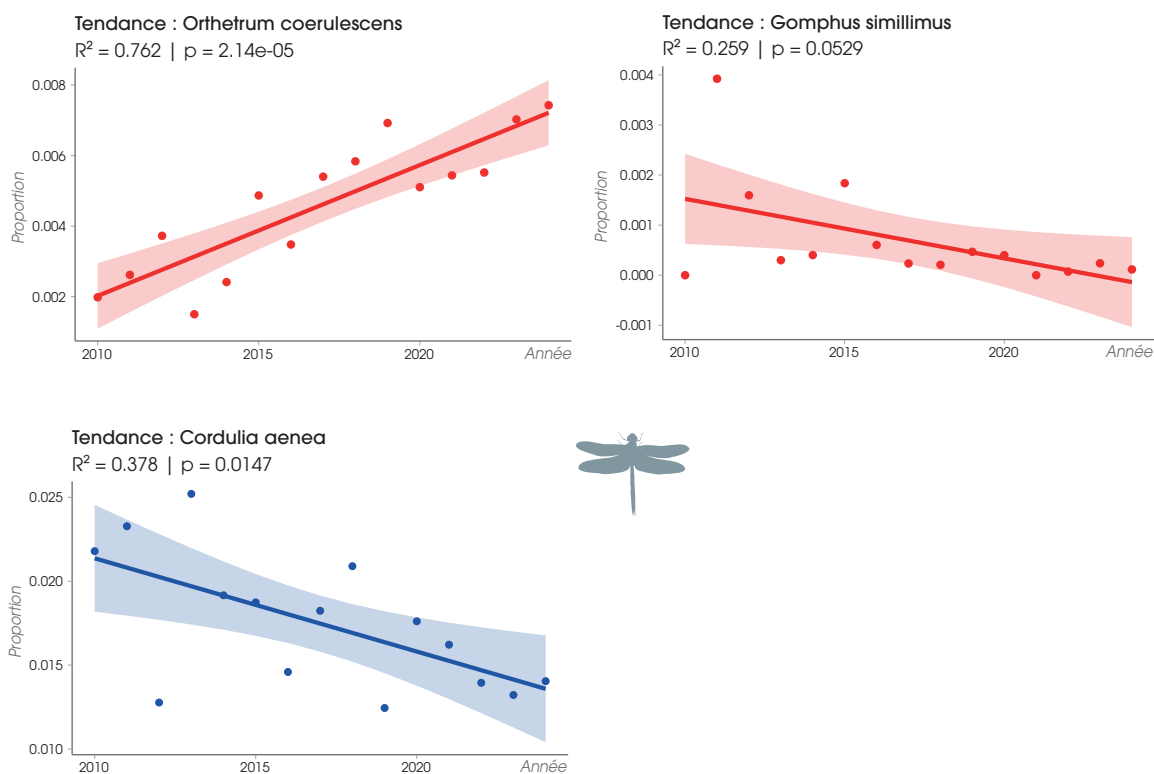
Afin de produire ce chapitre concernant la biodiversité francilienne, nous nous sommes basés sur l'ensemble des jeux de données disponibles et sur des ressources scientifiques publiées ou inédites. La région est riche en jeux de données de sciences participatives accumulées par des bénévoles mais le volume de données nécessaires pour produire des résultats robustes étant parfois trop limité à cette échelle géographique, nous avons également mobilisé des résultats nationaux. Le détail des bases de données utilisées, les hypothèses assumées, les biais et les méthodes de calcul des traits de vie des espèces sont disponibles en annexe du rapport.

IMPORTANT : aucune de ces bases de données n'existerait sans la contribution de naturalistes bénévoles partageant leurs observations et se pliant aux protocoles permettant d'obtenir des données standardisées. Qu'ils en soient toutes et tous remerciés.

**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



Affinités thermiques moyennes (cf. Annexe méthodologique) des Odonates et des Orthoptères selon leur statut de menace UICN. Pour ces deux groupes, les espèces en danger (EN) et en danger critique d'extinction (CR) sont associées à des températures plus fraîches que le reste des espèces.



Évolution de la proportion relative du nombre d'observations (cf. Annexe méthodologique) de trois espèces d'Odonates depuis 2010. Le rouge est associé aux espèces associées à des températures chaudes et le bleu à des espèces à affinité fraîche.

Des espèces menacées particulièrement vulnérables au réchauffement

Les Listes rouges classent les espèces selon leur risque d'extinction, évalué à partir de la méthodologie établie par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Cette évaluation repose sur plusieurs critères liés à la taille, à l'évolution et à la répartition des populations, permettant d'attribuer à chaque espèce une catégorie de menace prédéfinie (UICN France 2018). Ainsi, une espèce qualifiée de « vulnérable », « en danger » ou « en danger critique » est considérée comme menacée. En Île-de-France, les résultats des différentes Listes rouges régionales indiquent qu'entre un quart et un tiers des espèces sont aujourd'hui menacées. Si la destruction des habitats demeure la principale cause de l'érosion de la biodiversité, les pressions exercées sur les espèces sont souvent multiples et combinées. Le changement climatique, bien que peu pris en compte dans la méthodologie actuelle, reste un facteur déterminant dont les effets, souvent diffus, indirects et étalés dans le temps, sont difficiles à isoler. Néanmoins, les résultats des Listes rouges permettent de déceler la vulnérabilité accrue de certaines espèces face à ce phénomène global. Les graphiques ci-contre présentent l'affinité thermique moyenne des listes d'odonates et d'orthoptères selon leur niveau de menace dans la région Île-de-France.



La proportion d'observations que représente la Cordulie bronzée (*Cordulia aenea*) par rapport aux autres libellules a chuté de 35 % en 15 ans. © Hemminki Johan



Le Dectique verrucivore (*Decticus verrucivorus*) fait partie des espèces menacées souffrant du changement climatique. © Hemminki Johan

On observe que les espèces classées « en danger » ou « en danger critique » présentent une affinité plus septentrionale que celles considérées comme « vulnérables » ou à « préoccupation mineure ».

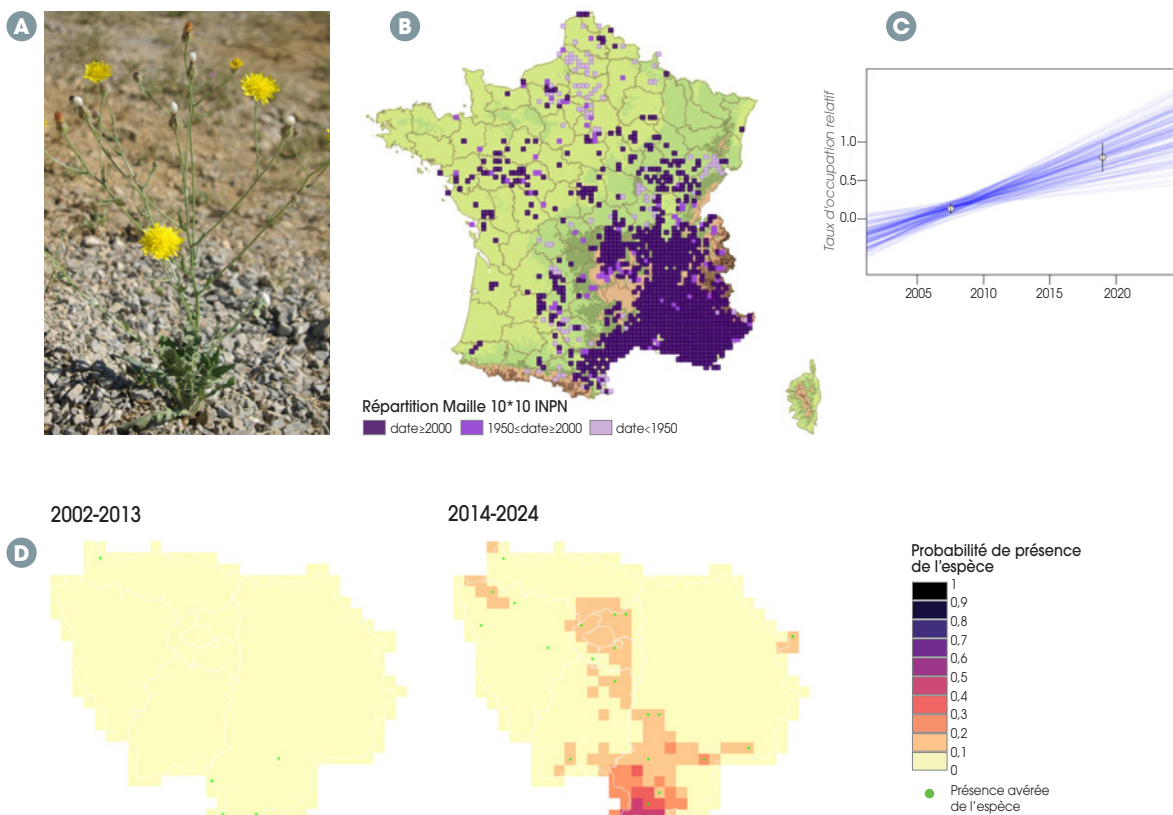
Les espèces vulnérables, dont les indices thermiques témoignent d'une origine méditerranéenne, pourraient, pour certaines, rejoindre les catégories des « quasi menacées » ou des « préoccupations mineures » lors de la prochaine actualisation de la Liste rouge, sous l'effet d'un réchauffement climatique favorable à leur expansion. Toutefois, cette évolution dépendra étroitement de la disponibilité des habitats propices.

Ainsi, le Gomphe semblable (*Gomphus simillimus*), actuellement classé comme « vulnérable », voit sa progression vers le nord limitée par la dégradation des grands cours d'eau, son habitat de prédilection. Pour les espèces « quasi menacées », la situation apparaît plus contrastée : cette catégorie regroupe, chez les odonates, des taxons aux affinités écologiques très diverses. Certaines espèces d'origine méditerranéenne, comme l'Orthetrum bleuissant (*Orthetrum coerulescens*), semblent profiter du réchauffement climatique, tandis que d'autres, à affinité boréale, comme la Cordulie bronzée (*Cordulia aenea*), montrent au contraire des signes de régression, malgré leur écologie assez tolérante. Pour cette dernière, la part des observations qu'elle représente a chuté de 35 % en 15 ans.

**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



Affinité thermique moyenne de la flore vasculaire selon les statuts de menace UICN.



Distribution et dynamique temporelle de la Crépide fétide (*Crepis foetida*) selon la méthode FRESVALO.

- A** : photographie de l'espèce. © Gérard Hunault, CBN Bassin parisien
- B** : carte de distribution nationale de l'espèce en 2015. Source : FCBN, 2016
- C** : tendances linéaires entre les taux d'occupation relatifs à chaque période.
- D** : cartes de probabilité de présence pour deux périodes temporelles.



La Digitale pourpre (*Digitalis purpurea*) est une grande plante bisannuelle des lisières, des clairières et des layons forestiers. Elle apprécie les sols frais mais s'épanouit à la lumière, après une coupe forestière, par exemple.
© Audrey Muratet



Comment lire ces graphiques ?

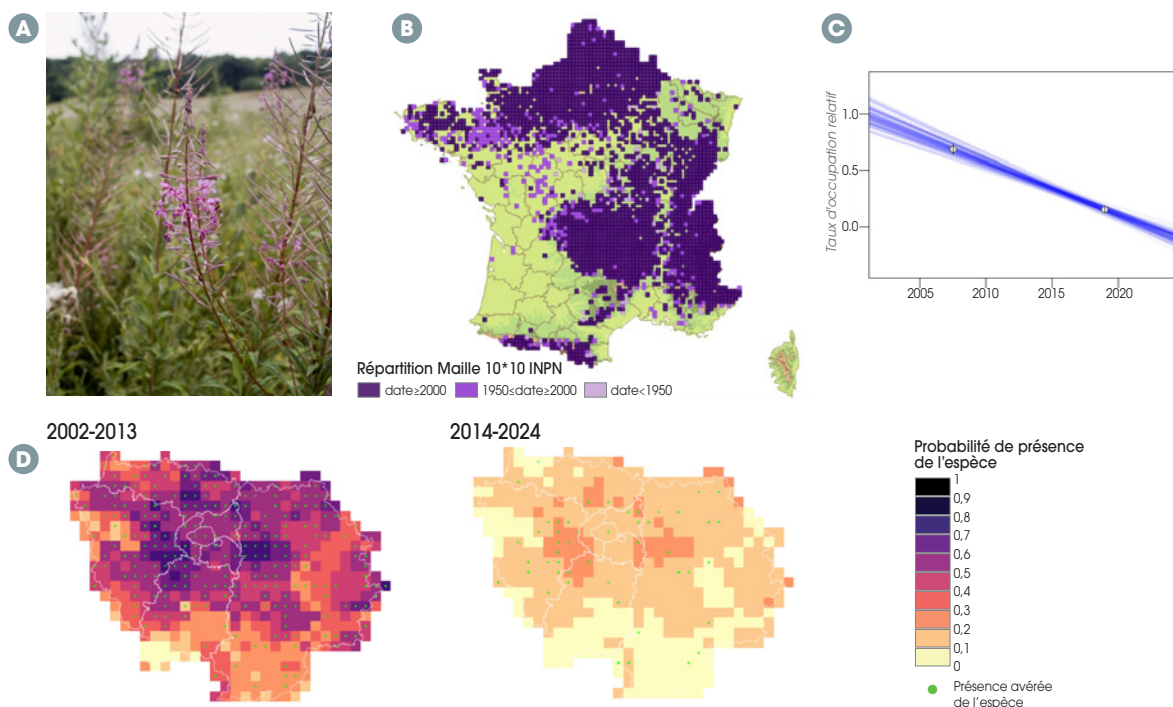
Sur les graphiques de dynamique temporelle (figure C), les ronds blancs représentent les moyennes du taux d'occupation relatif estimé par FRESALO (cf. Annexe méthodologique) pour chacune des deux périodes étudiées (2002–2013 et 2014–2024). Les barres noires indiquent les écarts-types, c'est-à-dire la variabilité des estimations autour de cette moyenne. Chaque point est positionné à la médiane de la période correspondante. Les lignes bleues correspondent à une sélection aléatoire de 100 régressions linéaires compatibles avec ces estimations (Pescott et al. 2022). Elles offrent une visualisation intuitive de l'incertitude : plus les lignes s'écartent, plus la tendance temporelle est incertaine ; plus elles sont regroupées, plus la tendance est robuste. La carte régionale montre la probabilité de présence estimée par FRESALO dans chaque maille de 5×5 km du territoire francilien pour les deux périodes. Les points verts indiquent les observations réelles de l'espèce : ils permettent de comparer l'estimation probabiliste avec la présence effectivement enregistrée.

La relation entre le statut de menace et l'affinité thermique des espèces n'apparaît pas toujours de manière nette. Dans le cas de la flore vasculaire, aucune tendance claire ne se dégage : pour chaque catégorie de menace, on observe une proportion comparable d'espèces à affinité méridionale et septentrionale.

Cette absence de corrélation peut s'expliquer de deux façons. D'une part, il est possible que les espèces à affinité septentrionale ne soient pas encore suffisamment affectées pour être considérées comme menacées selon les critères d'évaluation actuels. D'autre part, les pressions autres que le changement climatique, telles que la destruction ou la fragmentation des habitats, les pratiques agricoles ou la pollution, pourraient affecter les espèces thermophiles à tel point qu'un équilibre apparaisse entre les statuts. Enfin, il convient de rappeler que la Liste rouge régionale de la flore vasculaire utilisée dans cette analyse date de 2014, et pourrait donc ne pas refléter l'intensification récente des impacts climatiques observée au cours de la dernière décennie.

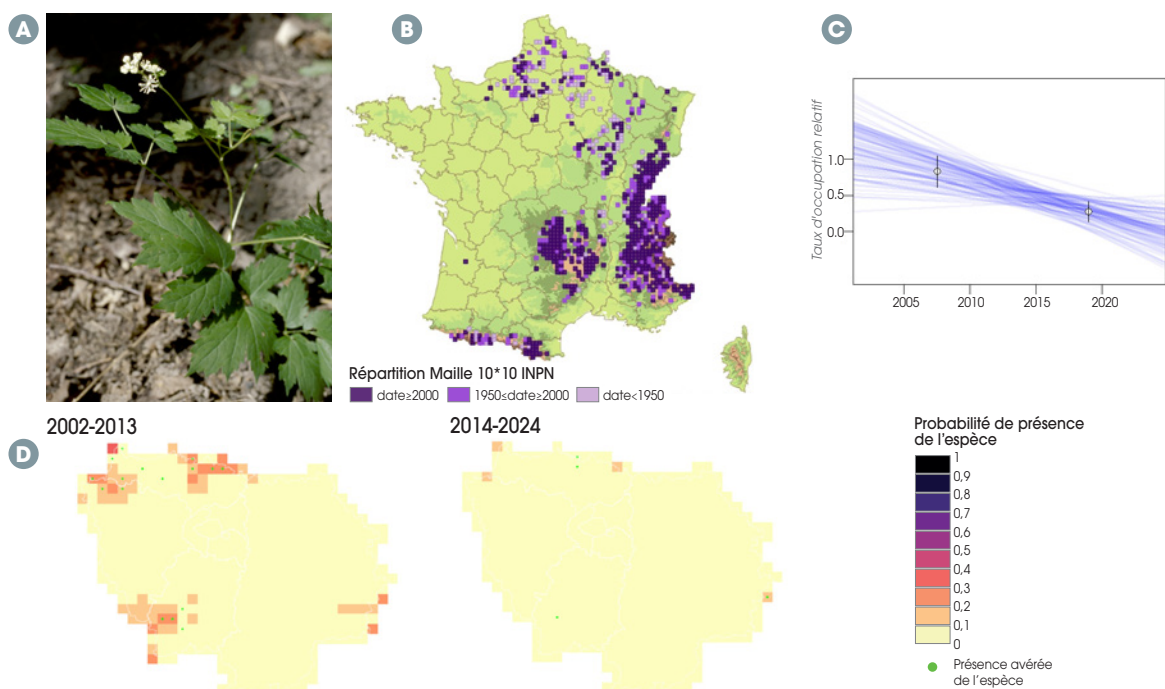
Prenons l'exemple de la Crépis fétide (*Crepis foetida*) page ci-contre. Cette espèce indigène est considérée comme en « danger critique d'extinction » (CR) dans la liste rouge d'Île-de-France (Filoche 2014). Considérée commune au XIX^e siècle (Cosson et Germain de Saint-Pierre 1845) et liée à des habitats plutôt agricoles (habitats pierreux, bords des chemins, champs en friche), elle était devenue très rare mais semble en pleine expansion ces dix dernières années. Elle se développe aujourd'hui dans des habitats urbains : interstices sur des trottoirs, cimetières etc. ; elle a plutôt commencé par recoloniser le sud de la région et la petite couronne mais est désormais aussi trouvée dans le nord-ouest. Vu sa répartition nationale, il est probable que les canicules et sécheresses de la dernière décennie ne soient pas étrangères à sa dynamique. De fait, cette espèce ne sera probablement plus classée comme menacée dans la prochaine Liste rouge régionale (com. pers. B. Masson).

**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



Distribution et dynamique temporelle de L'Épilobe en épi (*Chamaenerion augustifolium*) selon la méthode FRESALCO.

- A** : photographie de l'espèce. © Audrey Muratet
- B** : carte de distribution nationale de l'espèce en 2015. Source : FCBN, 2016
- C** : tendances linéaires entre les taux d'occupation relatifs à chaque période.
- D** : cartes de probabilité de présence pour deux périodes temporelles.



Distribution et dynamique temporelle de L'Actée en épi (*Actaea spicata*) selon la méthode FRESALCO.

- A** : photographie de l'espèce. © Sébastien Filoche, CBN Bassin parisien
- B** : carte de distribution nationale de l'espèce en 2015. Source : FCBN, 2016
- C** : tendances linéaires entre les taux d'occupation relatifs à chaque période.
- D** : cartes de probabilité de présence pour deux périodes temporelles.

À l'inverse, l'Île-de-France héberge certaines végétations ou espèces liées à des climats relativement froids et humides, notamment de type atlantique ou sub-montagnard. Il peut s'agir d'espèces forestières comme le Myrtille commun (*Vaccinium myrtillus*), la Digitale pourpre (*Digitalis purpurea*) ou encore l'Épilobe en épi (*Chamaenerion angustifolium*). Cette dernière était autrefois très répandue sur l'ensemble de l'Île-de-France. Elle occupe principalement dans les lisières et coupes forestières, mais peut aussi s'installer sur les talus de voies ferrées. Sur les dernières années, sa régression est très impressionnante.

Cette diminution touche aussi des espèces forestières beaucoup plus rares comme l'Actée en épi (*Actaea spicata*) qui a été considérée comme « en danger d'extinction » (EN) en 2014 (Filoche 2014). Cette espèce a poursuivi son déclin de façon très inquiétante, ne se maintenant a priori plus que dans trois mailles. De plus, il semble qu'elle persiste principalement de façon végétative et ne parvienne plus à fleurir (com. pers. F. Perriat). Cela illustre le phénomène de dette d'extinction, à savoir que des espèces végétales longévives peuvent se maintenir végétativement même si les conditions du milieu ne leur conviennent plus ; mais leurs populations n'étant plus en mesure de se renouveler, ces espèces sont condamnées à moyen/long terme.

Enfin, il semble qu'un certain nombre d'espèces de zones humides soient en régression. Les sécheresses répétées, intenses et prolongées de la dernière décennie pourraient être l'une des causes de



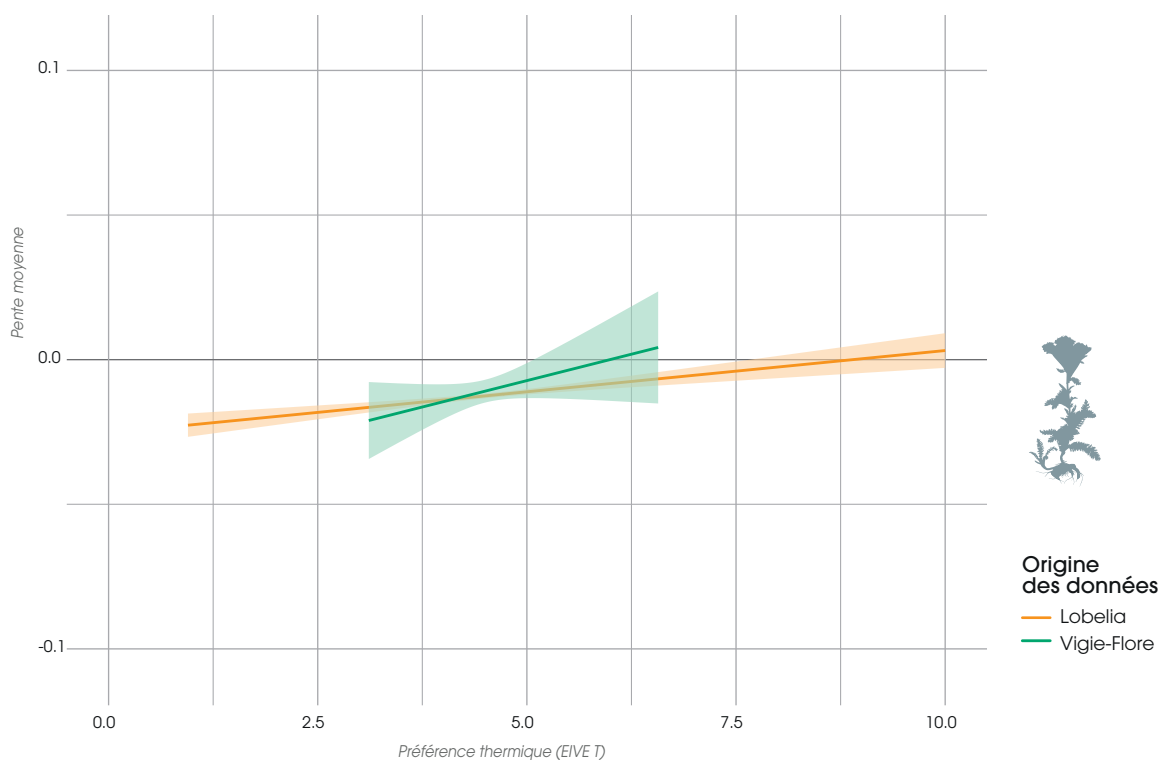
La Myrtille (*Vaccinium sp.*) est un sous-arbrisseau des sous-bois, des talus et des lisières forestières. L'espèce est encore relativement bien représentée dans le Val-d'Oise, mais très rare ailleurs en Île-de-France.
© Gérard Arnal

ces tendances. En effet, lors de leurs prospections de terrain, certains botanistes ont noté que des habitats de tourbière, notamment les communautés de marais de transition, souvent sur radeaux flottants et normalement difficilement accessibles en bottes ont pu être inventoriées avec de simples chaussures certaines années récentes ! On observe aussi, comme pour l'Actée en épi, que les linaigrettes ne parviennent plus à fleurir, ce qui est un autre exemple de dette d'extinction.

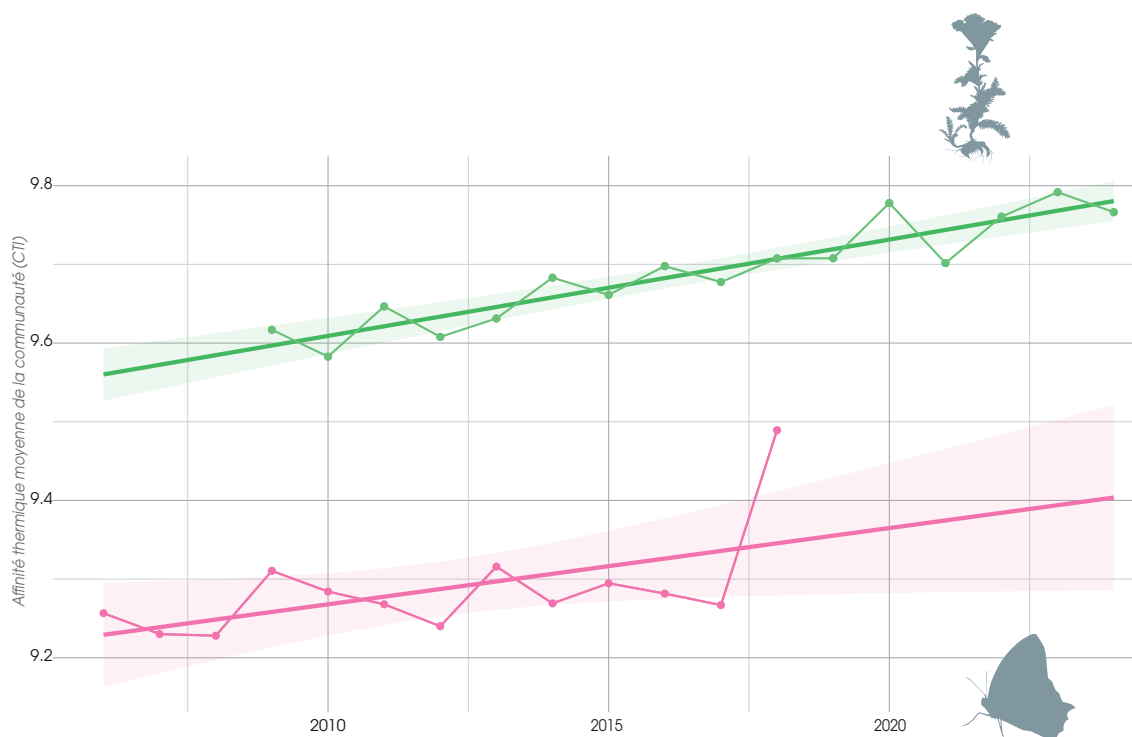


La Linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*) se développe dans les milieux humides tels que les bas-marais ou les mares intraforestières tourbeuses. Elle est rare et protégée en Île-de-France. © Gérard Arnal

**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



D'une manière générale les plantes associées à des température élevées tendent à progresser (pente moyenne supérieure à 0), tandis que celles privilégiant des conditions plus fraîches sont en régression.



Les données de plantes issues de Vigie-Flore et de papillons de jour issues du Suivi temporel des rhopalocères (papillons de jour) de France montrent que des transformations sont en cours dans la structuration des communautés. Elles tendent à être de plus en plus composées par des espèces à affinité chaude, les espèces souffrant de l'élévation de températures s'y montrant de moins en moins abondantes.

Des communautés en transformation

Au-delà des espèces patrimoniales ou menacées, des transformations majeures affectent la composition des communautés faunistiques et floristiques. Le suivi de leur structure à l'échelle régionale permet de mettre en évidence des dynamiques profondes, notamment celles induites par le changement climatique.

En croisant l'affinité thermique de chaque espèce avec son évolution — qu'il s'agisse d'une progression ou d'un déclin —, il devient possible de mesurer concrètement l'impact des variations climatiques sur la composition des assemblages d'espèces.

Les modifications de l'environnement, et leurs effets différenciés selon les organismes, entraînent l'émergence de véritables « gagnants » et « perdants » : certaines espèces profitent de nouvelles conditions favorables pour se développer, tandis que d'autres régressent faute d'un habitat adapté à leurs besoins. L'analyse des bases de données permet ainsi de révéler ces changements à grande échelle, offrant une vision macroscopique des réorganisations en cours au sein des écosystèmes.

Sur l'ensemble de la flore spontanée d'Île-de-France, soit 1 386 espèces indigènes ou naturalisées, un lien significatif est observé entre la préférence thermique des espèces et leur tendance temporelle à

l'augmentation ou au déclin. De manière générale, les espèces associées à des températures plus élevées tendent à progresser, tandis que celles privilégiant des conditions plus fraîches sont en régression.

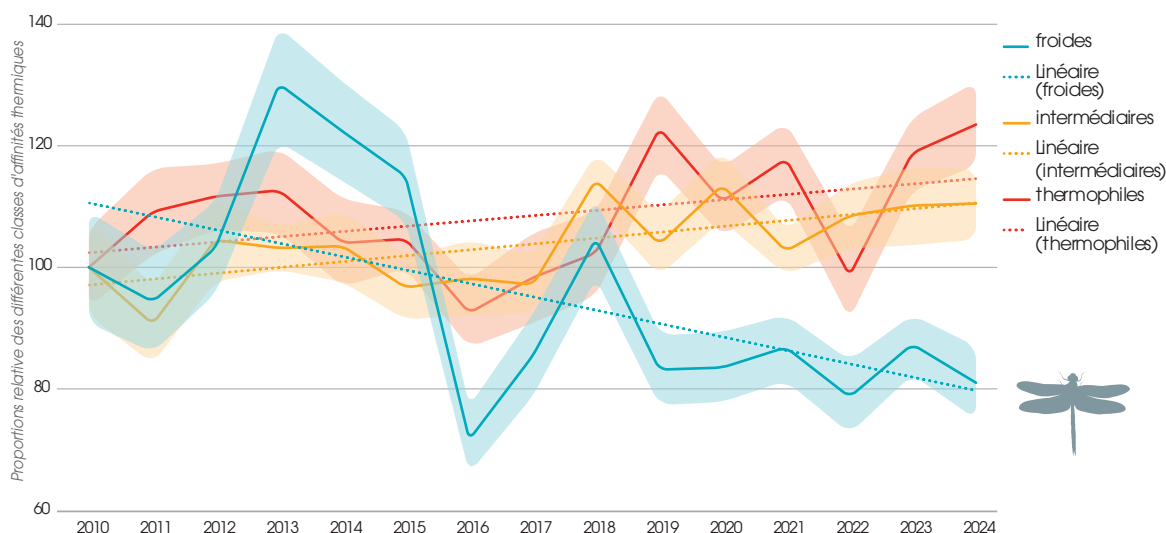
Ces tendances, établies à partir des observations bancarisées par le Conservatoire botanique national du Bassin parisien dans la base de données Lobelia, reposent sur l'évolution du nombre de mailles occupées par chaque espèce au fil du temps (cf. Annexe méthodologique).

Les mêmes dynamiques apparaissent dans les résultats du programme de science participative Vigie-Flore : les plantes à affinité thermique élevée semblent tirer parti du réchauffement climatique, alors que celles adaptées aux milieux plus frais voient leurs populations diminuer. La différence des résultats (inclinaison des pentes) entre les deux méthodes s'explique notamment par l'absence des espèces rares et aux écologies très spécifiques dans les relevés Vigie-Flore qui s'intéressent plutôt à la flore commune. Si l'on regarde l'affinité thermique moyenne de l'ensemble des espèces, donc à l'échelle de la communauté et proportionnellement à leur abondance, on constate que la flore vasculaire (données Vigie-Flore) et les papillons (données STERF), sont de plus en plus représentés par des espèces affectionnant les températures chaudes.

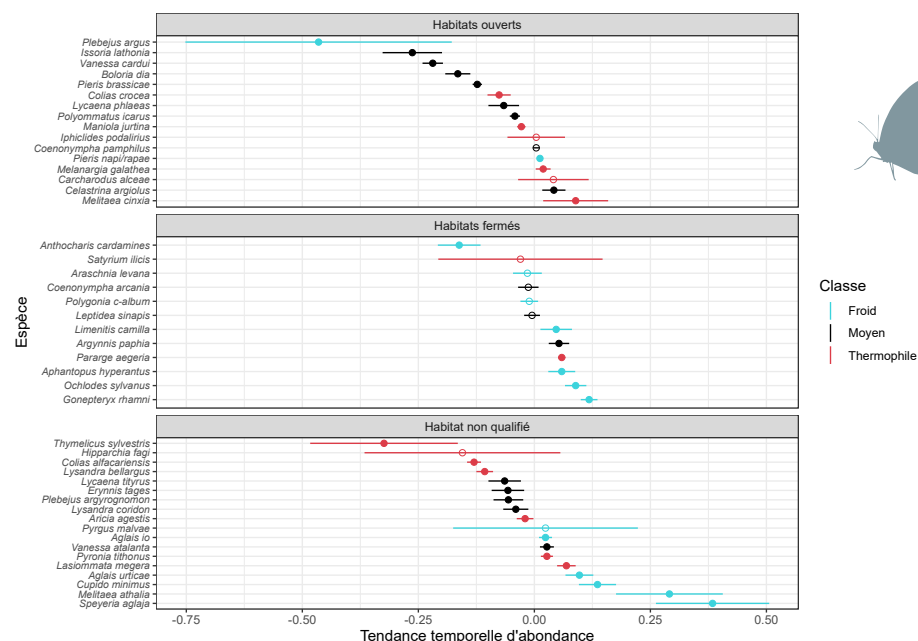
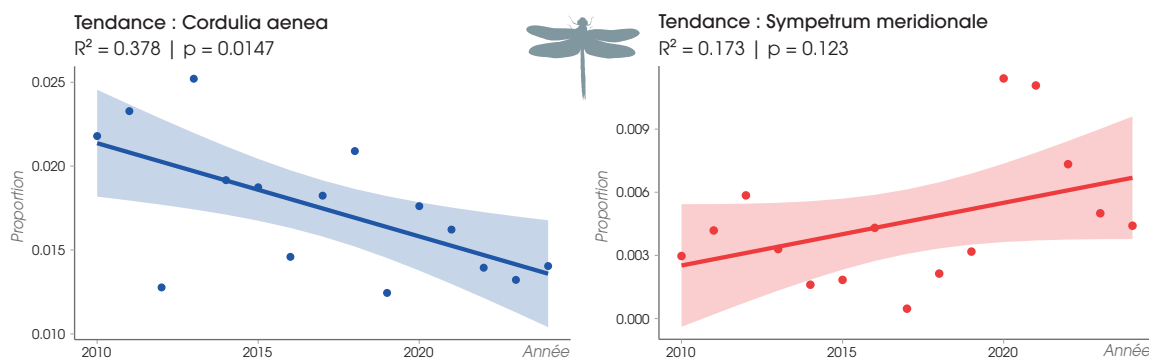


Le Satyre (*Lasiommata megera*) fait partie des espèces gagnantes face au changement climatique. © Pete Richman

**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



Variation de la proportion relative d'odonates en fonction de leurs affinités thermiques (thermophiles vs intermédiaires vs fraîches) +/- l'erreur standard, dans les bases de données naturalistes entre 2010 et 2024.



Tendances des populations de différentes espèces de papillons de jour en fonction de leur affinité thermique et de leur habitat. Les ronds vides indiquent une tendance non significative.

Chaque année entre 2010 et 2024, les naturalistes ont noté leurs observations d'odonates. La proportion d'individus de chaque espèce varie donc en fonction de leur abondance annuelle. Afin d'accorder le même poids à chaque espèce, indépendamment de la taille réelle de sa population, les proportions annuelles ont été ramenées à une échelle allant de zéro à un.

L'analyse montre que les espèces dites moyennes et les espèces thermophiles suivent une tendance globale à la hausse, alors que les espèces froides voient leur proportion diminuer, et ce à une intensité presque deux fois supérieure à celle observée pour les deux autres groupes.

Ces transformations s'illustrent dans la part des observations que représentent certaines espèces au cours du temps. Ainsi, des espèces d'affinité boréale comme l'Æschne printanière (*Brachytron pratense*) semblent de moins en moins abondantes avec une aire de répartition qui s'est déplacée de près de 200 km vers le nord depuis les années 1960 (Grand et Boudot 2006). À l'inverse, des espèces plus méridionales comme le Sympétrum méridional (*Sympetrum meridionale*) bénéficient de ce nouveau climat et s'imposent dans les communautés.



Cette évolution correspond à ce que l'on peut attendre des effets du réchauffement climatique sur les communautés d'odonates. Les espèces associées aux milieux plus frais deviennent progressivement moins fréquentes, tandis que les espèces plus tolérantes aux températures élevées, ou même favorisées par celles-ci, occupent une place croissante dans les assemblages.

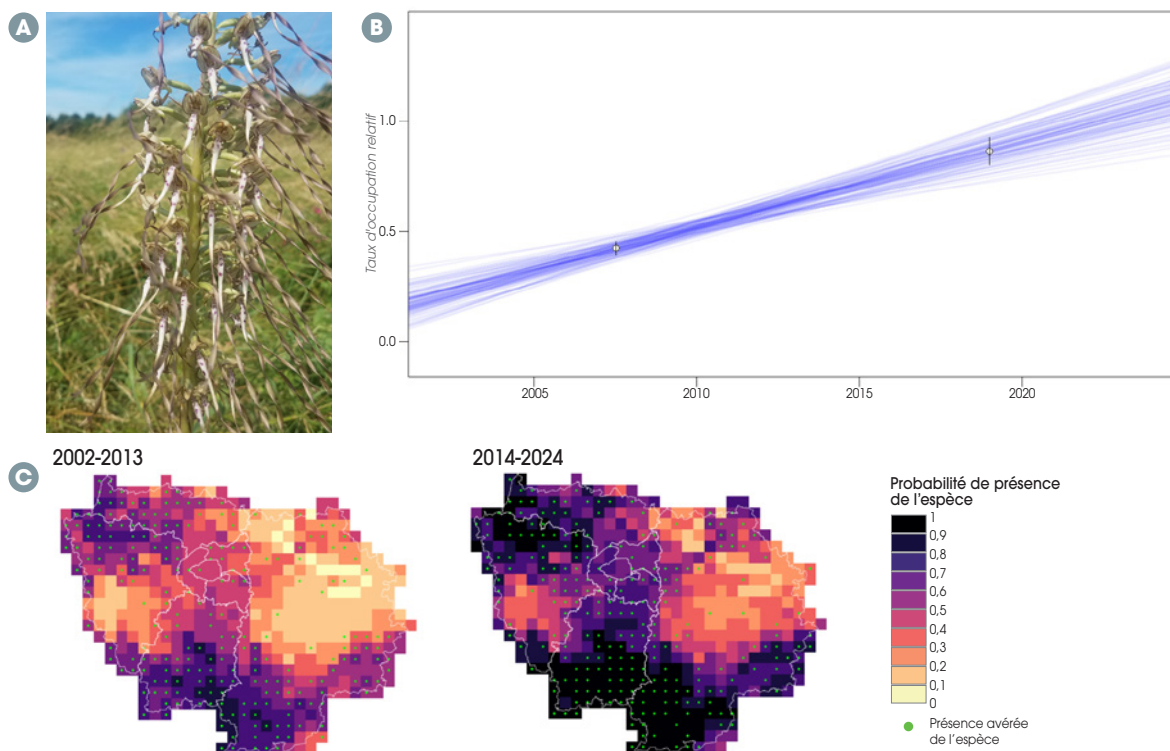
La principale surprise réside dans l'ampleur du recul observé chez les espèces froides, recul qui n'est pas compensé par la progression des groupes plus thermophiles. Ce constat est d'autant plus notable que les espèces froides d'Île-de-France incluent une proportion importante d'espèces inféodées aux étangs et aux mares forestières, des milieux que l'on pourrait considérer comme relativement tamponnés face aux effets du réchauffement climatique.

Le rôle de l'histoire de vie des espèces dans leur sensibilité au changement climatique apparaît clairement chez les papillons diurnes. Alors qu'on pourrait s'attendre à une restructuration des communautés similaire à celle observée chez les odonates, on constate au contraire que l'histoire de vie, et en particulier le type d'habitat occupé, constitue un meilleur prédicteur de l'état de santé des espèces que leur affinité thermique.

Ainsi, les espèces associées aux milieux ouverts, généralement plutôt thermophiles, sont pour la plupart en déclin. Cette tendance reflète la forte régression de leurs habitats (prairies, coteaux, landes) en Île-de-France. À l'inverse, les espèces inféodées aux milieux fermés, plutôt liées aux conditions fraîches, montrent malgré tout une augmentation de leur abondance sur la période étudiée. Ce résultat, en apparence contre-intuitif, peut s'expliquer par la relative bonne santé des massifs forestiers franciliens, qui abritent ces espèces et leur offrent un effet tampon face aux impacts du changement climatique. On peut toutefois s'interroger sur la durabilité de cet effet protecteur : la capacité des forêts à jouer ce rôle de refuge pourrait atteindre ses limites à mesure que les effets du changement climatique s'intensifient, compromettant potentiellement la préservation des communautés d'espèces les plus dépendantes à la fraîcheur.

Le Petit Sylvain (*Limenitis camilla*) affectionne les boisements clairs plutôt frais et humides. Malgré cela, ses populations sont en augmentation, potentiellement grâce à l'effet tampon offert par le milieu forestier. © Chris Cooper

ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE



Distribution et dynamique temporelle de l'Orchis bouc (*Himantoglossum hircinum*) selon la méthode FRESALO.

- A** : photographie de l'espèce. © Fabrice Perriat, CBN Bassin parisien
- B** : tendances linéaires entre les taux d'occupation relatifs à chaque période.
- C** : cartes de probabilité de présence pour deux périodes temporelles.



L'Ophrys abeille (*Ophrys apifera*) est une orchidée très commune des pelouses et des prairies que l'on retrouve de plus en plus dans les friches, les gazons urbains et sur les bords de route et de chemin. © Ophélie Ricci



À l'instar de l'Ophrys abeille et de l'Orchis bouc, l'Orchis pyramidal (*Anacamptis pyramidalis*) fait partie des orchidées en augmentation dans les espaces anthropisés franciliens. © Audrey Muratet

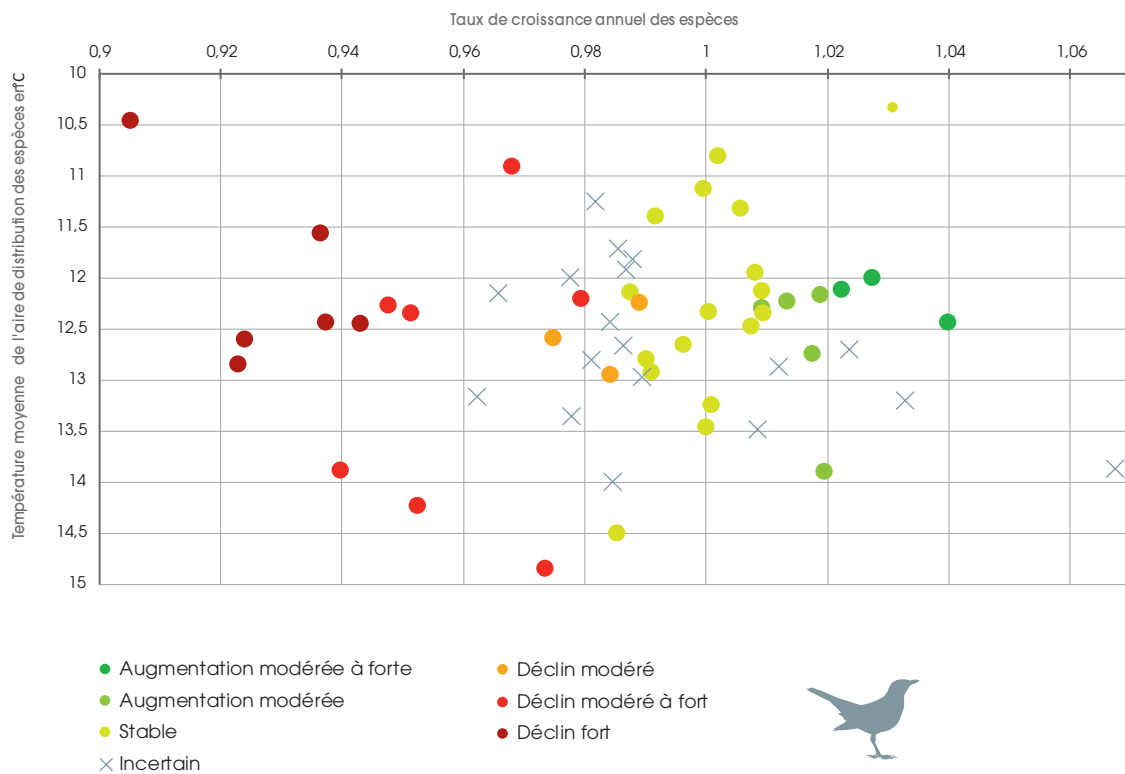
Du côté de la flore, un certain nombre d'orchidées franciliennes liées à des habitats thermophiles comme les pelouses calcicoles semblent en augmentation dans notre région ces dernières années. Aujourd'hui, elles ne sont plus seulement présentes dans leurs habitats originaux de pelouses calcicoles mais ont colonisé des espaces anthropiques tels que les ronds-points, jardins privatifs, talus de routes, etc. C'est notamment le cas de l'Ophrys abeille (*Ophrys apifera*), de l'Orchis bouc (*Himantoglossum hircinum*) ou encore de l'orchis pyramidale (*Anacamptis pyramidalis*).

On observe aussi de multiples apparitions d'orchidées à distribution méditerranéenne ou atlantico-méditerranéenne dans notre région. L'Himantoglosse de Robert (*Himantoglossum robertianum*), une espèce protégée au niveau national, a débuté sa remontée dans les années 1990 avec un premier contact à Luzarches en 1989 (S. Edelstein) ; au total à ce jour, elle a été observée dans 17 communes franciliennes. Mais ces dernières années, ce ne sont pas moins de six orchidées méridionales

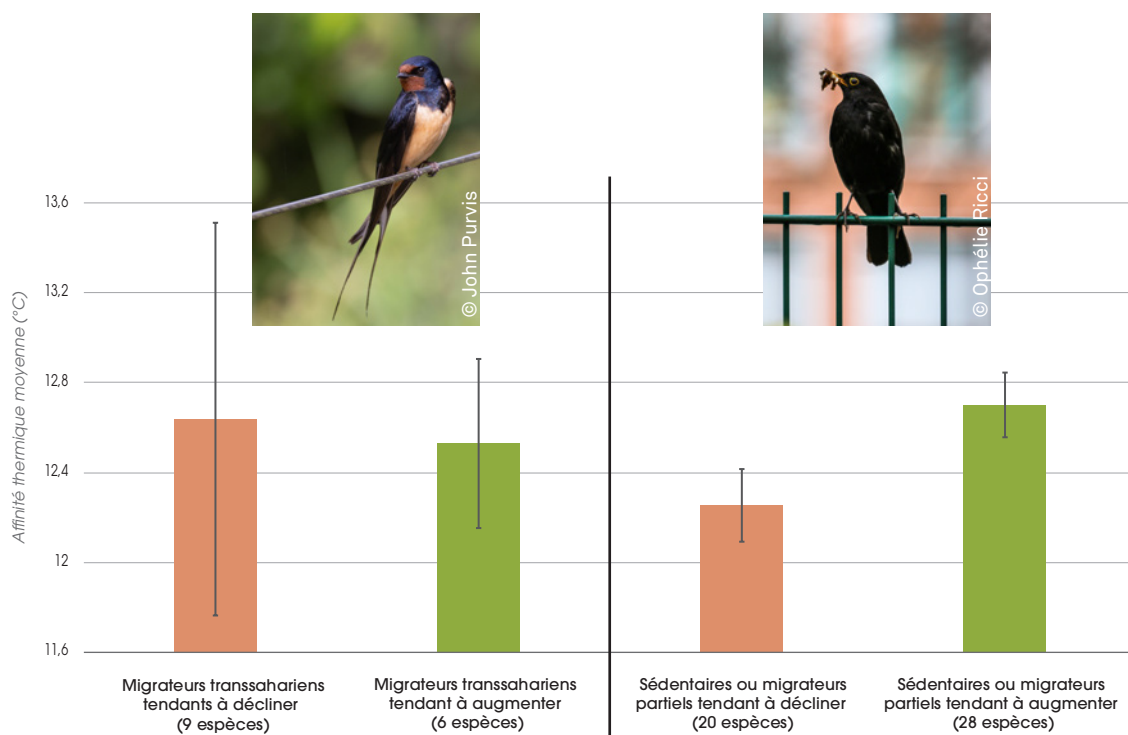
qui ont fait l'objet d'une première mention en Île-de-France : l'Ophrys miroir (*Ophrys speculum*) (Paris 12^e, 2023, P. Guy ; Vayres-sur-Essonne, 2024, M. Da Silva), l'Ophrys brillant (*Ophrys splendida*) (Jouy-en-Josas, 2024, M. Da Silva), le Sérapias langue (*Serapias lingua*) (Janvry, 2005, J. Wegnez), le Sérapias à labelle allongé (*Serapias vomeracea*) (Saint Mandé, 2023, O. Laporte), le Sérapias méconnu (*Serapias neglecta*) (Paris 16^e, 2023, T. Bellier) et le Sérapias en cœur (*Serapias cordigera*) (Jouy-en-Josas, 2024, M. Da Silva).

Même si les causes de ces dynamiques peuvent être multiples, la multiplication de ces premières mentions d'espèces méditerranéennes et la concordance avec l'augmentation de la fréquence d'espèces thermophiles déjà installées tendent à montrer que ces espèces sont certainement favorisées par le changement climatique. Cela ne doit pas non plus nous faire oublier le cas des orchidées non thermophiles comme celles liées aux zones humides qui sont globalement en déclin.

**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



Relation entre les tendances des espèces d'oiseaux entre 2001 et 2024 en Île-de-France et la température moyenne de leur aire de répartition.



Affinité thermique moyenne des espèces selon leur caractéristique de migration et leur tendance.

Chez les vertébrés, on constate que des espèces plutôt nordiques, avec un indice thermique inférieur à 13 °C comptent près du double de perdants (13 espèces en déclin modéré, modéré à fort ou fort) que de gagnants (7 espèces en augmentation modérée ou modérée à forte).

Les modélisations portant sur les effets du réchauffement climatique indiquent que les impacts sont généralement plus importants à mesure que l'on se rapproche des pôles. Dans le cas des résultats franciliens, deux explications possibles, qui peuvent se cumuler, pourraient rendre compte de cette situation si elle ne relève pas du hasard.

La première explication est que les espèces dont l'aire de répartition se situe au centre ou au sud de l'Europe pourraient profiter de l'élévation des températures pour étendre leur présence vers le nord. Les espèces plus septentrionales subiraient au contraire une réduction de leur aire par le sud, où les conditions climatiques deviendraient moins favorables à leur développement. Cette interprétation revient à envisager un déplacement vers le nord de la niche thermique des espèces.



Le Pouillot fitis (*Phylloscopus trochilus*), à gauche, fait partie des oiseaux migrateurs pour lesquels le changement climatique participe au déclin des populations. © Caroline Legg. À l'inverse, le Roitelet triple-bandeau (*Regulus ignicapilla*) est une espèce qui semble bénéficier de ces perturbations. © Nick Athanas

La seconde explication repose sur un mécanisme de compétition. Le changement climatique affecterait négativement un grand nombre d'espèces, notamment celles d'affinité nordique, et cette diminution pourrait offrir un avantage aux espèces qui ne sont pas contraintes par un décalage de niche climatique. Elles pourraient alors profiter de cette moindre concurrence pour renforcer leur dynamique.

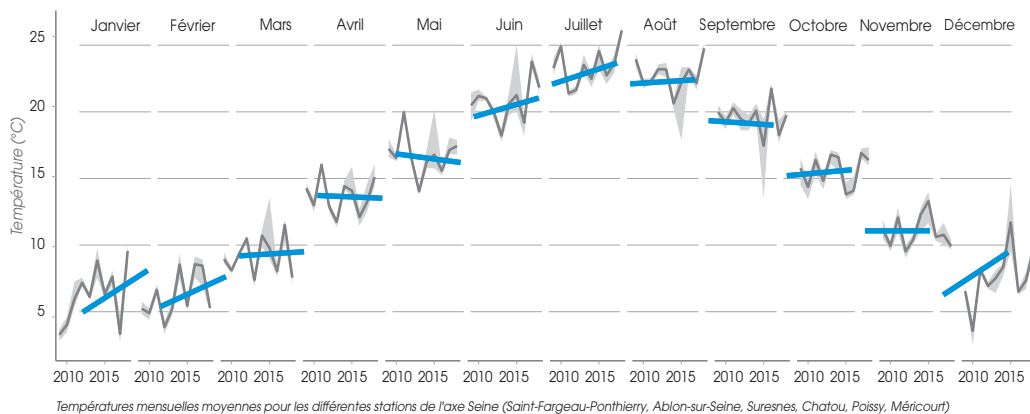
Ces deux explications ne peuvent pas être vérifiées pour le moment, mais elles s'accordent avec un constat général. Certaines espèces semblent tirer profit de l'augmentation des températures moyennes, mais un nombre plus important paraît décliner, probablement du fait de l'accumulation de plusieurs pressions, le changement climatique s'ajoutant à la dégradation et à la disparition des habitats.

Dans le prolongement de ces observations, il apparaît que d'autres traits d'histoire de vie, déjà mis en évidence chez les papillons, modulent également la réponse des vertébrés au changement climatique. Les effets du réchauffement ne dépendent pas uniquement de l'affinité thermique des espèces : ils varient aussi selon leur capacité à ajuster leur cycle biologique aux nouvelles conditions environnementales.

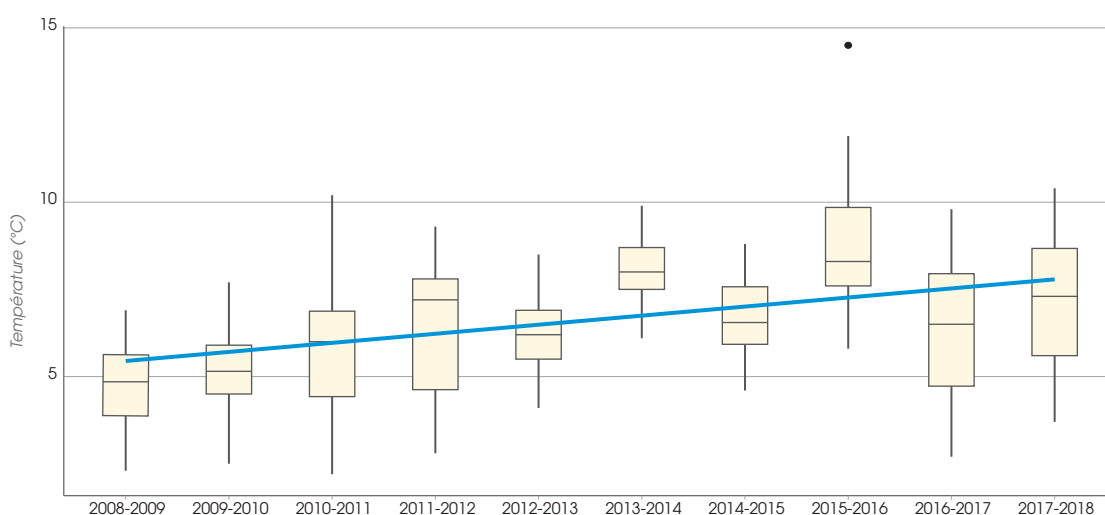
Les données suggèrent notamment qu'il est plus difficile pour une espèce d'adapter sa reproduction lorsque son site d'hivernage est éloigné de son site de nidification. Les migrateurs transsahariens d'affinité froide semblent ainsi nettement plus pénalisés que les migrateurs à courte ou moyenne distance partageant cette même affinité. La reproduction, fortement contrainte par un ajustement de phénologie en réponse à l'avancée des températures printanières, favorise en effet les espèces dont les aires d'hivernage et de nidification sont proches, voire confondues, leur permettant une réponse plus rapide et plus fine aux modifications du climat.



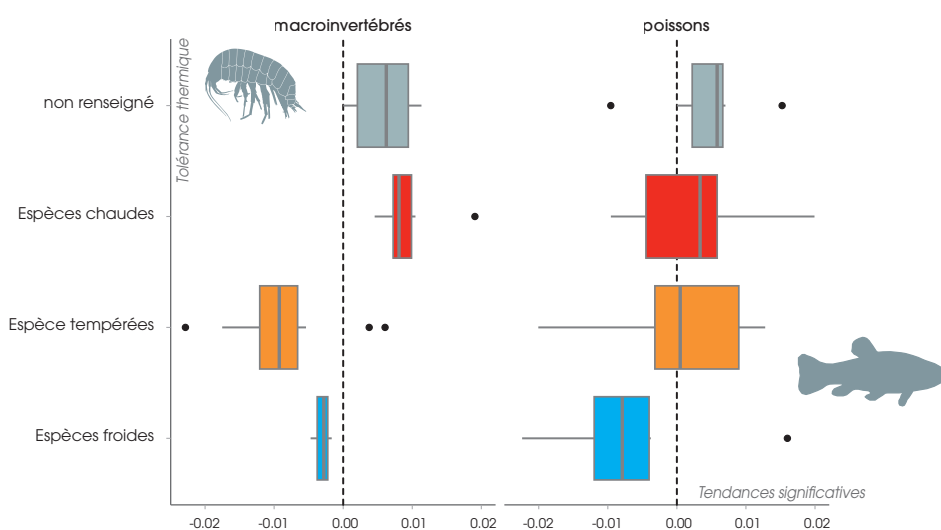
**ÉTAT DE SANTÉ DE LA BIODIVERSITÉ
EN ÎLE-DE-FRANCE**



Évolution de la température moyenne de la Seine en fonction des mois entre 2008 et 2019.



Évolution des températures hivernales de l'eau sur l'ensemble des stations franciliennes entre 2008 et 2018.



Tendance des populations de macro invertébrés et de poissons en fonction de leur affinité thermique moyenne entre 2010 et 2023 pour les invertébrés et entre 1984 et 2024 pour les poissons.

Malgré l'effet tampon théoriquement offert par le milieu aquatique lors des événements extrêmes ponctuels comme les canicules, les écosystèmes d'eau douce ne sont pas épargnés par les changements environnementaux en cours. En France, les fleuves et rivières bénéficient d'un vaste réseau de stations de mesure permettant le suivi de paramètres abiotiques et biotiques, rendant possible l'observation fine de ces transformations. Les suivis annuels de température de l'eau entre 2008 et 2019 ne montrent pas de tendance nette au réchauffement lorsque l'on considère l'ensemble de la période.



Comment lire ces graphiques ?

Le graphique des tendances de populations de macro invertébrés et de poissons montre la tendance de chacun des groupes. Lorsque celle-ci est négative, les espèces concernées décroissent, lorsqu'elle est positive, elles augmentent. Ainsi, une valeur de -0.01 indique un déclin annuel de 1 %, soit, sur une période de 10 ans, un déclin de 10 %. Chaque groupe est représenté par une boîte à moustaches, qui résume la distribution des valeurs. Cette représentation de la distribution des données, très utilisée, montre au centre une boîte représentant l'étendue où se trouvent 50 % des données centrales. Dans cette boîte, un trait vertical symbolise la médiane, qui partage la totalité des données en deux parts égales. Les « moustaches » de cette boîte représentent les quartiles inférieurs et supérieurs. Au-delà, des valeurs extrêmes, lorsqu'elles existent, sont représentées par des points. Cette représentation permet en un coup d'œil non seulement de localiser la valeur centrale de la distribution mais aussi d'avoir une idée de la dispersion des valeurs autour de cette valeur centrale.

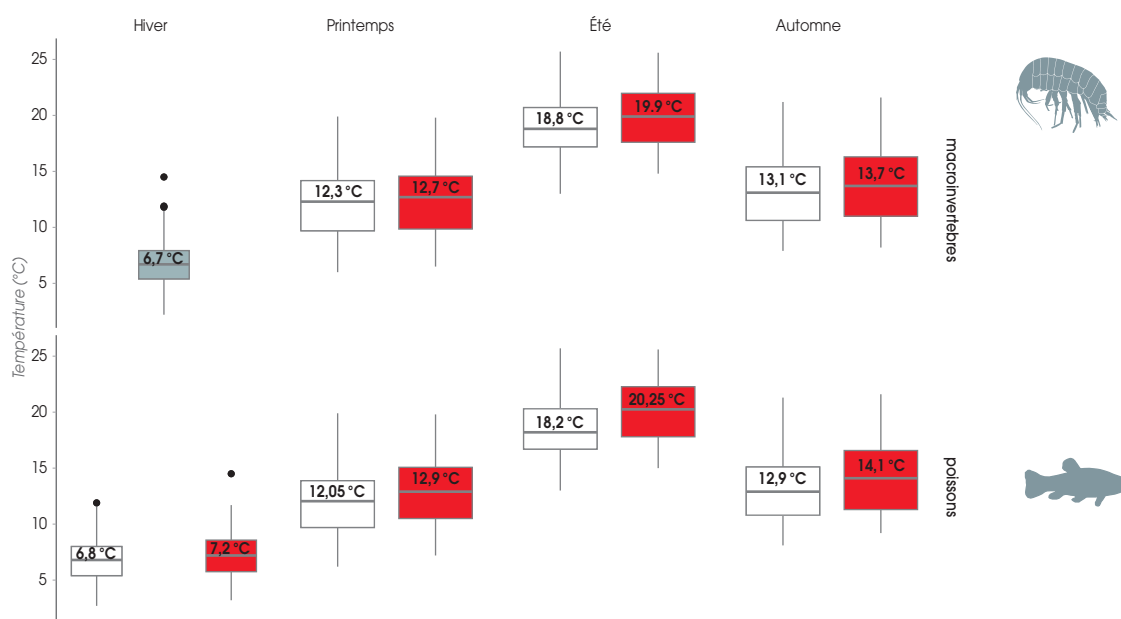
Toutefois, une analyse à l'échelle mensuelle révèle que certaines saisons sont bien plus susceptibles que d'autres à l'augmentation des températures. C'est particulièrement le cas de l'hiver où la succession d'années plus douces réduit l'amplitude des variations saisonnières. En conséquence, au cours de la dernière décennie, les eaux hivernales se sont réchauffées en moyenne de 0,1 °C par an sur l'ensemble des stations franciliennes.

Ces changements entraînent des modifications profondes au sein des cortèges d'espèces aquatiques. Parmi celles-ci, les macro-invertébrés benthiques et les poissons font l'objet de suivis standardisés qui permettent d'évaluer leur réponse à l'augmentation des températures. En classant les différentes espèces selon leur affinité thermique et en examinant l'évolution de leur contribution au sein des assemblages, on observe que les espèces froides déclinent significativement chez les macro-invertébrés comme chez les poissons. À l'inverse, les espèces à affinité chaude semblent favorisées et tendent à s'imposer dans les communautés. Plus encore, chez les macro-invertébrés, les espèces à affinité thermique moyenne connaissent elles aussi un recul marqué. Il apparaît ainsi une simplification progressive des assemblages, dominés de plus en plus par des cortèges d'espèces thermophiles qui ressortent gagnants du changement climatique. Les mêmes résultats se retrouvent sur l'évolution des abondances de chaque taxon dans le temps. Chez les macro-invertébrés, les cortèges froids et tempérés se raréfient alors que les espèces chaudes prospèrent. Pour les poissons, les résultats diffèrent un peu car les populations piscicoles, peu importe leurs affinités thermiques semblent, à l'exception de certaines espèces, plutôt en diminution. Les espèces froides déclinent juste plus vite que les chaudes.



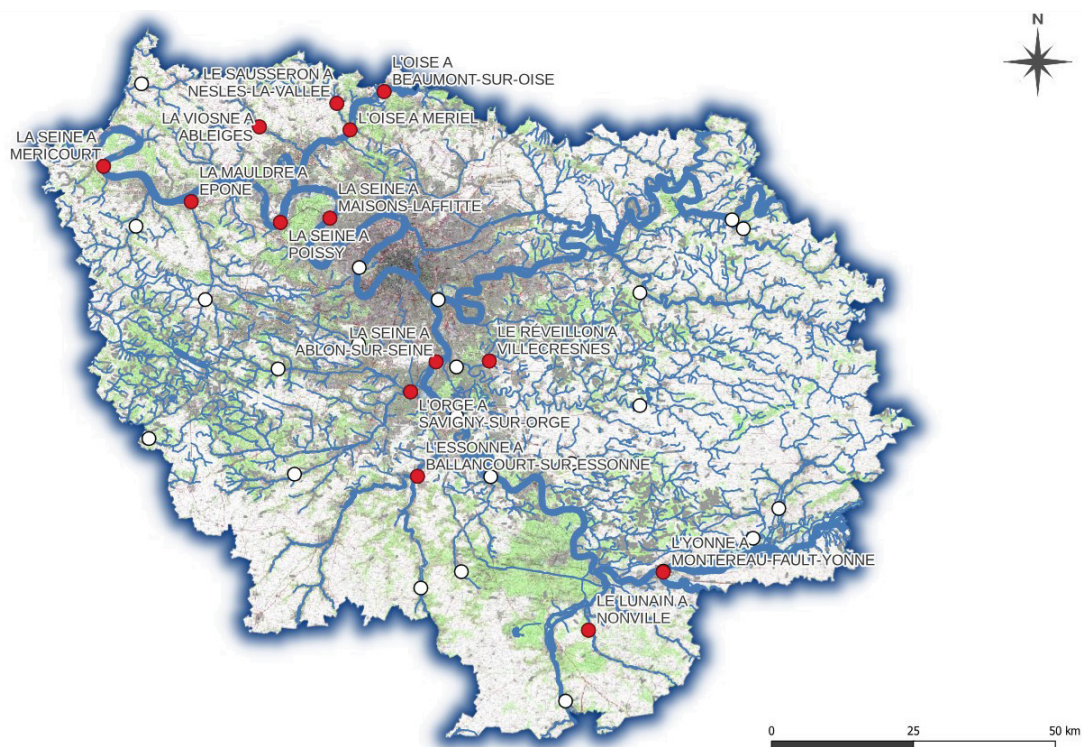
Les Trichoptères ou Phryganes sont des insectes dont les larves se développent dans l'eau. Elles sont particulièrement sensibles aux perturbations de leur environnement telles que le réchauffement des eaux ou leur pollution. Ici une Grande Phrygane (*Phryganea grandis*). © Ryszard

MISE EN ÉVIDENCE DU RÔLE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE RÉASSEMBLAGE
DES COMMUNAUTÉS DE POISSONS ET DE MACROINVERTÉBRÉS



Différences de températures de l'eau entre les groupes de stations présentant (rouge) ou non (blanc) des adaptations de leurs communautés à la thermie.
Les groupes de stations sont représentés séparément si les différences sont significatives, sinon toutes les stations sont regroupées et représentées en gris.

Dans chacun des cas, sauf concernant les températures hivernales chez les macroinvertebrates, les stations présentant une adaptation de leurs communautés d'invertebrates (en haut) et/ou de poissons (en bas) montrent une élévation significative de leur température.



Répartition géographique des 37 stations analysées. Les 14 stations rouges témoignent d'un changement de leurs communautés et d'une augmentation de leur température. Il n'y a pas 37 points de discernables car certaines stations se chevauchent sur la carte. Source : OFB

Les résultats ci-contre proviennent de l'agrégation des tendances observées de 14 stations présentant une adaptation de leurs communautés sur les 37 disposants de séries temporelles suffisamment longues pour permettre une analyse sur une décennie. Une certaine hétérogénéité existe entre les stations, liée notamment à leur positionnement en amont ou en aval, à l'état des habitats aquatiques et rivulaires, ou encore à des perturbations locales ponctuelles. Ainsi, même si ces tendances ne sont pas encore observables sur l'ensemble des stations franciliennes, ces premiers signes doivent alerter des changements en cours.

Alors que, pour l'ensemble des stations franciliennes, les suivis de la température de l'eau indiquaient principalement une hausse hivernale, les sites dont les communautés sont en cours de transformation montrent, quant à eux, des températures printanières, estivales et automnales significativement plus élevées que celles observées ailleurs. Enfin, les stations les plus chaudes se situent majoritairement sur les grands axes fluviaux ou dans les parties aval des affluents, zones qui semblent particulièrement sensibles au réchauffement.



À RETENIR

Les effets du changement climatique sur la biodiversité francilienne sont aujourd'hui clairement perceptibles, et les connaissances disponibles permettent à la fois de décrire les évolutions en cours et d'anticiper celles à venir. Les suivis naturalistes menés dans la région montrent que de nombreuses espèces associées aux climats frais régressent, tandis que des espèces thermophiles progressent rapidement. Cette dynamique, visible dans des groupes aussi variés que les plantes, les insectes, les oiseaux ou les poissons, révèle une transformation progressive des communautés : les cortèges liés au froid se raréfient, alors que les cortèges chauds s'installent durablement. Les espèces menacées, identifiées dans les Listes rouges régionales, sont particulièrement vulnérables, victimes des effets du climat qui se superposent à d'autres pressions telles que la perte d'habitats ou la fragmentation des milieux.

Dans les milieux aquatiques comme dans les milieux terrestres, les organismes réagissent aux modifications de la température. En parallèle, les outils de modélisation permettent d'esquisser ce que pourraient devenir les aires favorables aux espèces dans les prochaines décennies. Fondées sur les affinités climatiques et sur les projections régionales, ces approches aident à repérer les secteurs où la présence d'une espèce pourrait se maintenir ou décliner. Elles doivent néanmoins être interprétées avec prudence : les microclimats, la plasticité écologique, la disponibilité des habitats, leur connectivité ou encore les interactions entre espèces influencent fortement la réalité du terrain, et ne sont pas toujours intégrés aux modèles. L'exemple du Sonneur à ventre jaune en témoigne : les projections annoncent un net rétrécissement de ses zones favorables à l'horizon 2050, mais les actions locales de gestion des habitats ou de réintroduction montrent qu'il reste possible de renforcer certaines populations malgré les contraintes climatiques.

◀ Les Gammares (ici *Gammarus pulex*) sont de petits crustacés amphipodes qui peuvent se rencontrer dans une large gamme d'habitats. En Île-de-France, certaines espèces semblent favorisées par le réchauffement des cours d'eau. © Nicola Simoncini

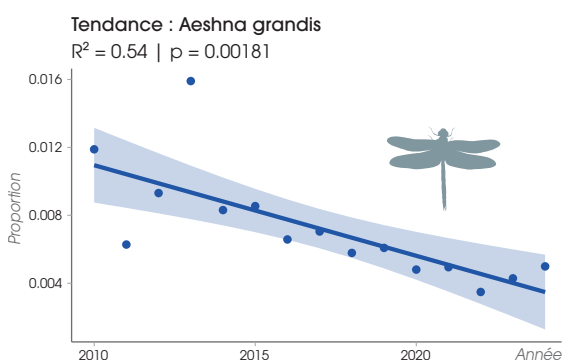
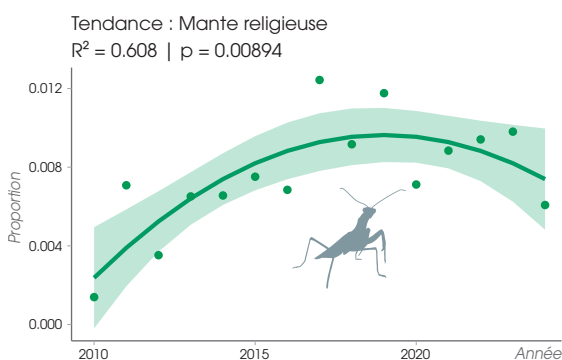


La Mante religieuse (*Mantis religiosa*), protégée régionalement depuis 1993, s'est largement répandue à la faveur du changement climatique. © Hemminki Johan

CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUES POUR LES ESPÈCES ET HABITATS PROTÉGÉS OU DÉSIGNÉS

L'évolution de l'aire de répartition des espèces et de leur abondance peut aussi engendrer des problématiques d'obsolescence de certains outils législatifs. C'est notamment le cas pour les listes d'espèces protégées qui ne bénéficient pas d'une actualisation. L'Île-de-France dispose de deux listes de protection régionale, une sur la flore et l'autre sur les insectes. Cette dernière, unique en France, a été établie en 1993 et n'a pas été modifiée depuis, alors que la région s'est beaucoup transformée. Ainsi, certaines espèces inscrites dans cette liste sont d'ores et déjà disparues comme l'Agrion hasté (*Coenagrion hastulatum*) (données historiques antérieures à 1980) tandis que d'autres ont largement progressé depuis les 30 dernières années. C'est notamment le cas de la Mante religieuse (*Mantis religiosa*), insecte charismatique qui occupait uniquement les secteurs les plus chauds de la région à la fin du xx^e siècle et que l'on retrouve bien plus communément aujourd'hui. Cette dernière occupe une large gamme d'habitats et s'adapte très bien aux petits espaces végétalisés comme les friches urbaines. Favorisée par le réchauffement climatique, elle est devenue de plus en plus fréquente, jusqu'à devenir une espèce commune pour l'Île-de-France. Cet exemple illustre le cas des espèces qui ont bénéficié d'un statut de protection à une époque où les conditions climatiques étaient moins favorables et dont les priorités de conservation ont aujourd'hui baissé. À l'inverse, pour d'autres espèces aux affinités froides, l'inscription sur la liste des espèces protégées depuis plus de 20 ans ne semble pas avoir permis d'enrayer une tendance au déclin. C'est par exemple le cas de la Grande Aeshne (*Aeshna grandis*), une libellule largement répartie dans le centre et le nord de l'Europe. En Île-de-France le nombre d'observations de cette espèce en proportion aux autres libellules semble décroître significativement depuis 15 ans (cf. Annexe méthodologique).

Les gestionnaires d'espaces naturels reconnaissent aujourd'hui le rôle central des aires protégées dans l'atténuation du changement climatique (De Sadeleer et Coudurier 2019). Ces territoires préservés maintiennent des fonctionnalités écologiques essentielles : séquestration du carbone, infiltration et régulation de l'eau, conservation des sols ou encore limitation des effets thermiques et hydriques sur la biodiversité. Leur capacité à conserver des milieux relativement intacts en fait également des refuges pour de nombreuses espèces et des points d'appui pour les déplacements induits par les modifications climatiques. En favorisant ces mouvements, les aires



protégées participent au maintien des populations et à la préservation des processus évolutifs.

Elles constituent en outre des espaces d'observation privilégiés. Les suivis réalisés y permettent de détecter des signaux précoces liés aux changements de phénologie, de distribution ou d'interactions entre espèces. À ce titre, elles fonctionnent comme des sentinelles du changement climatique, tout en jouant un rôle d'information et de sensibilisation auprès du public et des collectivités.

Les réserves naturelles, notamment, apparaissent comme des espaces clés dans l'adaptation du territoire. Les gestionnaires y identifient des enjeux importants : l'évolution probable des habitats, les déplacements d'espèces et l'arrivée potentielle de nouvelles communautés. Pourtant, ces espaces doivent également conserver leur rôle de sanctuaires pour la biodiversité patrimoniale. Cette tension entre continuité écologique et protection stricte constitue l'un des défis majeurs de la gestion actuelle.

À l'échelle européenne, près des trois quarts des gestionnaires considèrent que l'adaptation au changement climatique est devenue une priorité (De Sadeleer et Coudurier 2019). Toutefois, cette adaptation reste difficile à appréhender. Les effets du climat se mêlent aux pressions anthropiques existantes, fragmentation des milieux, artificialisation, surfréquentation et rendent l'analyse complexe. Les changements observés dans le cycle de vie ou la

répartition des espèces sont ainsi souvent multifactoriels, ce qui rend l'interprétation délicate.

À cela s'ajoutent des limites opérationnelles importantes : manque de moyens humains, financiers et techniques, difficulté à intégrer le climat dans des pratiques de gestion déjà fortement sollicitées par des urgences plus immédiates. Ces contraintes freinent la mise en œuvre d'une approche spécifique centrée sur les effets du réchauffement.

Les gestionnaires expriment par ailleurs des objectifs parfois contradictoires, révélant l'incertitude qui entoure l'évolution des milieux : préserver les espèces actuellement présentes, accompagner les déplacements, maintenir les écosystèmes dans leur état actuel ou accepter l'installation de nouvelles espèces. Ces orientations divergentes témoignent de la diversité des contextes locaux et du manque de recul sur les trajectoires écologiques futures.

Le changement climatique influence désormais de manière croissante les statuts de conservation des espèces et des habitats. Les déplacements d'aires de répartition, les modifications des conditions hydriques ou thermiques, ainsi que les dynamiques végétales ou faunistiques, redessinent progressivement la composition de nombreux milieux. Ces transformations, encore difficiles à anticiper, imposent de repenser l'analyse de l'état de conservation à l'échelle des aires protégées.



La Grande Aeshne (*Aeshna grandis*) continue de montrer des signes de déclin malgré son statut de protection régional.
© Ian Preston



© Gérard Arnal

3 • LE MILIEU AGRICOLE

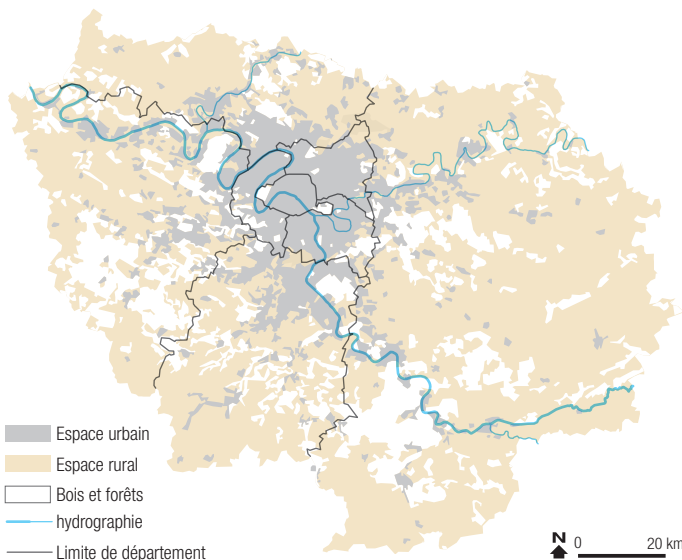
En Île-de-France, les espaces agricoles couvrent 47 % de la surface régionale. Préserver la biodiversité agricole dans notre région, c'est donc favoriser cette dernière sur la moitié du territoire.

En matière de spécialisation, les 4 425 fermes franciliennes sont largement tournées vers les grandes cultures (céréales, colza, betterave, etc.) : ces cultures représentent 79 % des exploitations et 92 % de la surface agricole utile (Agreste 2020). Au cours des années récentes, on note une redynamisation du maraîchage et, dans une moindre mesure, de la viticulture. L'élevage continue de décroître en dehors de la filière volailles. 30 % des actifs agricoles franciliens ont plus de 60 ans. 24 % des actifs agricoles sont des femmes. Le nombre d'exploitations en bio a augmenté de 286 % entre 2010 et 2020 et le nombre d'exploitations vendant en circuits courts de 22 % sur la même période.

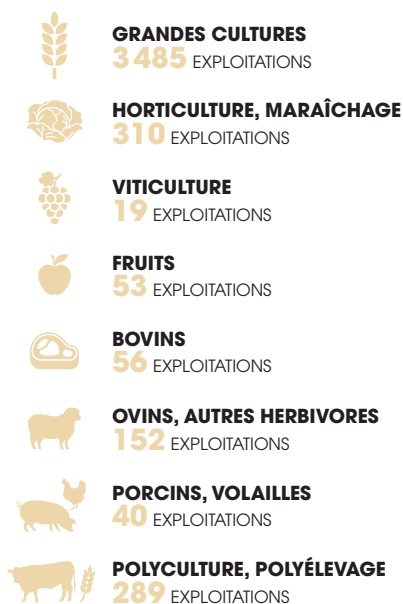
LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE

Depuis le néolithique, la biodiversité a largement contribué au développement de l'agriculture : pollinisation par les insectes (les trois quarts des cultures mondiales de fruits ou de graines cultivés pour l'alimentation humaine dépendent au moins en partie de l'action des pollinisateurs ; Potts 2016), contrôle des ravageurs, formation et amélioration des sols, perméabilité à l'eau et rétention des terres cultivées, filtration des polluants, soin et bien-être des animaux d'élevage, digestion des ruminants, production de combustible ou de fibres textiles, etc. Pourtant, dans la seconde moitié du siècle dernier, pour mettre fin aux pénuries agricoles d'après-guerre et au manque de paysans disparus au combat, l'agriculture occidentale s'est engagée dans un processus de stimulation de la production, accompagnée

L'AGRICULTURE EN ÎLE-DE-FRANCE



Sources : Mode d'occupation des sols de L'Institut Paris Region ; Agreste mémento 2020 IdF ; Recensement agricole 2020 - premiers résultats.



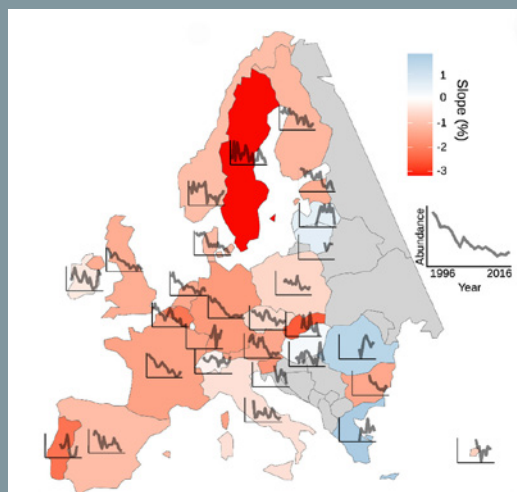


Le Bruant jaune (*Emberiza citrinella*) est un oiseau des milieux agricoles ouverts et ponctués de haies et de bosquets. Il décline en Île-de-France, où il est considéré comme quasi-menacé. © John Knight



Plante annuelle autrefois considérée commune dans les cultures, le Tabouret des champs (*Thlaspi arvense*) a subi une très forte régression en Île-de-France. © Jean Guittet

En mai 2023, un article basé sur une collaboration scientifique européenne regroupant les données de suivi de 170 espèces d'oiseaux recueillies durant 37 ans dans 28 pays et sur plus de 20 000 sites est publié dans une revue scientifique majeure (Rigal et al. 2023). Cette masse de donnée a permis de quantifier pour la première fois l'intensité du déclin des oiseaux européens, mais surtout de hiérarchiser l'impact direct de différentes activités humaines sur ce groupe faunistique à l'échelle du continent. Au total, l'Europe a perdu presque 25 % de ses oiseaux sur la période étudiée. Les facteurs identifiés et pris en compte par les chercheurs sont l'évolution des températures, de l'urbanisation, des surfaces forestières et des pratiques agricoles. Si les populations d'oiseaux souffrent de l'ensemble de ces pressions, les recherches montrent l'effet dominant de l'intensification de l'agriculture, avec un déclin de 56 % des oiseaux dans les milieux cultivés, suivi de près par les effets négatifs du réchauffement climatique. La chance à saisir, c'est que de nombreux exemples montrent que les milieux agricoles peuvent être hospitaliers à la biodiversité si les itinéraires techniques de la production végétale et de l'élevage tiennent compte de la biodiversité au moyen de pratiques adaptées.



Évolution de l'abondance des oiseaux des champs en Europe de l'Ouest entre 1996 et 2016 dans les pays participant au Programme paneuropéen de surveillance des oiseaux communs. Pour chaque pays membre du programme, la couleur représente la pente (rouge pour le déclin, bleu pour l'augmentation) et la courbe noire correspond à la série temporelle de l'indicateur agrégant les données des espèces suivies sur la période d'étude. Extrait de la figure 1 de Rigal et al. 2023. <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>, (CC BY).

par les politiques nationales et européennes (lois d'orientation agricole, politique agricole commune, révolution verte). L'intensification de la productivité par hectare et par actif agricole a été atteinte en développant des pratiques combinant recours à la mécanisation, usage d'intrants de synthèse (engrais et produits phytopharmaceutiques) et spécialisation régionale des productions (élevage en Bretagne, grandes cultures dans le Bassin parisien, viticulture en Bourgogne, par exemple). Ces changements de pratiques ont simplifié et homogénéisé les paysages agricoles : agrandissement des parcelles, drainage, retournement de prairies, raréfaction des éléments fixes tels que rus et fossés, chemins ruraux, mares, arbres isolés, haies, prés-vergers, etc. Les races animales et variétés végétales ont été standardisées, aboutissant à une réduction de la diversité génétique cultivée (Pilling et Bélanger 2019). En Île-de-France, l'élevage et la production régionale concomitante de fumiers et autres amendements organiques ont fortement décliné. Ces évolutions ont permis à notre agriculture des gains de productivité sans précédent, mais ont aussi conduit à des atteintes environnementales, avec des effets négatifs sur la qualité de l'eau (pollutions par les nitrates, phosphates et pesticides), le climat, les sols et *a fortiori*, sur la biodiversité.

On constate notamment un déclin des papillons de jour et des plantes spécialistes des milieux agricoles (Auvert et al. 2011 ; Dewulf et Houard 2016). Également, le nombre d'oiseaux spécialistes de ces milieux a presque diminué de moitié (44 %) entre 2004 et 2017, témoignant d'un déclin plus prononcé qu'au niveau national (-33 % sur la même période) (Zucca et Lorrillière 2018).

Cette modernisation a également des conséquences sur l'évolution du nombre d'agriculteurs. En témoignent les résultats du dernier recensement général agricole qui dévoile la perte de 100 000 exploitations agricoles entre 2010 et 2020 à l'échelle nationale et de 600 exploitations agricoles à l'échelle régionale sur la même période (déclin de 12 %) (Agreste 2020). Forts de ces divers constats, de nombreux agriculteurs, bien conscients de leur dépendance au vivant, déploient des pratiques qui leur permettent de favoriser et préserver la biodiversité de leur territoire tout en s'appuyant sur les services qu'elle leur fournit pour améliorer et optimiser leur production ainsi que leur adaptation aux changements climatiques.

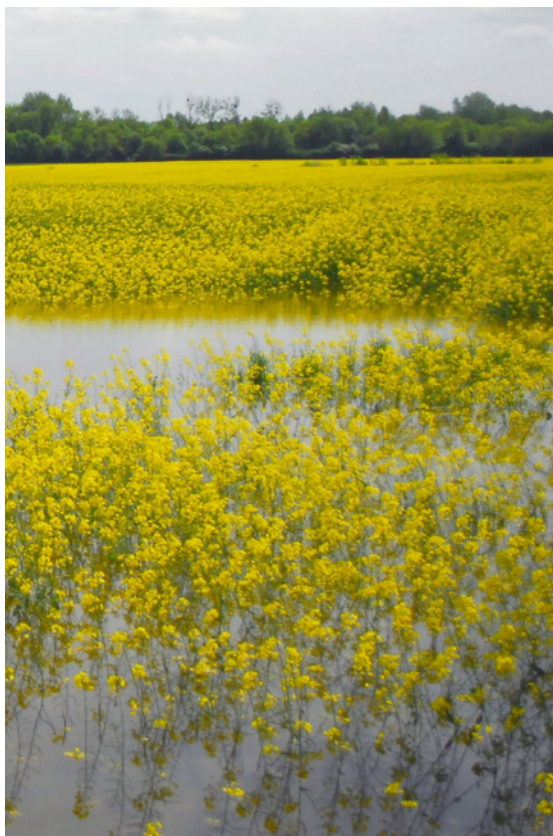
LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les effets du changement climatique sur la production agricole et la biodiversité associée, cultivée ou non, sont liés à trois éléments majeurs : la quantité d'eau disponible, les variations de température et dans une moindre mesure, les événements météorologiques violents.

L'agriculture francilienne a plus que doublé ses besoins en eau depuis 2012, et ceux-ci devraient encore s'accroître de 45 % d'ici à 2050 selon les trajectoires actuelles (OCDE 2025). Les projections climatiques montrent que la quantité d'eau disponible sera plus variable, entraînant d'une part des événements de sécheresse des sols liés à l'absence prolongée de pluie et d'autre part des phénomènes d'inondation et de ruissellement liés à des précipitations abondantes sur une courte durée. Ces éléments soulèvent les questions de la nécessaire infiltration de l'eau dans les sols lorsqu'elle est disponible, ainsi que de la lutte contre l'érosion des sols par ruissellement et contre la battance³. Pour les éleveurs, la question de la disponibilité alimentaire (fourrages) devrait se poser de manière cruciale. Accessoirement, la question du partage de l'eau avec la population et avec les autres utilisateurs de la ressource, ainsi que celle de la concentration des polluants d'origine agricole dans les captages d'eau potable devront être soulevées si les volumes des aquifères sont réduits.

Les modèles climatiques suggèrent également une élévation de température sur notre région, impliquant des vagues de chaleur plus ou moins prolongées en été et des risques de gels tardifs au printemps. Les producteurs de grandes cultures seront donc confrontés à d'éventuelles pertes de rendement (raccourcissement des cycles et diminution du taux de remplissage des épis (Brás et al. 2021) en raison du stress hydrique au printemps/été et à une augmentation des pathogènes (champignons) et ravageurs liés aux hivers plus doux. Les maraîchers et arboriculteurs devraient affronter les mêmes problèmes de stress hydrique et de pathogènes/ravageurs (limaces), additionnés au déclin des pollinisateurs en cours. Les prédateurs des bioagresseurs des cultures présentent également une diminution depuis plus de 30 ans.

3. La battance est une dégradation mécanique des sols sous l'effet des gouttes de pluie qui tendent à fractionner les agrégats du sol pour former ce que l'on appelle une croûte de battance. Cette dernière réduit la porosité du sol et donc la circulation de l'eau et de l'air, ainsi que la germination et la levée des cultures. Elle contribue aussi à l'érosion des sols dans la mesure où l'eau de pluie ne peut s'infiltrer et ruisselle dans le sens de la pente.



Culture de colza inondée après d'importantes précipitations. © Maxime Zucca



Sol craquelé par la sécheresse. © Gwendoline Grandin



La présence d'arbres dans les pâtures fournit à la fois du fourrage ligneux et des abris pour les animaux lors des canicules. © Ophélie Ricci

Pour les éleveurs, les questions du bien-être animal (température dans les bâtiments d'élevage et dans les espaces ouverts), de la disponibilité de la végétation en été et de l'augmentation potentielle de la pression parasitaire en cas d'hivers doux devraient également se poser.

Enfin, les modèles actuels n'en parlent pas spécifiquement pour notre région, mais il n'est pas impossible que l'occurrence d'évènements météorologiques violents augmente (vents et grêle), générant des pertes financières liées à des branches cassées dans les vergers, des tunnels abîmés dans les secteurs maraîchers et à des épisodes de verse en cultures céréalières. En outre, depuis quelques années, ces dernières deviennent de plus en plus sensibles aux feux de moissons. En 2019, le département voisin de l'Oise avait été le plus touché de France, avec 3 000 ha de cultures détruites par ces incendies démarrés par le frottement des lames des moissonneuses-batteuses sur des pierres apparentes.

Dans tous les secteurs, les agriculteurs devront également faire face à des fluctuations du prix des intrants (dont le carburant et les engrais minéraux dépendant exclusivement des ressources fossiles) et du prix de vente de leurs productions.

Nombreux sont ceux qui commencent aujourd'hui à adapter leurs pratiques, en s'appuyant sur une collaboration plus étroite avec le vivant. Du fait de l'importance des surfaces cultivées en Île-de-France, les agriculteurs franciliens tiendront un rôle fondamental dans l'adaptation des espaces ruraux au changement climatique par le biais des solutions pérennes, non coûteuses et sans-regret.

Ces solutions, dites « fondées sur la nature », visent à réduire l'usage des intrants issus des ressources fossiles (engrais minéraux et carburant) en s'appuyant sur les amendements d'origine organique (réintroduction de l'élevage dans les parcelles de céréales et introduction des légumineuses dans les rotations) et en limitant le travail du sol.

Elles cherchent à renforcer l'activité des organismes du sol (champignons, bactéries, microfaune, vers de terre, etc.) responsables de la fixation du carbone sous forme de matière organique, de la décompaction et de l'aération du sol pour une meilleure infiltration de l'eau et une meilleure pénétration des racines des plantes cultivées en profondeur.

Elles tendent à s'appuyer sur l'implantation d'une végétation pérenne (plantes de couverture, plantes d'interculture, prairies et bandes enherbées, arbres inter- et intraparcéllaires, etc.) pour réduire l'érosion des sols lors des épisodes de ruissellement ou de vents forts.

Elles font appel à des plantes ou à des mélanges de variétés (parfois anciennes et locales) plus résistants à la sécheresse ou se développant plus tardivement au printemps.

En conclusion, l'agriculture figure parmi les activités économiques les plus dépendantes du bon fonctionnement et de la diversité du vivant : diversité des productions végétales et animales, diversité des auxiliaires agricoles, diversité des interactions entre les différentes pièces composant les agroécosystèmes. Dans le futur qui se profile, la biodiversité constitue un élément essentiel à préserver en tant que source de solutions pour la pérennité de cette activité capitale.

Les projections des modèles climatiques prévoient d'importantes variations des quantités d'eau disponible (sécheresses prolongées et évènements pluvieux localisés et intenses), des températures plus élevées impliquant des vagues de chaleur et des gels tardifs plus fréquents et dans une moindre mesure, les évènements météorologiques violents. Les pratiques agricoles évoluent en fonction de ces contraintes, collaborant avec le vivant présent dans et autour des parcelles.



Originaire d'Afrique, le sorgho est plus résistant aux fortes températures et moins exigeant en eau que le maïs. Par conséquent, il se présente comme une des alternatives au maïs. © Olivier Renault



Les coccinelles sont des alliées bien connues des agriculteurs et des jardiniers : larves et adultes consomment plus d'une centaine de pucerons par jour. © Olivier Renault



À RETENIR

Parmi les activités économiques de nos sociétés, l'agriculture est peut-être celle qui dépend le plus fortement de la biodiversité : biodiversité cultivée, bien évidemment, mais aussi biodiversité auxiliaire (prédateurs des bioagresseurs, pollinisateurs, organismes responsables de la fertilité et du maintien des sols, etc.), biodiversité riveraine... Elle figure également parmi les activités les plus susceptibles d'être frappées par les manifestations du changement climatique : vagues de chaleur, sécheresse des sols, pluies intenses et érosion par ruissellement, érosion éolienne, gels tardifs, etc. Pour s'adapter, les pratiques agricoles évoluent afin de répondre aux défis de l'atténuation et de l'adaptation à ce changement climatique. Concernant l'atténuation, les agriculteurs tendent à réduire l'usage d'intrants fossiles (engrais minéraux, carburants) en favorisant les apports organiques, notamment par l'intégration des légumineuses dans les rotations, voire en réintroduisant l'élevage sur l'exploitation.

Le travail du sol est réduit pour en limiter l'érosion (hydrique et éolienne) et pour préserver sa structure, liée à l'activité biologique des organismes tels que les champignons, les bactéries, les vers de terre, la microfaune, etc. Ces derniers ont aussi un effet primordial sur le stockage du carbone, l'aération et l'infiltration de l'eau, ou l'enracinement des plantes. L'agriculture mise aussi sur des couverts végétaux pérennes (prairies, bandes enherbées, agroforesterie), sur les associations végétales, sur la diversification des variétés végétales (choisissant des variétés plus résistantes à la sécheresse ou à développement tardif), etc. En un mot, sur la diversité : diversité des pratiques, diversité des espèces, diversité des gènes, diversité de la gestion des espaces limitrophes des parcelles, etc. Ces solutions d'adaptation dites « fondées sur la nature » sont le plus souvent peu coûteuses et pourvoyeuses de bénéfices multiples permettant de répondre dans le même temps aux crises climatique, alimentaire, de la santé, de l'eau et de la biodiversité.



Les bandes fleuries piègent les surplus d'intrants agricoles et favorisent la présence des pollinisateurs ainsi que des prédateurs de ravageurs des cultures. Elles limitent également ruissellements et érosion des sols en cas de fortes précipitations. © Olivier Renault



© Alexandre Lainé

4 • LE MILIEU FORESTIER

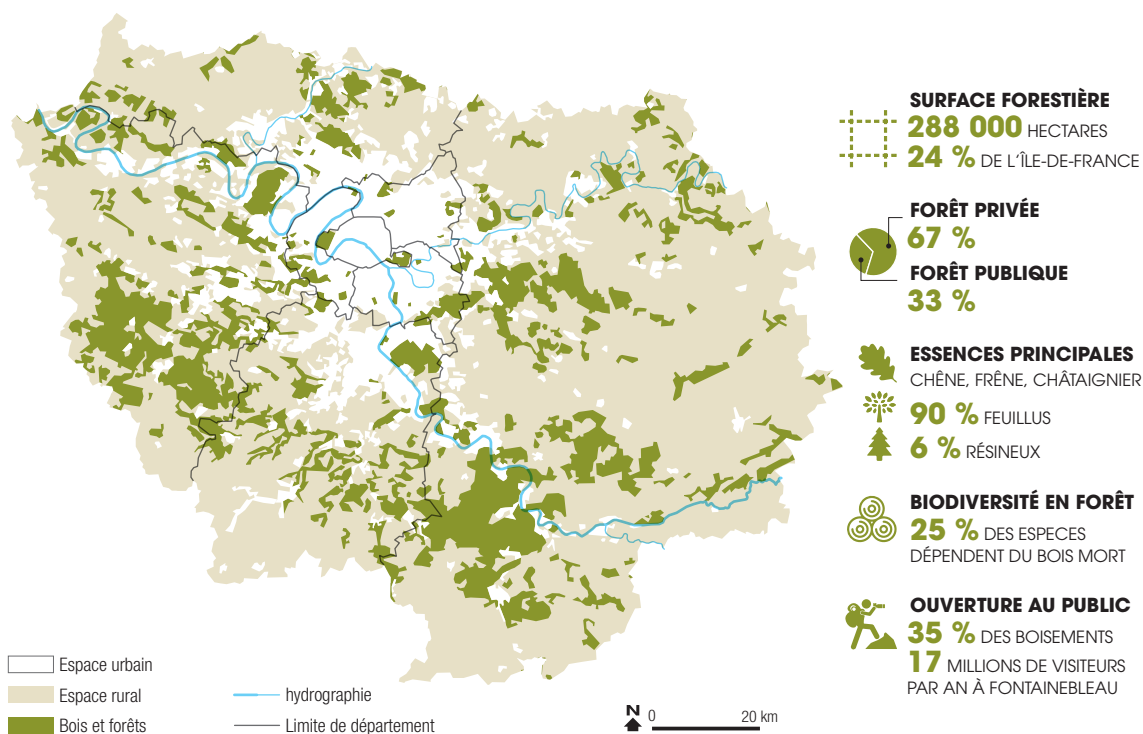
La forêt occupe 24 % de la surface de l'Île-de-France (288 000 hectares) (IGN 2023) et 33 % des forêts franciliennes sont détenues par des opérateurs publics (État, Communes et leurs groupements, Départements, Région) (IGN 2024). Le reste appartient à environ 146 000 propriétaires privés dont 96 % possèdent moins de 4 hectares (CNPF 2023). L'Île-de-France compte 50 forêts domaniales s'étendant environ sur 72 500 hectares, dont les deux massifs phares de la région, Rambouillet à l'ouest et Fontainebleau au sud.

Les forêts franciliennes sont majoritairement peuplées d'essences feuillues (90 %), avec une pré-

dominance du chêne (sessile et pédonculé), du châtaignier et du frêne. Elles sont peu diversifiées : 74 % de la surface forestière régionale est composée au maximum de deux essences prépondérantes (dans la strate recensable), dont plus de la moitié ne comporte qu'une seule essence prépondérante (IGN 2024). Toutefois, le nombre moyen d'essences par placette suivie par l'Inventaire forestier national reste plus élevé que la moyenne nationale (6 essences en Île-de-France contre 5 au niveau de la France métropolitaine; IGN 2023).

En matière de gestion, les forêts publiques de la région (à l'instar des forêts publiques françaises)

LA FORÊT EN ÎLE-DE-FRANCE



Sources : Mode d'occupation des sols de L'Institut Paris Region ; Agreste memento 2020 ÎdF ; Recensement agricole 2020 - premiers résultats.



Très fréquentées, les forêts publiques franciliennes totalisent environ 100 millions de visites par an (700 millions pour les forêts publiques de France), dont 15 millions pour la seule forêt de Fontainebleau, ce qui en fait l'espace naturel le plus visité de France. © Olivier Renault



Le bois mort forestier est un formidable réservoir de biodiversité, servant d'abri ou de nourriture pour un quart des espèces vivant en forêt. © Gwendoline Grandin, Olivier Renault

relèvent du régime forestier. Ce cadre réglementaire vise une gestion durable des forêts et leur confère quatre rôles/fonctions majeur(e)s : l'accueil du public, l'accueil/la préservation de la biodiversité, la production de bois (bois d'œuvre, bois industrie, bois énergie) et la prévention des risques naturels. Ces rôles, ou fonctions, de la forêt peuvent se révéler antagonistes et les forestiers sont constamment confrontés à des choix complexes en matière de gestion forestière : par exemple, la prise en compte de la biodiversité nécessite le maintien de bois mort sur pied ou au sol, ce qui peut conduire à des accidents de personne en cas de vent fort, et ce qui dérange certains usagers qui trouvent la forêt « mal tenue ». Autre exemple, la gestion forestière a un coût (dont celui de l'enlèvement des nombreux déchets), ce qui justifie les coupes et la vente de bois pouvant être mal perçues par une partie des usagers. Enfin, la question de la régulation des ongulés est aussi clivante.

LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET FORÊTS

La forêt accueille une biodiversité très importante, dont certaines espèces qui lui sont strictement inféodées : chauves-souris arboricoles, pics et rapaces forestiers, amphibiens, champignons et insectes saproxyliques, mousses, lichens, etc. Ainsi, 60 % des mammifères, 42 % des oiseaux, 32 % des amphibiens, 28 % des insectes ou encore 64 % des plantes vasculaires de France métropolitaine sont des espèces fréquemment présentes en forêt (Médail 2003). On estime également que les espèces inféodées au bois mort représentent à elles seules près du quart des espèces forestières en métropole, soit plus de 10 000 espèces (Nivet et al. 2012). Les milieux forestiers constituent un lieu d'alimentation, de repos, de déplacement, de reproduction pour les non-humains, et la vie foisonnante qu'ils abritent procure également aux humains nombre de services écosystémiques : régulation du cycle de l'eau (en quantité et en qualité), formation et maintien des sols, fixation du CO₂ dans le bois et les sols, protection contre les aléas naturels, régulation du microclimat en particulier à proximité des zones urbanisées où les arbres rafraîchissent l'air par évapotranspiration et réduisent l'intensité des rayons lumineux par le biais de l'ombrage qu'ils procurent, production de bois destiné à divers usages (chauffage, papier, ameublement, construction, etc.), cueillette (fruits des bois, champignons) et chasse, alimentation pour le bétail (sylvopastoralisme), services récréatifs (activités sportives, artistiques, scientifiques ou spirituelles, observation naturaliste) (UICN France 2013).

En Île-de-France, les forêts représentent 66 % des réservoirs de biodiversité identifiés dans le schéma régional de cohérence écologique (SRCE). Elles jouent donc un rôle essentiel dans la préservation de la biodiversité francilienne. Les guildes⁴ forestières franciliennes sont globalement en meilleure santé que les guildes des milieux agricoles ou humides. Les oiseaux spécialistes des habitats forestiers sont dans l'ensemble plutôt stables et on assiste à l'augmentation du Pic mar (*Dendrocopos medius*) et du Pic noir (*Dryocopus martius*), espèces autrefois rares ou même absentes de la région. Malgré la faible attractivité des milieux forestiers pour la plupart des papillons de jour, les forêts franciliennes, en particulier celles de Fontainebleau et de Rambouillet, présentent une forte richesse spécifique : on n'y recense pas moins de 102 espèces de papillons de jour, soit 75 % de la richesse régionale des Rhopalocères et Zygènes (Dewulf et Houard 2016). Cela s'explique par l'importance de la surface de ces massifs, et par le fait qu'ils accueillent encore une grande partie des milieux relictuels que constituent les prairies et les landes d'Île-de-France. Les landes sèches et humides sont aussi le bastion des populations de Vipère péliade (*Vipera berus*) fréquentant les forêts de Notre-Dame et de Grosbois mais ces milieux sont menacés : entre 1950 et 2012, près de 95 % des landes sèches et humides ont disparu de la forêt de Notre-Dame (Johan et al. 2023). Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*), un petit crapaud au ventre noir et jaune, est quant à lui l'une des figures emblématiques du nord-est de la région. Très rare, il est présent dans le secteur nord-est de la Seine-et-Marne, dans certains boisements dont il fréquente les ornières forestières pour se reproduire. Enfin, les forêts franciliennes semblent encore accueillir une belle diversité de chauves-souris, même si l'on démontre que celle-ci y est plus faible que celle des régions adjacentes et que leur activité de chasse, enregistrée de manière standardisée par des détecteurs à ultra-sons, y est également moindre (Lois et al. 2017). L'une des explications pourrait résider dans le fait que les arbres des forêts franciliennes sont relativement jeunes et que les secteurs accueillant des arbres vieillissants ou morts (îlots de sénescence, réserves biologiques intégrales, etc.) ne sont pas suffisamment nombreux (IGN 2023).

L'une des fonctions importantes de la biodiversité forestière est de contribuer à l'atténuation du changement climatique. Ces milieux forment en effet le deuxième puits de carbone planétaire après les

4. En écologie, une guilda rassemble les espèces qui assurent des fonctions semblables dans l'écosystème. Elles partagent les mêmes habitats, les mêmes ressources, etc.

Le carbone forestier est stocké dans la biomasse aérienne (troncs et branches des arbres vivants) à 45 %, mais aussi dans le bois mort (4 %) et surtout dans la litière et le sol (respectivement 5 et 46 %) (IGN 2023).
Un article tout récemment publié dans la revue Science semble indiquer que les puits de carbone terrestres – donc hors océans – sont les réservoirs de carbone organique non vivants, à savoir la biomasse morte du sol, les sédiments de fond de plans d'eau, de rivières ou de zones humides (Bar-On et al. 2025).

Les arbres « habitats » sont des arbres vieux, mourants ou morts présentant des cavités, des fentes, des décollements d'écorce, des champignons, des branches cassées, etc. © Olivier Renault ►



***Carex strigosa* est une espèce rare des ourlets intra-forestiers frais et ombragés, surtout présente dans les boisements du nord-est francilien. Son aire de répartition tend à s'étendre au cours des 25 dernières années (J. Vallet Com. pers.). © Gérard Arnal ▼**



océans. Par le biais de la photosynthèse, les végétaux forestiers stockent, dans leurs tissus, dans la litière et dans les sols, 14 millions de tonnes équivalent CO_2 (soit 3,6 % des émissions des secteurs émetteurs) (Citepa 2023). Malheureusement, depuis 2015, à cause du changement climatique lui-même, ce puits de carbone, comme on le nomme, a diminué de moitié.

À l'instar des choix de gestion des espaces urbains ou des choix de pratiques agricoles, la gestion pratiquée dans les forêts impacte aussi la biodiversité de ces milieux.

La conservation ou non du bois mort sur pied ou au sol est un facteur fondamental : les innombrables organismes dépendants de la présence de ce compartiment forestier sont à la base des processus de fabrication, du maintien et du fonctionnement des sols. Dans les forêts publiques franciliennes, l'ONF conserve un à trois arbres « habitats », aussi appelés arbres « bio » ou « à haute valeur écologique » par hectare dans l'objectif d'établir une trame « vieux bois » permettant l'accueil et la circulation de ces espèces particulières. Ces arbres sont identifiés par un triangle de couleur « chamois » tracé sur leur écorce à la bombe de peinture. Le bois mort au sol, constitué de chablis (arbres tombés) ou de branches mortes, constitue aussi un compartiment accueil-

lant une très forte diversité faunistique et fongique. Le régime d'exploitation joue aussi un rôle dans l'accueil de la biodiversité. On distingue schématiquement trois régimes d'exploitation forestière : le taillis (7 % des surfaces en Île-de-France), la futaie (54 % des surfaces) et le mélange taillis-futaie (37 % des surfaces) (CNPf 2023). Au sein du taillis, les arbres sont issus d'un recépage et comportent tous plusieurs troncs issus d'un rejet de souche. En futaie, les arbres sont dits de franc-pied. Ils ne sont pas issus d'un rejet, mais d'une graine ou d'un plant, et ne possèdent qu'un seul tronc. Les futaies peuvent être exploitées de manière régulière ou irrégulière. En futaie régulière, les arbres sont récoltés en même temps et ont tous le même âge. Dans les parcelles exploitées en futaie irrégulière, les arbres sont d'âge, de diamètre et de hauteur différents. Enfin, dans les parcelles exploitées en taillis sous futaie, les arbres sont présents dans la parcelle sous la forme d'individus à un seul et à plusieurs troncs. Ce mode de gestion est traditionnellement mis en œuvre pour la récolte de bois de chauffage, plutôt en forêt privée. Dans les forêts publiques franciliennes, la tendance s'oriente vers la mise en place progressive d'une futaie irrégulière, plus propice à l'accueil de la biodiversité (Ecofor 2023).



Régénération naturelle de chênes. Les jeunes pousses attendent une coupe ou la chute d'un vieil arbre pour se lancer dans la lumière. © Alice Rodicq

Des forêts de moins en moins capables de capter le CO₂

Les derniers résultats de l'inventaire forestier national indiquent que le changement climatique entrave la capacité des arbres à capter le CO₂ émis par les activités humaines, et donc la capacité des forêts à tenir leur rôle de puits de carbone en raison :

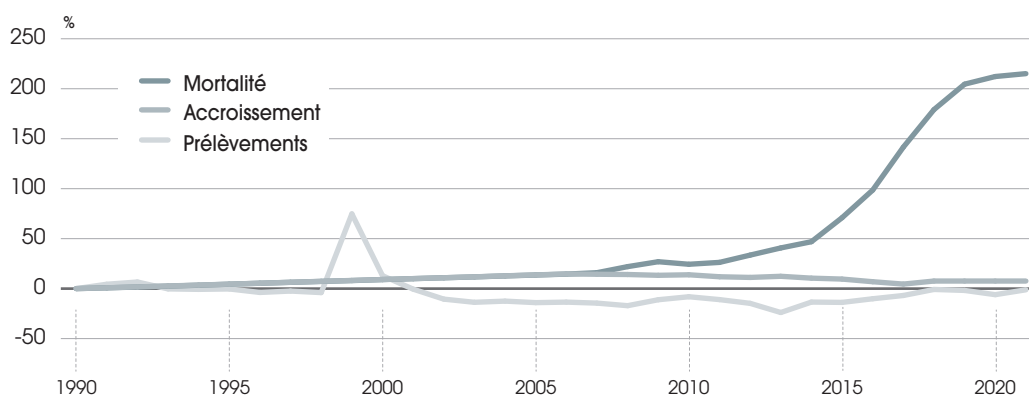
- D'une diminution de l'accroissement annuel des arbres. Lors des épisodes de forte chaleur, les arbres limitent les pertes d'eau en fermant leurs stomates, organes qui permettent les échanges gazeux avec l'air ambiant. La photosynthèse est donc réduite, ainsi que la croissance des arbres. Les périodes chaudes trop longues peuvent même aller jusqu'à la chute précoce des feuilles, trop coûteuses à entretenir.
- D'une augmentation de la mortalité des arbres : la cause de mortalité la plus importante en volume est constituée par les tempêtes (cf. les tempêtes Lothar et Martin en 1999 et Klaus en 2009 dans le sud de la France). Les sécheresses prolongées peuvent quant à elles provoquer des embolies mortelles dans les vaisseaux où circulent la sève

brute. Les canicules peuvent conduire à la brûlure des feuilles de la canopée. La température létale des arbres de nos régions se situe entre 40 et 45 °C. Enfin, pathogènes, parasites et ravageurs variés bénéficient aussi de la faiblesse des arbres induite par des sols trop secs ou trop engorgés. Parmi ces insectes ravageurs et pathogènes figurent la sous-famille des scolytes et des papillons processionnaires, les maladies fongiques telles que la chararose du frêne, l'encre ou le chancre du châtaignier, la suie de l'érable, la maladie des bandes rouges touchant les résineux, etc.

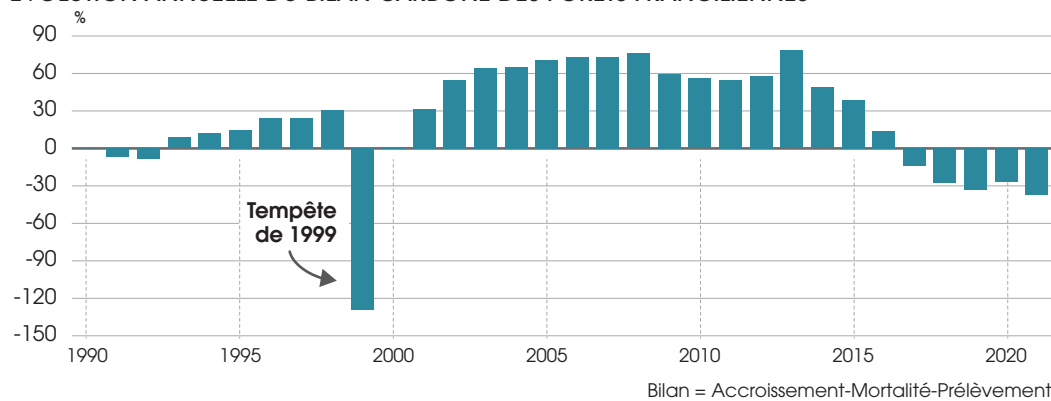
- Dans les peuplements dépérissants, des coupes sanitaires ou préventives sont réalisées par les forestiers pour pouvoir rentabiliser le bois tant qu'il possède encore de la valeur.

Au cours de la dernière décennie, ces trois facteurs ont entraîné une division par deux du puits de carbone forestier français.

ÉVOLUTION PAR RAPPORT À 1990 DES MÉTRIQUES PRODUCTRICES DE CO₂



ÉVOLUTION ANNUELLE DU BILAN CARBONE DES FORÊTS FRANCILIENNES



Le puits de carbone forestier (en bleu) décline fortement à partir des années 2015 en raison d'une baisse de l'accroissement des arbres, d'une augmentation de leur mortalité – principalement en raison des sécheresses répétées et des crises sanitaires – et d'une hausse des prélèvements en partie liés à des coupes sanitaires.

Source : CITEPA 2022

Le nombre d'essences en mélange influence également la biodiversité forestière. En Île-de-France, le nombre moyen d'espèces par placettes suivies par l'Inventaire forestier national est de 6 en moyenne (contre 5 en France ; IGN 2023). Toutefois, environ deux tiers de la surface des peuplements franciliens ne comporte qu'une seule ou deux espèces prépondérantes (IGN 2024). La diversité des essences présentes, mais également celle des strates (herbacée, arbustive, arborée) ou celle des âges et des diamètres sont directement liées à la diversité des niches écologiques, c'est-à-dire des conditions environnementales permettant à chaque espèce d'accomplir intégralement son cycle de vie (s'alimenter, se reposer, s'abriter, nicher, etc.). Ainsi, plus le nombre d'essences, l'âge ou la taille des arbres sont importants, plus le peuplement accueille d'espèces différentes et plus les services écologiques rendus sont nombreux et efficaces.

D'autres pratiques liées aux choix de gestion sylvicole influent positivement ou négativement sur l'évolution de la biodiversité : la période de réalisation des autres travaux forestiers (à programmer en fonction des saisons de reproduction des amphibiens, des oiseaux, des chauves-souris, etc.), le choix de replanter ou de s'appuyer sur la régénération naturelle liée à la banque de semences du sol, la gestion des grands herbivores, parfois nécessaire au succès de cette régénération naturelle, le mode d'enlèvement des arbres coupés (débardage) et les conditions de sol dans lesquelles ce dernier s'opère (circulation des engins lourds sur des sols sensibles, non ressuyés), la mise en place de cloisonnements pour les travaux forestiers (idéalement espacés d'au moins 15 m pour ne pas impacter la forêt ; Du Bus de Warnaffe 2023), la gestion spécifique des lisières (milieux particuliers, qualifiés d'« écotones », qui combinent des gradients de température, d'ombre, d'humidité, etc. permettant l'accueil d'une importante diversité d'espèces), la prise en compte et la gestion dédiée de milieux ouverts intra-forestiers tels que les landes, les prairies, les mares, etc.

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est identifié comme l'une des principales sources de pression sur les forêts françaises métropolitaines (Piedallu 2025). Il s'exerce directement à travers la hausse des températures moyennes (augmentation des risques de gel tardif en sortie d'hiver, et de la durée et de l'intensité des sécheresses et canicules en été), par la modification des régimes de précipitations (pas assez ou trop d'eau) ainsi que par l'augmen-



Avec le changement climatique, le risque d'incendie de forêt devient plus prégnant en Île-de-France.

© Gwendoline Grandin



Les chenilles de la Processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea*) ont un impact négatif sur les chênes sessile (*Quercus petraea*) et pédonculé (*Quercus robur*), ainsi que sur la santé humaine du fait de leurs soies urticantes. Leurs populations pourraient être favorisées par l'adoucissement des températures hivernales et printanières. © Alexandre Lainé



Le châtaignier a été largement implanté en Île-de-France pour l'intérêt calorique de ses fruits très nutritifs et pour la durabilité de son bois. Il est aujourd'hui victime de la maladie de l'encre. © Gwendoline Grandin

tation de la fréquence des événements extrêmes tels que les tempêtes. Il s'exerce aussi de manière indirecte, en perturbant et désynchronisant le cycle de vie des espèces forestières et en induisant le déplacement de l'aire de répartition des micro-organismes pathogènes, des organismes ravageurs et des incendies de forêt (Chuine et al. 2023). Ainsi, il pèse sur ce que l'on appelle le puits de carbone forestier (voir graphiques page précédente).

Les écosystèmes forestiers représentent également un facteur d'adaptation par leurs capacités à rafraîchir localement l'air ambiant, à retenir et stocker l'eau des ruissellements, à tempérer la puissance des vents, etc.

En Île-de-France, L'Institut Paris Region (Cordeau et al. 2022) décrit les aléas induits suivants de l'évolution des paramètres climatiques dans les décennies à venir :

- des printemps marqués par des gelées tardives impactant la fructification et la forme des arbres, notamment dans les fonds de vallées ou les dépressions de plateaux ;
- des étés plus chauds ponctués de vagues de chaleur et de canicules entraînant une évapotranspiration plus importante ;
- une évolution du régime des précipitations (plus

faible en été) amplifiant les phénomènes de sécheresse des sols et de stress hydrique, ou à l'inverse susceptibles d'induire des inondations par ruissellement et une asphyxie des sols ;

- une sensibilité plus forte des forêts aux incendies, notamment dans celles comportant des résineux. Ce risque d'incendie est évidemment augmenté lorsque les aléas canicule et sécheresse se combinent en même temps. Il est aussi plus accentué dans les forêts les plus fréquentées par le public ;
- un risque non nul de tempêtes, même si les projections semblent indiquer une certaine stabilité des vents violents pour l'Île-de-France.

Les conséquences de ces aléas devraient notamment se traduire par une redistribution de l'aire de répartition des espèces de préférendums nordiques comme le hêtre, et par le dépérissement de certains peuplements sous l'effet des sécheresses et des pathogènes (encre, suie, chalarose, chancre) et des insectes ravageurs (cynips, processionnaires). Le Schéma régional de gestion sylvicole d'Île-de-France (2023) identifie déjà des essences en difficulté sanitaire, dont certaines sont prédominantes dans la région : chêne pédonculé, châtaignier, pin sylvestre.



Les réserves biologiques intégrales de l'ONF sont des espaces d'expérimentation délibérément laissés en libre évolution.
© Maxime Zucca



Le gros bois mort au sol se décompose lentement en terreau nourricier tout en constituant une réserve d'eau dans laquelle les autres arbres viennent puiser en cas de sécheresse. © Lucile Dewulf

Pour affronter ces divers problèmes, les forestiers s'engagent dans le déploiement d'un certain nombre de pratiques s'appuyant notamment sur le vivant. En matière d'atténuation, l'allongement des rotations (voire la libre évolution d'une proportion du boisement) est une option intéressante, la fixation du carbone étant proportionnelle à la surface foliaire et à la taille des arbres. Les études scientifiques démontrent que la diversification des essences forestière favorise également le stockage du carbone. En matière d'adaptation des forêts au changement climatique, on démontre que la diversification des peuplements joue aussi un rôle intéressant dans la régulation du microclimat forestier. Elle permet également de réduire l'impact des ravageurs et des pathogènes au moyen d'un cocktail diversifié de molécules de défense produites par les arbres et leurs champignons mycorhiziens, d'auxiliaires régulateurs (champignons alliés, prédateurs, parasitoïdes) et d'un effet de dilution (les bioagresseurs étant souvent des espèces spécialisées sur une essence d'hôte).

Au sein d'une même espèce, la diversité génétique favorisée par la régénération naturelle (c'est-à-dire les semis naturels en place) constitue aussi un outil dans la lutte contre les ravageurs et les pathogènes. Cette diversité génétique est également une opportunité pour l'adaptation des forêts aux conditions de température et d'humidité changeantes dans la mesure où parmi les milliers de graines disséminées par les pieds-mères, certaines sont dotées d'un patrimoine génétique susceptible de mieux faire face aux conditions environnementales à venir.

La pratique de la sylviculture mélangée à couvert continu, également appelée gestion en forêt irrégulière, traitement irrégulier ou sylviculture proche de la nature, est de plus en plus plébiscitée pour l'adaptation au changement climatique. Ce mode de gestion sylvicole vise avant tout des peuplements diversifiés en essences, en strates de végétation, en classes d'âge, etc. Elle s'attache à maintenir ou à restaurer un couvert arboré permanent favorisant une ambiance forestière tamponnée. Elle s'appuie sur des dynamiques naturelles avec des interventions légères mais fréquentes. Dans ce cadre, elle peut mettre en place des cloisonnements réguliers et limités pour les engins d'exploitation. Ces derniers ne doivent en effet pas circuler sur l'ensemble de la surface boisée afin de préserver les sols du tassement et de l'érosion. Les sols conservent ainsi toutes leurs potentialités en termes d'infiltration et de rétention de l'eau en prévision des sécheresses. La sylviculture mélangée à couvert continu recherche aussi la production de gros bois de la meilleure qualité possible. À ce titre, elle contribue au stockage du carbone dans le bois vivant et dans le bois d'œuvre. Enfin, elle s'attache dès que possible à préserver des arbres porteurs de micro-habitats et des bois morts, sièges d'une importante et indispensable biodiversité forestière.

Considérant que l'adaptation aux futures conditions climatiques ne peut reposer uniquement sur la régénération naturelle et la diversité génétique, les forestiers font également appel à la migration assistée. Il s'agit de planter des essences indigènes d'Île-de-France mais ayant germé plus au sud de leur aire de répartition afin d'augmenter les chances d'obtenir des génomes déjà adaptés aux conditions plus chaudes. Dans certains cas, ils envisagent aussi d'implanter des essences plus méridionales, comme le chêne vert. Enfin, certains réfléchissent à implanter des essences provenant d'autres continents, mais ce procédé est plus controversé, ces essences risquant d'arriver sans leurs cortèges mycorhiziens, accompagnés de nouveaux bioagresseurs, ou sans être adaptées aux gels tardifs qui toucheront encore notre région.



À RETENIR

Du fait de leur capacité à stocker le carbone sur le long terme, les forêts jouent un rôle fondamental dans la lutte contre le changement climatique. Elles contribuent également à l'adaptation climatique en rafraîchissant localement le climat et en absorbant les excédents d'eau après des événements de précipitations intenses. Toutefois, elles subissent aussi de plein fouet les pressions grandissantes que constituent les sécheresses, les incendies, les vents violents, la multiplication des ravageurs et des pathogènes, etc.

Des pratiques de sylviculture fondées sur la biodiversité peuvent aider les forestiers à accompagner leurs forêts dans ce changement tout en garantissant les autres fonctions dévolues aux forêts : l'accueil du public (en forêt publique), la production de bois et la prévention des risques naturels.

La littérature scientifique démontre ainsi que la diversification des espèces d'arbres dans les boisements favorise le stockage du carbone, une meilleure réponse aux événements météorologiques

extrêmes et une plus grande résistance contre les bioagresseurs. La diversification des essences, mais aussi celle des âges et des diamètres des arbres font partie des principes de ce que l'on appelle la sylviculture mélangée à couvert continu. Ce type de sylviculture cherche également à conserver un couvert arboré permanent, une certaine quantité de bois âgés ou morts ainsi que des milieux ouverts précieux comme les landes et les mares.

L'adaptation des forêts aux conditions futures repose aussi d'une part sur la régénération naturelle et sa diversité génétique, essentielle pour faire face à des conditions climatiques changeantes, et d'autre part sur la migration assistée.

Cette pratique consiste à faire remonter artificiellement des semences ou des essences méridionales, adaptées à des climats plus chauds. Certains forestiers introduisent également dans nos régions des essences provenant d'autres continents, mais ce sujet reste débattu en raison des risques socioécologiques associés.



Les mares forestières sont des milieux particulièrement intéressants pour la biodiversité, mais aussi pour l'adaptation des forêts au changement climatique. © Gwendoline Grandin



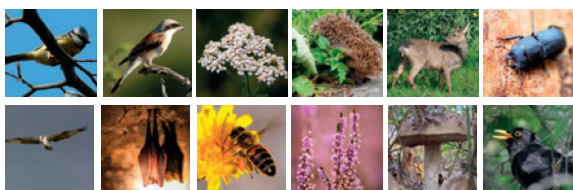
Les murs végétalisés, quand ils sont composés d'espèces adaptées, offrent abris et ressources alimentaires pour la biodiversité ainsi qu'une régulation de l'effet d'îlot de chaleur urbain. © Marc Barra

5 • LE MILIEU URBAIN

LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET MILIEUX URBAINS

Longtemps marginalisées dans les travaux en écologie, les villes sont aujourd'hui reconnues comme des écosystèmes dont la dynamique influence la biodiversité (Nilon et Aronson 2023). Elles peuvent être étudiées sous l'angle de leurs impacts sur les milieux naturels (artificialisation des espaces naturels, agricoles et forestiers, fragmentation), mais aussi sur la façon dont les modes de conception et de gestion façonnent la biodiversité au sein même des villes. À ce titre, les villes sont considérées comme des ensembles hétérogènes, composées d'une mosaïque de milieux parfois « favorables » et « défavorables » aux espèces (Matteson et al. 2013). La ville est un écosystème en soi, avec des caractéristiques biotiques et abiotiques propres auxquelles un nombre réduit d'êtres vivants, plutôt généralistes, peut s'adapter (Soubelet 2022). On dit généralement qu'elles agissent comme des « filtres »

en sélectionnant les espèces les plus tolérantes à la densité bâtie, aux nuisances, à la disponibilité en ressources, etc. (figure ci-dessous) mais aussi qu'elles constituent une barrière pour les espèces plus exigeantes. Ce phénomène, appelé homogénéisation biotique, a été particulièrement bien décrit pour les plantes (McKinney 2006) mais aussi chez les insectes (Deguines et al. 2016) et même pour les espèces du sol dans des lotissements (Groffman et al. 2014). Cette simplification de la biodiversité est aussi le reflet d'une standardisation des pratiques de gestion et des modes de conception basés sur des aménagements qui se répètent d'une ville à l'autre. En règle générale, la multiplication des surfaces imperméables et bâties entraîne une chute de richesse spécifique (Tratalos et al. 2007) et les forts niveaux de densité bâtie sont souvent associés à une réduction de la biodiversité en comparaison à des espaces urbains moins denses (Morelli et al. 2024).



UN FILTRE URBAIN QUI NE LAISSE PASSER QUE LES ESPÈCES LES PLUS GÉNÉRALISTES



Homogénéisation biotique des aires urbaines

- HABITATS ARTIFICIALISÉS
- SURFACE RÉDUITE DES HABITATS
- FRAGMENTATION
- POLLUTIONS MULTIPLES (AIR, EAU, LUMIÈRE, BRUIT...)
- CLIMAT LOCAL PLUS CHAUD (ÎLOT DE CHALEUR URBAIN)
- GESTION INADAPTÉE
- PRESSION HUMAINE ET FRÉQUENTATION

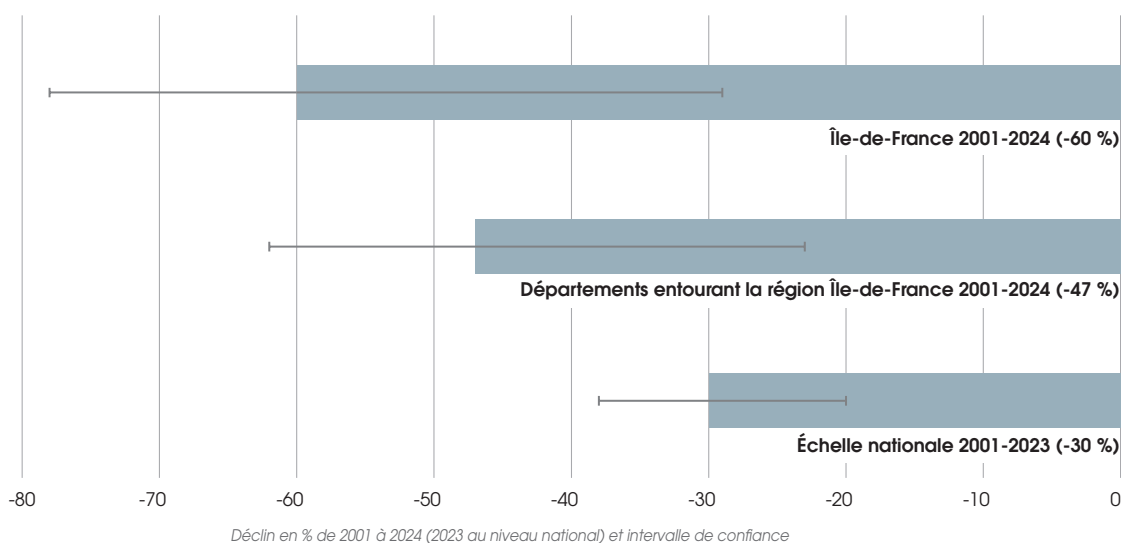
Crédits de gauche à droite © O. Ricci, © M. Zucca, © O. Ricci, © L. Dewulf, © J. Birard, © O. Ricci, © O. Ricci, © O. Ricci, © O. Ricci, © G. Grandin, © J. Birard

Phénomène d'homogénéisation biotique en milieu urbain décrit par (McKinney et Groffman (McKinney, 2006 ; Groffman et al., 2014).

Cependant, cet effet peut considérablement varier en fonction des actions mises en place en faveur de la nature en ville (taille des îlots, connectivité, micro-habitats) (McDonald et al. 2023).

En Île-de-France, des chercheurs ont montré qu'au-delà de 70 % de surface construite, la diversité des arthropodes chute fortement, surtout pour les espèces forestières (Vergnes et al. 2014). De plus, les populations tendent à s'appauvrir génétiquement dans les zones denses, à l'exception des espèces sympatriques de l'Homme comme le Pigeon biset (*Columba livia*), la Corneille noire (*Corvus corone*) ou le Rat surmulot (*Rattus norvegicus*) (Rochat et al. 2017). La baisse des effectifs s'observe particulièrement bien chez les oiseaux communs. En Île-de-France, plusieurs espèces régulièrement rencontrées en ville (Accenteur mouchet (*Prunella modularis*), Étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*), Merle noir (*Turdus merula*), Moineau domestique (*Passer domesticus*), Serin cini (*Serinus serinus*), Troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*), Verdier d'Europe (*Chloris chloris*)) ont vu leurs effectifs décliner ces dernières années. Entre 2003 et 2016, trois moineaux sur quatre avaient disparu du paysage parisien. Si la biodiversité décline, elle change aussi dans sa composition : les espèces dites généralistes s'adaptent mieux que les espèces dites spécialistes du bâti, comme les Hirondelles de fenêtre (*Delichon urbicum*) ou le Martinet noir (*Apus apus*), qui déclinent plus fortement. De 2001 à 2024, les effectifs d'oiseaux spécialistes du milieu urbain ont chuté de 60 % en Île-de-France, un chiffre supérieur à la moyenne nationale (-30 %) et à celle des départements limitrophes de la région Île-de-France (-47 %). Du côté de la flore, les espèces répondent de façon très contrastée à l'artificialisation. Selon le Conserva-

toire botanique national du Bassin parisien (CBNBP) (Machon et al. 2025 ; Vallet et al. 2016), on observe des espèces appréciant les milieux artificialisés (urbanophiles), comme le Sisymbre véralet (*Sisymbrium irio*), le Brome de Madrid (*Bromus madritensis*) ou le Chénopode des murs (*Chenopodium murale*). En revanche, certaines espèces disparaissent avec l'augmentation de la densité bâtie. Ce sont généralement les espèces spécialistes des milieux naturels et semi-naturels, que l'on dit urbanophobes, comme par exemple la Fougère-mâle des Chartreux (*Dryopteris carthusiana*), la Callune commune (*Calluna vulgaris*) ou l'Hippocrépis à toupet (*Hippocrepis comosa*). Bien que la ville soit un lieu d'introduction de nombreuses espèces exotiques, la flore urbaine reste dominée par un cortège d'espèces indigènes très communes sur l'ensemble du territoire francilien. En milieu urbain dense, la richesse floristique observée dans les interstices urbains (pieds d'arbres, trottoirs, toitures et murs végétalisés, etc.) est en forte augmentation, probablement sous l'effet de la végétalisation progressive et de l'arrêt de l'utilisation des désherbants chimiques (Muratet 2014). Étant donnée leur forte hétérogénéité, les villes restent des zones d'études surprenantes pour la biodiversité. Plusieurs travaux ont montré l'importance des réservoirs de biodiversité au sein des villes, autrement dit des espaces végétalisés d'un seul tenant suffisamment vastes pour y abriter différents taxons. Cette notion de taille a été étudiée par plusieurs auteurs (Beninde et al. 2015 ; Vega et Küffer 2021 ; Spotswood et al. 2021) qui distinguent les micro-patches, souvent inférieurs à 4 hectares et nécessaires pour les espèces urbanophiles, les patches de taille moyenne utiles pour les espèces tolérantes au milieu urbain et enfin les grands patches



Tendances moyennes d'espèces d'oiseaux spécialistes des milieux urbains denses. Source : ARB îdF/MNHN



Mélange de plantes horticoles et spontanées en pied d'arbre urbain. © Gilles Lecuir

ou réservoirs de biodiversité, dépassant les 50 hectares et nécessaires pour accueillir des espèces fuyant habituellement les villes.

Certains espaces comme les friches, peuvent jouer ce rôle de réservoir, étant donnés leur taille mais aussi leur caractère plus sauvage et non géré. Contrairement à leur image de terrains vagues « en attente d'être urbanisés », de nombreuses études montrent qu'elles abritent souvent une richesse spécifique supérieure à celle des espaces verts gérés, notamment en plantes sauvages, arthropodes et oiseaux (Bonthoux et al. 2014 ; Anderson et Minor 2017). Ces espaces peuvent également agir comme des « pas japonais » dans la matrice urbaine, facilitant la dispersion des espèces et renforçant la continuité écologique. En Île-de-France, des travaux effectués en Seine-Saint-Denis ont montré l'intérêt de ces espaces (plus riches et n'abritant pas les mêmes espèces que les parcs entretenus) et ravivé le débat sur la densification et le risque de voir disparaître ces milieux d'intérêt écologique (Muratet et al. 2021). D'autres travaux ont mis en évidence l'importance du couvert végétalisé et de la « matrice verte » au sein des villes denses (Aronson et al. 2014).

Si les milieux urbains sont constitués d'espaces bâtis et minéralisés, ils abritent aussi de multiples micro-milieux (arbres d'alignement, haies, jardins, friches, berges, cimetières) pouvant servir d'habitats à de nombreuses espèces. Cette « Matrice » est souvent mise en avant par les écologues comme com-

posante essentielle des corridors écologiques pour relier les réservoirs de biodiversité urbains (Stanford et al. 2023).

En dehors des caractéristiques de la biodiversité intra-urbaine, les villes ont également la responsabilité de freiner leur impact sur la biodiversité extra-urbaine en limitant leur expansion. Si l'Île-de-France n'est responsable que de 5 % de la consommation d'espace du pays, alors qu'elle accueille 20 % de la population, c'est aussi la région la plus urbanisée proportionnellement à sa taille, avec 22 % d'espaces urbains, dont 16 % d'espaces imperméabilisés et 5 % d'espaces urbains « ouverts », c'est-à-dire ni construits ni imperméabilisés : parcs, jardins, terrains de sport non revêtus. Sur la période 2021-2025, l'Île-de-France a consommé en moyenne 554 hectares d'espaces naturels, agricoles et forestiers par an (à peu près la surface du parc de Saint-Cloud), principalement du fait de la construction de zones d'activités économiques et de logements (Bénet et Delaville 2026). Si ce rythme a été inférieur à celui des deux dernières décennies (-28 % par rapport à la période 2012-2021), il est resté soutenu et a contribué à l'artificialisation des sols en dehors des villes, indispensables au bon fonctionnement de la biodiversité francilienne. L'objectif ZAN, décliné dans la loi Climat et résilience de 2021, constitue une opportunité de construire un nouveau modèle de sobriété foncière fondé sur le renouvellement urbain, protégeant les espaces naturels périphériques des



Les friches jouent un rôle important pour la biodiversité urbaine. © Lucile Dewulf

villes. Approuvé en 2025, le SDRIF-E fixe la trajectoire régionale vers le Zéro Artificialisation Nette (ZAN) à l'horizon 2050. Il prévoit de décliner l'objectif ZAN par tranches, soit une réduction de l'artificialisation de 176 hectares tous les 10 ans. Du côté de la protection des espaces naturels, le SDRIF-E prévoit de sanctuariser 13 % du territoire (environ 178 000 ha) d'espaces naturels, agricoles et forestiers, et de renforcer l'armature verte avec près de 500 km de fronts verts contre l'étalement urbain. Il impose également 30 % de pleine terre dans les zones denses et garantit à chaque Francilien un accès à un espace vert à moins de 10 minutes.

Le ZAN représente une opportunité majeure mais repose aussi sur un principe de densification accrue des zones déjà urbanisées, considéré par le SDRIF-E comme un levier majeur de sobriété foncière. Cette densification doit être conduite avec discernement, car les espaces de nature en ville, parfois nommés « espaces ouverts », le plus souvent en pleine terre, jouent un rôle essentiel pour la biodiversité intra-urbaine ainsi que dans la gestion du ruissellement et de l'îlot de chaleur urbain. Entre 1982 et 2017, la surface d'espaces ouverts en Île-de-France a connu une diminution nette de 42 860 hectares (L'Institut Paris Region et Collab 2022).

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

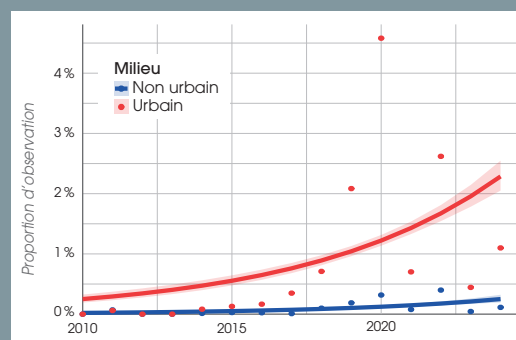
Loin d'agir de manière isolée, le changement climatique vient s'ajouter à des pressions déjà existantes sur la biodiversité et les renforcer. En ville, les effets du changement climatique sur la biodiversité urbaine peuvent être de différente nature : périodes de sécheresse prolongées, changements dans le régime des précipitations ou augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes (orages, inondations, canicules) affectant la disponibilité des ressources (eau, nourriture, abris). Le microclimat artificiel plus chaud et plus sec qu'aux alentours, dû au phénomène d'îlot de chaleur urbain a bien été documenté en Île-de-France lors de la canicule de 2003 avec des écarts de température jusqu'à 8 °C entre la banlieue et le centre de Paris (MétéoFrance 2015).

Les espèces végétales sont particulièrement touchées. Le changement climatique impose aux arbres urbains de multiples stress comme l'élévation des températures, la réduction ou l'irrégularité des précipitations, les épisodes extrêmes (sécheresses répétées, tempêtes) et la remontée des ravageurs (ex. Tigre du platane (*Corythucha ciliata*), Mineuse du marronnier (*Cameraria ohridella*), Chancre coloré

Ces espèces « urbanophiles » qui peuplent nos villes

Si nombre d'espèces peinent à s'adapter à la jungle urbaine, certaines ont su exploiter les ressources nouvelles qu'offre la ville. Ces « urbanophiles » illustrent les processus d'adaptation rapide et de plasticité écologique caractéristiques de la faune urbaine. Les oiseaux demeurent les plus visibles : le Pigeon biset (*Columba livia*), issu de populations domestiques retournées à l'état sauvage, est devenu un résident quasi exclusif des milieux bâtis, trouvant dans les cavités des bâtiments un substitut des falaises qui constituent son habitat originel. Le Moineau domestique (*Passer domesticus*), longtemps emblématique des centres urbains, connaît toutefois un déclin récent lié à la raréfaction des sites de nidification et à la baisse des ressources alimentaires. Les Corvidés, notamment la Corneille noire (*Corvus corone*) et le Choucas des tours (*Coloeus monedula*) se distinguent par leur opportunisme et leur capacité d'exploitation des déchets alimentaires. Du côté des mammifères, le Renard roux (*Vulpes vulpes*) est connu pour ses capacités d'adaptation urbaines. Présent dans des villes européennes comme Londres ou Berlin, qui disposent de grands espaces ouverts et boisés, il a davantage de difficultés dans une ville très dense comme Paris. Toutefois, il est présent au cimetière du Père-Lachaise et dans le Jardin des Plantes, où il forme de petites populations stables observées depuis les années 2010. Les chauves-souris, comme la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), profitent des structures bâties pour se reproduire et chasser dans les zones éclairées riches en insectes. Dans le 14^e arrondissement de Paris, jusqu'à récemment, se trouvait la plus grande colonie d'hivernation de Pipistrelles communes de France, sous le tunnel de la Petite Ceinture ferroviaire, avec une moyenne de 500 individus. Du côté des insectes, certaines espèces protégées en Île-de-France trouvent refuge en ville. C'est le cas de L'Œdipode turquoise (*Œdipoda caerulea*) qui vit dans les milieux très secs, sablonneux ou rocheux, avec peu de végétation. Ces milieux, à l'état naturel, se font assez rares dans la région. Enfin, certaines espèces exotiques naturalisées, telles que la Perruche à collier (*Psittacula krameri*), témoignent

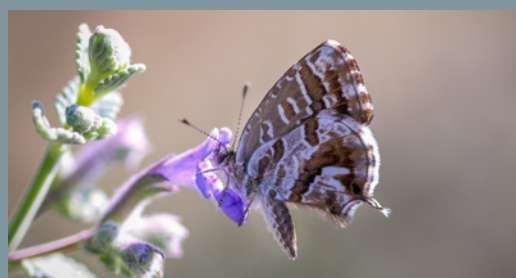
de la capacité des milieux urbains à héberger des communautés faunistiques originales. Des populations se sont établies dans plusieurs parcs urbains (notamment autour du parc de Sceaux, du Bois de Vincennes et du Bois de Boulogne), comptant aujourd'hui plusieurs milliers d'individus en Île-de-France. À noter que la Perruche à collier n'est pas considérée comme nuisible pour la faune locale. Les études menées par le MNHN grâce au programme Bird Lab montrent qu'elle utilise des niches écologiques légèrement différentes de celles des espèces cavernicoles locales (comme les étourneaux, pics ou sittelles) et sa présence ne provoque pas de déclin mesurable d'autres espèces locales. Ces dynamiques illustrent une écologie urbaine en mouvement où les villes peuvent aussi être des laboratoires de l'évolution du vivant et de la cohabitation entre humains et non-humains. Du côté des papillons, le Brun des pélargoniums (*Cacyreus marshalli*) est également une espèce fréquente en ville. Originaire d'Afrique du Sud, son expansion suit en partie le commerce des pélargoniums ornementaux (couramment appelés géraniums). En milieu urbain, la forte disponibilité de plantes hôtes et le microclimat ont favorisé son implantation (Rocchia et al. 2022). En Île-de-France, cette tendance urbaine du papillon est confirmée par l'analyse des données qui montre une plus forte proportion d'observations de l'espèce dans les milieux urbains par rapport aux milieux ruraux.



Proportion d'observation du Brun des pélargoniums selon le milieu en Île-de-France.



La Perruche à collier (*Psittacula krameri*) n'est pas considérée comme nuisible pour la faune locale. © Pierre Gossé



Le Brun des pélargoniums (*Cacyreus marshalli*) est une espèce fréquente en ville. © Ophélie Ricci

LE MILIEU URBAIN, UN REFUGE POUR LES ESPÈCES VOYAGEUSES ?

Les températures très douces du milieu urbain, combinées aux importants échanges de marchandises venues du monde entier, en font un environnement particulièrement favorable à l'installation d'espèces méridionales ou exotiques. Normalement limitées par les hivers rigoureux, ces espèces peuvent y trouver un refuge, à partir du moment où elles arrivent à se satisfaire des quelques espaces de nature disponibles. C'est par exemple le cas pour la Decticelle annulée (*Rhacocleis annulata*) qui était encore inconnue de la région avant 2023 (Douillard 2025). Cette sauterelle, originaire de Sicile et des îles périphériques du sud de l'Italie, est mentionnée pour la première fois en France en 2002 dans le département du Gard. Depuis, l'espèce est remontée en France par la vallée du Rhône, la vallée de la Garonne, remontant le littoral atlantique

vers la Charente, puis la vallée de la Loire pour aboutir à la région parisienne, pourtant isolée des autres bassins. Dénuée d'aile, la dispersion de cette espèce sur d'aussi grandes distances ne peut s'envisager qu'à l'aide des activités humaines, notamment avec l'import de matériaux abritant des œufs ou des adultes.

Sur les 4 observations franciliennes, 2 se situent à proximité directe d'une voie de chemin de fer et 2 sont dans des cimetières urbains qui importent quantité de végétaux et matériaux pour leurs espaces. Même si ces observations ne garantissent pas que cette Decticelle arrivera à se maintenir sur le long terme, c'est un bon exemple de l'opportunité que représentent les activités humaines combinées au réchauffement climatique pour le déplacement de certaines espèces très adaptables.



La Decticelle annulée (*Rhacocleis annulata*), originaire de la Sicile et du sud de l'Italie, a été découverte pour la première fois en Île-de-France en 2023. © Sylvain Grimaud

du platane (*Ceratocystis fimbriata*, Encre du Châtaigner, etc.). Une équipe de chercheurs a publié en 2022 la première évaluation mondiale des risques pour les espèces d'arbres plantées en milieu urbain dans le contexte de changement climatique. Pour la France, les auteurs signalent que dans des villes comme Paris, Bordeaux, Montpellier, Grenoble et Lyon, jusqu'à 69–71 % des essences étudiées sont menacées d'ici 2050 (Esperon-Rodriguez et al. 2022). Certaines essences comme le marronnier pour la région parisienne figurent parmi les plus vulnérables.

Le changement climatique amène de fait les collectivités à repenser les stratégies de végétalisation et de plantation. Face à une mortalité accrue, certaines misent sur la diversification des essences (en lieu et place de plantations monospécifiques) ou le recours à des essences indigènes et/ou spontanées. D'autres expérimentent des méthodes de migration assistée, autrement dit l'introduction contrôlée d'espèces provenant de régions plus chaudes dans l'espoir d'anticiper les futurs climats urbains. Ces stratégies présentent chacune des bénéfices mais aussi des incertitudes si bien que la prudence et l'évaluation scientifique restent nécessaires.

Du côté de la faune urbaine, le changement climatique peut accroître les risques de mortalité directe (canicule, sécheresse) ou indirectement agir sur les traits de vie (ex : baisse de réussite reproductive). Pour certaines espèces comme les oiseaux, les vagues de chaleur peuvent exposer les espèces (en particulier les jeunes) à une mortalité plus importante en raison du stress thermique et du manque d'eau (Sumasgutner et al. 2023). Le réchauffement peut également modifier la phénologie de certaines espèces (dates de reproduction et d'apparition des ressources). Parmi les espèces migratrices, on observe des déplacements d'aire vers le nord ou en altitude pour certaines espèces, tandis que des généralistes tolérants à la chaleur (et des espèces exotiques/invasives) gagnent du terrain dans les villes européennes.

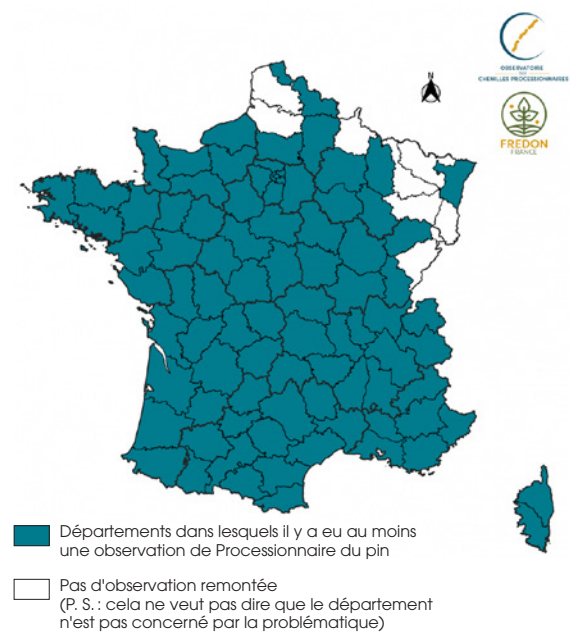
Dans une étude modélisant les effets du réchauffement urbain sur la répartition de plus de 2 000 espèces terrestres dans 60 villes nord-américaines (Filazzola et al. 2024), des chercheurs expliquent que certaines villes plus fraîches pourraient gagner plusieurs dizaines à centaines de nouvelles espèces tandis que d'autres, déjà chaudes, pourraient connaître des pertes nettes. Si la migration des espèces vers le nord est un mécanisme attendu, de nombreux facteurs non-climatiques (connectivité, interactions, capacité d'établissement) rendent les résultats incertains. Les zones urbaines étant souvent moins connectées écologiquement, les espèces qui y vivent ont moins de

possibilités de se déplacer vers des habitats plus favorables en réponse aux changements climatiques. Cela limite leur capacité d'adaptation et confirme d'autant plus la nécessité de mettre en œuvre la trame verte et bleue à toutes les échelles de l'aménagement, comme une solution d'adaptation au changement climatique.

Sur le moyen terme, le changement climatique peut également entraîner une modification des périodes de reproduction ou de floraison, et altérer certaines interactions comme la pollinisation (Gérard et al. 2020). Par ailleurs, l'évolution des températures peut favoriser l'expansion de certaines espèces exotiques dites « envahissantes », qui trouvent dans les villes des conditions favorables à leur développement.

L'arrivée de nouvelles espèces en ville

Le changement climatique peut également modifier la répartition et la dynamique des insectes en milieu urbain. Des hivers plus doux combinés à des microclimats urbains plus chauds peuvent faciliter l'installation d'espèces autrefois limitées par le froid. Principalement présente dans les régions où le pin est répandu (Pyrénées-Orientales, Hérault, Bouches-du-Rhône, Var), la chenille Processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) gagne du terrain vers le nord et en altitude sous l'effet du changement climatique. La Processionnaire du pin est aujourd'hui régulièrement observée en ville, où les micro-climats chauds de l'îlot de chaleur urbain favorisent la survie



Carte réalisée par l'Observatoire des chenilles processionnaires - FREDON France en avril 2024. Sources : INRAE, DSF, ONF, ARS, réseau FREDON

Départements ayant fait l'objet d'au moins une observation de Processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* D. & S.) en France, entre 2007 et 2023

larvaire (Robinet et al., 2013). La plantation de pins en milieu urbain et la réduction des prédateurs naturels ont certainement renforcé son installation (Li et al. 2015). Enfin, les transports humains de plants infestés contribuent à l'apparition de foyers urbains isolés (Roques 2015).

D'autres espèces, considérées comme envahissantes, pourraient également se répandre dans le nord de l'Europe et en région parisienne, à la faveur du changement climatique et de conditions favorables trouvées dans les villes. La fourmi d'Argentine (*Linepithema humile*) profite des hivers plus doux pour étendre ses colonies vers le nord : les villes, grâce à leurs microclimats et à des ressources abondantes, constituent des refuges facilitant son implantation et sa survie durant l'hiver (López-Collar et al. 2025). Une autre espèce, la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*), originaire d'Amérique du Sud a été tout récemment découverte pour la première fois en France (Blight et al. 2024). Le réchauffement améliore sa survie et son potentiel reproducteur dans des régions où elle n'aurait auparavant pas pu s'établir (Bertelsmeier et al. 2015). En ville, la disponibilité de ressources constantes, la fragmentation écologique et la réduction des prédateurs naturels renforcent fortement son succès invasif (Foucaud et al. 2013).

L'arrivée du Moustique tigre (*Aedes albopictus*) en France date de 2004 dans les Alpes-Maritimes. Il s'est ensuite installé progressivement : 67 départements étaient colonisés en janvier 2022, 78 en janvier 2024, et 81 départements début 2025 (Sante.gouv.fr 2025). Originaire des forêts tropicales d'Asie du Sud-Est, cette espèce a trouvé refuge dans les environnements urbains où elle utilise la moindre eau stagnante pour se reproduire. Elle représente un enjeu sanitaire majeur compte tenu de son rôle de vecteur de zoonoses tropicales à risques comme la dengue ou le chikungunya.

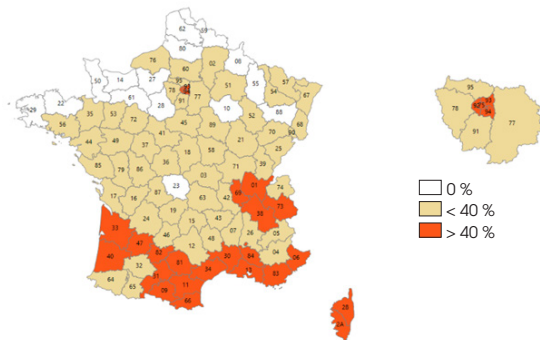
Le réchauffement climatique modifie la biologie des moustiques à tous les stades de leur cycle de vie, avec des effets contrastés sur leur rôle de vecteurs de zoonoses. Chez les larves, des températures modérées accélèrent le développement, conduisant à des cycles de reproduction plus rapides. Toutefois, au-delà de 34 °C, des études expérimentales montrent une forte augmentation de la mortalité larvaire pouvant atteindre 100 % chez certaines espèces comme les Anophèles, limitant potentiellement les populations lors de vagues de chaleur. Les larves exposées à des températures élevées produisent des adultes de plus petite taille, or la taille corporelle est corrélée négativement à la longévité, à la distance de dispersion, au nombre de cycles reproductifs et à la capacité vectorielle (Agyekum et al.

2021). Chez les adultes, l'élévation de température augmente le métabolisme, accélère le vieillissement et la sénescence immunitaire, et entraîne une réduction de la survie au-delà d'un certain seuil (Martin et Hillyer 2024). De plus, la fécondité tend à décroître avec la température, avec un nombre d'œufs pondus réduit et un cycle gonotrophique⁵ écourté (Martin et al. 2025). Ces modifications limitent le temps disponible pour qu'un moustique contracte un agent pathogène et le transmette, notamment pour des virus comme la dengue nécessitant une incubation d'environ 10 jours.

L'accélération du développement pourrait donc théoriquement augmenter les densités de moustiques en début de saison, mais les vagues de chaleur, via leurs effets délétères sur la survie et la fécondité, pourraient réduire les populations adultes au pic estival. En parallèle, des travaux récents suggèrent que certaines populations de moustiques pourraient évoluer vers une meilleure tolérance thermique, comme observé pour *Aedes sp.* dans certaines régions tempérées (Couper et al. 2025). Enfin, la hausse des températures semble réduire l'efficacité de certains insecticides (type DDT, interdit, ou perméthrine, autorisée), bien que cet effet reste variable selon les populations et les niveaux de résistance (Mseti et al. 2024 ; Agyekum et al. 2021). Globalement, l'interaction entre température, taille corporelle, longévité, fécondité et immunité vectorielle dépeint un risque épidémiologique complexe : potentiellement atténué par la mortalité induite par les fortes chaleurs mais exacerbé par l'allongement de la saison de transmission et la diffusion géographique du moustique vecteur (Ryan et al. 2019). Cette dynamique justifie le recours à des modèles prenant en compte ces effets antagonistes pour affiner la prévision des risques de zoonoses en contexte de changement climatique (Ryan et al. 2019).

Face à cette problématique du moustique, la réponse adoptée par les collectivités est souvent de limiter les zones humides en ville, par peur de prolifération. Pourtant, les sites de pontes affectionnés par le Moustique tigre, sont à chercher du côté des micro-réservoirs d'eau d'origine anthropique (gouttière bouchée, coupelle de pot de fleurs, bac récupérateur d'eau de pluie domestique) où cette espèce prolifère, faute de compétition et de prédateurs (Bonizzoni et al. 2013). Créer et restaurer des zones humides fonctionnelles est un levier majeur pour l'adaptation au changement climatique et doit rester une priorité d'action.

5. Temps séparant l'éclosion de la femelle du dépôt de sa première ponte.



En 2024, la France hexagonale a enregistré un nombre record de cas de dengue avec 4 683 cas importés et 83 cas autochtones répartis sur 11 foyers (PACA, Occitanie, Auvergne Rhône-Alpes). Cette même année, l'Île-de-France dénombre son premier cas autochtone de chikungunya, un an après l'identification du premier foyer autochtone de dengue (3 cas) (Krug et al. 2025). Source : Sante.gouv.fr

Pourcentage des communes colonisées par *Aedes albopictus* en France métropolitaine au 1^{er} janvier 2025



Le Moustique tigre (*Aedes albopictus*) va probablement bénéficier du changement climatique en étendant son aire de répartition et sa période d'activité. © Budak



À RETENIR

L'urbanisation agit comme un véritable filtre écologique en ne favorisant que les espèces les plus généralistes et tolérantes, ce qui conduit à une homogénéisation progressive des communautés animales et végétales. Les espèces spécialistes telles que les oiseaux du bâti, la flore urbanophobe ou les arthropodes forestiers en sont les principales victimes, tandis que certaines espèces urbanophiles tirent parti des ressources offertes par la ville. La densité du bâti et l'imperméabilisation des sols réduisent fortement la richesse spécifique, mais des actions ciblées comme la végétalisation, le maintien de continuités écologiques ou la diversification des habitats permettent d'en atténuer les effets. Dans ce contexte, le Zéro Artificialisation Nette représente une opportunité importante pour limiter la pression urbaine sur les espaces naturels périphériques, tout en rappelant la nécessité de préserver, au sein même des zones denses,

des espaces de nature indispensables au fonctionnement écologique. Le changement climatique renforce encore ces contraintes en multipliant sécheresses, canicules et stress hydrique, ce qui fragilise la flore urbaine, augmente la mortalité de la faune et favorise la prolifération de certains ravageurs. Par ailleurs, l'îlot de chaleur urbain crée des microclimats propices à l'installation d'espèces méridionales ou exotiques, déjà en expansion vers le nord, parmi lesquelles figurent la Processionnaire du pin, le Brun du pélagonium, la Fourmi d'Argentine ou la Fourmi électrique, qui trouvent en ville des conditions idéales pour s'établir. Certaines espèces vectrices comme le Moustique tigre profitent elles aussi de ces environnements, entraînant des enjeux sanitaires croissants, sans pour autant remettre en cause la possibilité de développer une nature urbaine plus résiliente.



Néuphar. © Aqua'clie – Anthony Caprio

6 • LES MILIEUX AQUATIQUES ET HUMIDES

Les milieux humides et aquatiques continentaux recouvrent un ensemble très varié de milieux, naturels ou artificiels. Ils sont caractérisés par la présence d'eau, permanente ou temporaire : cours d'eau, étangs, canaux, retenues d'eau, mares, mouillères, ou leur degré d'humidité : marais, tourbières, prairies inondables.

Ils jouent un rôle écologique fondamental et rendent des services écosystémiques essentiels notamment dans le stockage, la régulation et l'épuration des eaux ; les zones humides permettent l'infiltration lente des eaux de pluie dans les sols, ce qui alimente les nappes souterraines. Elles contribuent ainsi à maintenir le niveau des ressources en eau

douce. En période de fortes pluies ou de crues par débordements des rivières, les zones humides fonctionnent comme des « éponges naturelles », absorbant temporairement l'excès d'eau et limitant les inondations en aval ; en périodes de basses eaux, elles restituent progressivement l'eau stockée et soutiennent les débits d'étiages dans les cours d'eau. Les milieux aquatiques et humides assurent également une fonction d'épuration naturelle ; les plantes aquatiques, les bactéries et les sols humides filtrent les éléments nutritifs (azote, phosphore), les métaux lourds, les sédiments et autres polluants. Ce processus de phytoremédiation permet d'améliorer la qualité de l'eau avant qu'elle ne rejoigne les



L'Yvette restaurée à Saint-Rémy-lès-Chevreuse. © Ophélie Ricci



Réserve naturelle des Étangs et rigoles d'Yvelines. © Ophélie Ricci

nappes souterraines et/ou les rivières. Les zones humides peuvent aussi servir de zones tampons entre les terres agricoles ou urbaines et les milieux naturels. Les tourbières et sols humides riches en matière organique stockent de grandes quantités de carbone sous forme de biomasse végétale et de matière organique non décomposée. En limitant la décomposition par l'absence d'oxygène, ces milieux piègent du CO₂ pendant des siècles. Leur destruction ou leur assèchement provoque, à l'inverse, l'émission massive de gaz à effet de serre (CO₂, méthane), ce qui accentue les effets des changements climatiques. Ils participent aussi à la régulation des températures locales. Les plans d'eau et zones humides emmagasinent la chaleur et contribuent à créer des îlots de fraîcheur, particulièrement utiles en contexte urbain. L'Île-de-France, malgré une urbanisation très dense, abrite encore environ 345 km² de zones humides identifiées et délimitées, avec jusqu'à 2 413 km² de zones humides potentielles (50 % de la surface régionale a fait l'objet d'inventaires de terrain dont 2,5 % sont des zones humides effectives) et est traversée par 4 557 km de cours d'eau permanents et 3 785 km de cours d'eau intermittents.

Ces milieux représentent environ 4 % de la surface francilienne. 1,3 % sont des zones en eau (étangs et rivières) et entre 2 et 3 % sont des zones humides (forêts alluviales, marais, prairies humides, etc. Zucca et al. 2019) et font partie des réservoirs les plus riches en biodiversité, notamment au regard des taxons qui leur sont strictement inféodés (poissons,

flore, invertébrés, ...) ainsi que pour les amphibiens, certains reptiles, ou encore les oiseaux.

LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET LES MILIEUX AQUATIQUES ET HUMIDES

En Île-de-France, comme en France, les zones humides ont perdu beaucoup de leur surface au cours du xx^e siècle, perte difficile à chiffrer et généralement évaluée à 50 %. La superficie totale des zones humides et aquatiques recoupe en partie celle des autres milieux, puisque certaines forêts sont humides (6 % des forêts se trouvent en contexte alluvial humide), certaines zones agricoles de fond de vallée également, et que le milieu urbain compte un certain nombre de plans d'eau (Zucca et al. 2019). En France, 67 % des zones humides ont été détruites au cours du siècle dernier (Kovacs hazzy 1994) et 90 % des mares auraient disparu (Hull 1997). L'inventaire des mares de la SNPN estime aujourd'hui, que 59 % des mares recensées en région Île-de-France sont en état dégradé (Mallard et al. 2023). Pour ce qui est des cours d'eau, les travaux relatifs à la clarification du statut de cours d'eau engagés à partir de 2015 par les services de l'État ont conduit à la qualification de non-cours d'eau de 25 % des tronçons hydrographiques qui apparaissent sur les anciennes cartographies du réseau fluvial national (Messenger et al. 2024). Des écoulements autrefois protégés ont ainsi perdu leur statut légal, ce qui autorise l'usage de pro-

duits phytosanitaires à proximité ou la réalisation de travaux sans autorisation réglementaire.

Les milieux aquatiques et humides – rivières, mares, étangs, zones humides, forêts alluviales – d’Île-de-France, bien que fragmentés et menacés, constituent des réservoirs de biodiversité indispensables à des groupes entiers comme les poissons, odonates (libellules), amphibiens (tritons, grenouilles, salamandres) et de nombreux oiseaux d’eau (canards, limicoles, hérons, passereaux) dans une région très urbanisée.

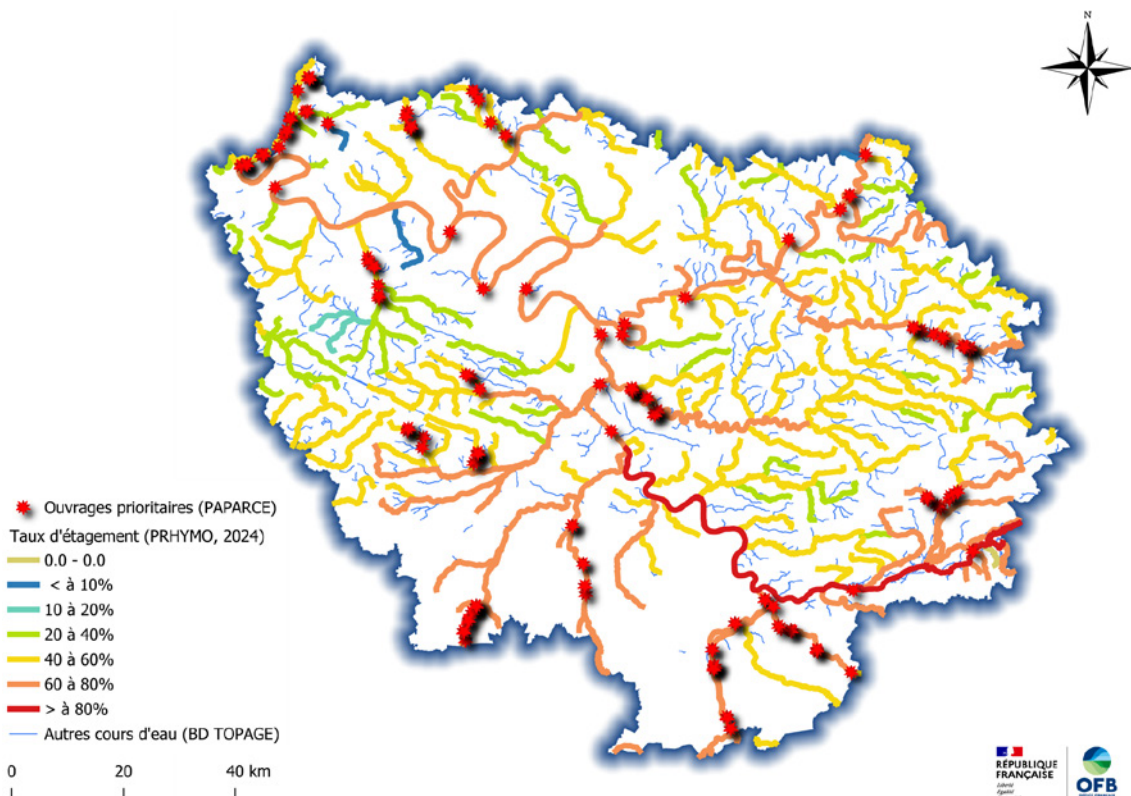
Environ 30 % des espèces végétales menacées d’Île-de-France dépendent de ces milieux. D’après la Liste rouge régionale des Poissons (Houeix et Johan 2022), 22 % des espèces sont considérées comme menacées ou quasi-menacées et 9 % sont d’ores et déjà éteintes. Sur les 11 espèces d’amphibiens d’Île-de-France, 8 sont menacées, principalement en raison de la disparition des habitats aquatiques temporaires (Johan et al. 2023). Sur les 58 espèces d’Odonates recensées en Île-de-France, une est régionalement éteinte, et 22 % sont menacées (OPIE 2025)⁶. Sur les 42 espèces d’oiseaux nicheurs inféodés aux milieux aquatiques et humides, 4 espèces sont régionalement éteintes, plus de 50 % sont menacées et 4 quasi-menacées (Dewulf 2018).

Outre leur richesse spécifique, ces milieux assurent une fonction écologique de connectivité, en reliant

les massifs forestiers, les plaines agricoles et les zones urbanisées à travers la trame bleue régionale. Cette continuité écologique est fortement altérée, en particulier dans les cours d’eau fragmentés par plus de 2 300 obstacles à l’écoulement (seuils, barrages, routes) existants ou partiellement détruits (Référentiel des obstacles à l’écoulement, Office français de la biodiversité, 2025), soit 1 ouvrage tous les 2,4 km de cours d’eau permanents à l’échelle de la région.

Le taux d’étagement est le rapport de la somme des hauteurs de chute des obstacles à l’écoulement sur le dénivelé naturel des écoulements principaux de masse d’eau. Cet indicateur illustre la perte de pente naturelle liée à la présence des ouvrages transversaux et donc plus globalement, la perte de fonctionnalité induite par les ruptures artificielles de continuité longitudinale sur les cours d’eau. Il permet d’évaluer le niveau de fragmentation et d’artificialisation des cours d’eau et d’apprécier globalement les effets cumulés des obstacles à la fois sur la continuité écologique et sur l’hydromorphologie : continuité de l’écoulement (eau et sédiments), dynamique fluviale, diversification des habitats, répartition des espèces.

6. Résultats provisoires avant labellisation UICN.

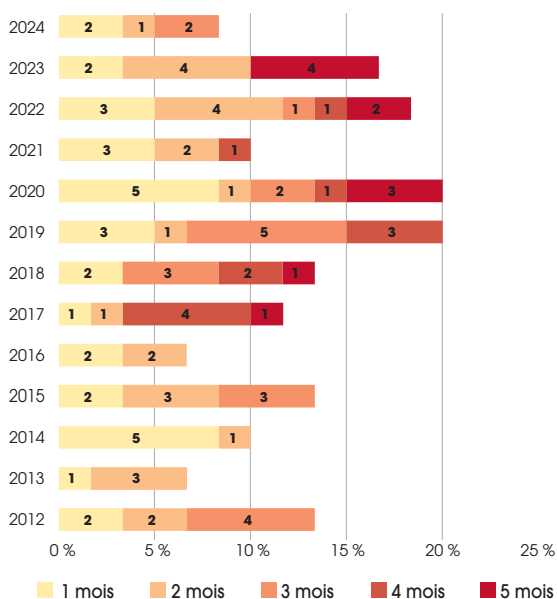


Taux d’étagement calculé par masse d’eau. Source : OFB

Les ruptures de continuités écologiques ont de graves conséquences pour les migrations piscicoles, empêchant les poissons de rejoindre leurs zones de reproduction, la dispersion des amphibiens et autres espèces semi-aquatiques (ex. : Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*), Musaraigne aquatique (*Neomys fodiens*)), très dépendants de la connectivité entre mares et zones humides temporaires, ou encore sur le transport naturel des sédiments, perturbé par la chenalisation des cours d'eau et les retenues d'eau, ce qui dégrade la qualité des habitats en aval. Les obstacles au libre écoulement des eaux ont déjà eu pour conséquence sur la région d'être pour partie responsable de l'extinction de 2 espèces de poissons migrateurs amphihalins (Esturgeon d'Europe (*Acipenser sturio*) et Saumon atlantique (*Salmo salar*)); 3 autres espèces sont considérées en danger critique d'extinction tant les effectifs à la montaison sont anecdotiques pour soutenir des populations viables : Grande alose (*Alosa alosa*), Lamproie marine (*Lampetra marinus*) et Anguille européenne (*Anguilla anguilla*), pour cette dernière ce sont plutôt les effectifs de dévalaison qui sont préoccupants.

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Concernant la ressource en eau, les incertitudes demeurent relativement fortes en Île-de-France. Le projet Explore2, piloté par l'INRAE et l'Office international de l'eau, montre que la recharge annuelle des nappes pourrait légèrement augmenter dans le nord de la France, toutefois elle pourrait aussi diminuer selon d'autres scénarios. Les projections de débits annuels des cours d'eau révèlent également de grandes incertitudes mais la plupart prévoient une augmentation des débits en hiver et une diminution en été. Pour les étiages, les prévisions sont particulièrement incertaines sur le Bassin parisien, même si une tendance à la baisse se dégage à l'échelle nationale. Cette diversité de résultats s'explique par la manière dont les modèles représentent les processus hydrologiques, en particulier les interactions entre eaux superficielles et souterraines. Malgré ces divergences, une majorité de simulations converge sur une augmentation du risque de crues hivernales dans la moitié nord de la France. En ce qui concerne les nappes phréatiques franciliennes, les projections du PIREN Seine soulignent cette incertitude. En s'appuyant sur deux modèles climatiques (Accord de Paris SSP1-2.6 et TRACC SSP5-8.5), il a montré que la ressource en eau souterraine pourrait évoluer à la baisse dans un scénario « sec » et rester relativement stable dans un scénario « humide » à la fin du siècle.

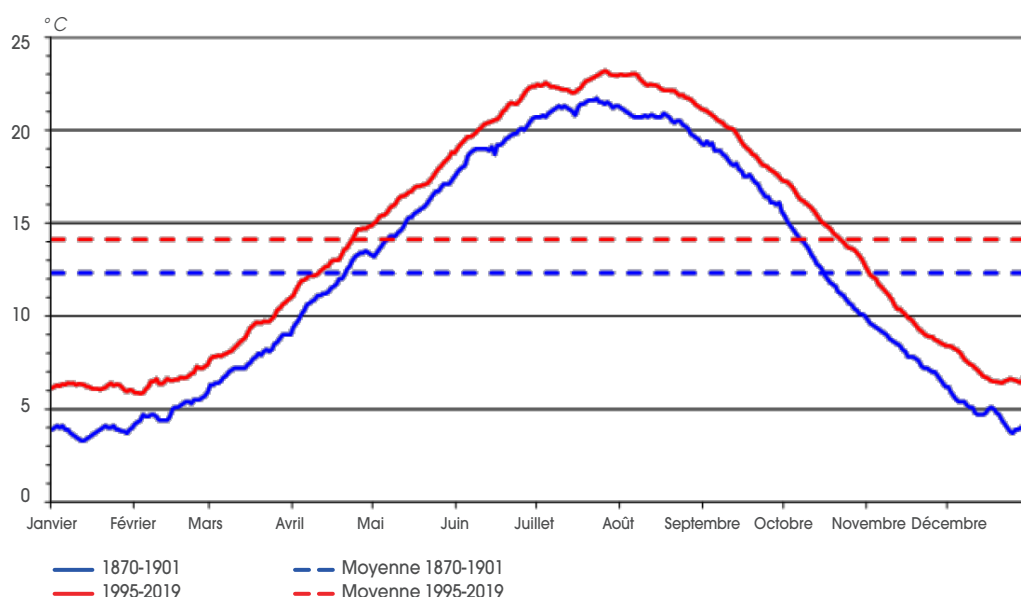


Graphique illustrant l'évolution, entre 2012 et 2025, de l'intensité des périodes d'étiage, exprimée en nombre de mois consécutifs lors desquels est observé un assec et en proportion de stations concernées, sur les 60 stations du réseau ONDE (Observatoire National Des Etiages) francilien. Source : onde.eaufrance.fr



Ru d'Yvron à sec (77). © Marie Pierre Pinon

ÉVOLUTION DU RÉGIME THERMIQUE DE LA SEINE DEPUIS 150 ANS



Les graphes comparent les variations saisonnières de la fin du XIX^e et du début XXI^e siècle de la Seine à Paris. On peut observer des écarts dépassant 2 °C, notamment en hiver. La moyenne annuelle entre les deux périodes est de 1,8 °C. Ce graphe met nettement en évidence les conséquences du réchauffement climatique. Source : Rivière 2021

Ces tendances globales ne doivent pas masquer une variabilité interannuelle importante et l'évolution des usages. Les acteurs franciliens doivent donc envisager aussi bien l'hypothèse d'une raréfaction de la ressource que celle d'une intensification des débits et des inondations.

Selon le Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan, si les tendances actuelles se poursuivent, 88 % du territoire métropolitain sera en situation de tension hydrique modérée à sévère en été à l'horizon 2050, lors d'un printemps-été sec. Pour le bassin de la Seine et les rivières franciliennes, les tensions hydriques liées aux prélèvements pourraient s'étendre à 11 à 12 mois par an dans un scénario tendanciel entre 2020 et 2050.

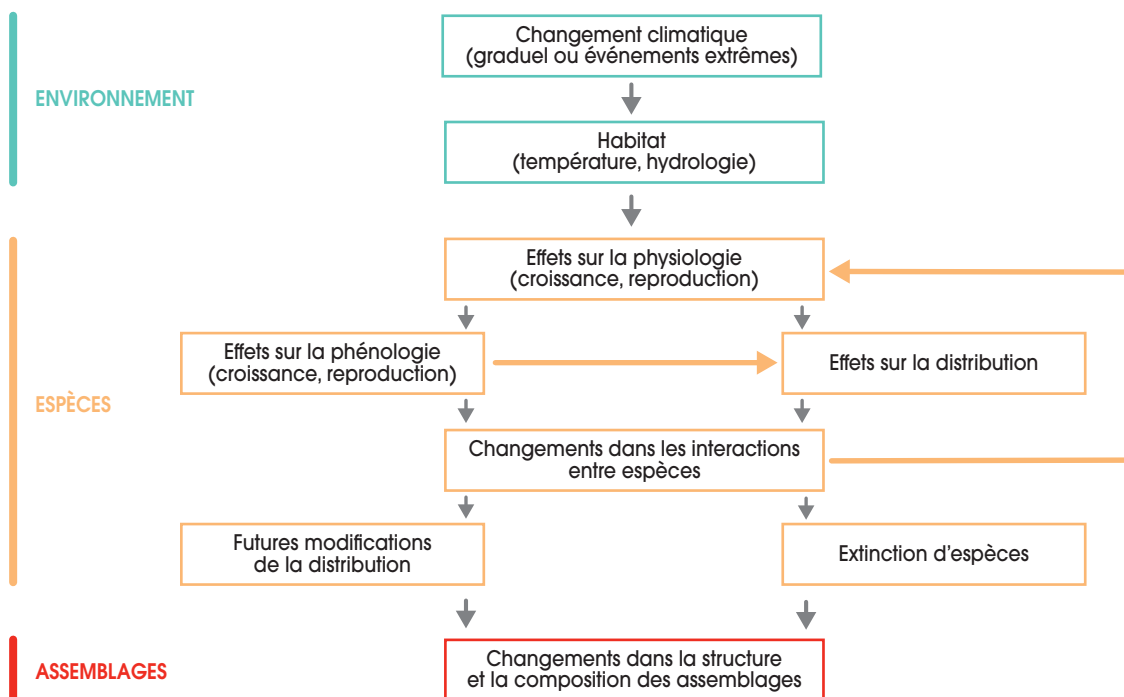
Ces évolutions auront un impact direct sur le fonctionnement des milieux aquatiques et humides, déjà fragilisés par l'artificialisation des sols, la pollution diffuse et les prélèvements excessifs.

De manière générale, concernant les peuplements piscicoles, l'ensemble des modèles annonce un glissement des aires de répartition des espèces d'eau froide vers les zones amont. L'aire de répartition des espèces inféodées aux têtes de bassin se réduirait à des zones refuge en altitude, avec un risque d'ex-

La Seine sous l'effet du changement climatique

Aux baisses de débit s'ajoute la hausse des températures : un écart de 2 °C a déjà été constaté sur la Seine et la Marne. Et la température devrait continuer à augmenter avec le réchauffement atmosphérique jusqu'à des pics en été lors de canicules. Ce contexte peut avoir de graves répercussions pour certains poissons : par exemple, les salmonidés, qui migrent en été, ne supportent pas des températures de plus de 20 °C. Des simulations montrent que d'ici la fin du siècle, la température de l'eau de la Seine pourrait dépasser le seuil de tolérance durant leur migration estivale. En outre, à forte température l'oxygène se dilue moins bien dans l'eau et sa concentration pourrait être insuffisante, passant sous le seuil de tolérance de l'espèce. D'autres poissons seraient moins touchés, comme la grande alose qui migre au printemps. Plus largement, sur le bassin de la Seine, des espèces comme le chabot pourraient régresser rapidement alors que le réchauffement des eaux favorisera les espèces appréciant les eaux plus chaudes.

CONSÉQUENCES POTENTIELLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR LES ASSEMBLAGES D'ESPÈCES DE POISSONS (modifié d'après Hughes 2000 et Buisson 2009)



Extinction accrue dans certains bassins de plus faible altitude. À l'inverse, les espèces situées dans les zones intermédiaires ou aval telles que les Cyprinidés (carpes, gardon, barbeau...) ou les Centrarchidés (perche, black-bass...) seraient favorisées. À l'échelle des communautés, une augmentation de la richesse spécifique est attendue sur l'ensemble du cours d'eau, accompagnée d'une homogénéisation des communautés. En d'autres termes, elles seront probablement plus riches mais se ressembleront davantage d'où une perte de diversité.

Sur 31 processus écologiques fondamentaux pour la fonction des écosystèmes d'eau douce, au moins 23 ont déjà été sensiblement influencés par le changement climatique avec des réponses observées : notamment une modification de la répartition des espèces, un changement dans les schémas phénologiques, une réduction de la taille corporelle, davantage de proliférations d'algues, et des interactions découplées entre les espèces (Scherer et al. 2023). Les écosystèmes d'eau douce sont particulièrement sensibles au réchauffement car leurs principales caractéristiques physico-chimiques, la qualité et la quantité de l'eau, sont fortement influencées par les régimes de température atmosphérique. L'augmentation de la température de l'eau affecte un

large éventail de processus biogéochimiques qui sous-tendent la qualité de l'eau, dont la plupart ont tendance à se produire plus rapidement dans des conditions plus chaudes (Whitehead et al. 2009).

Élévation des températures de l'eau

La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température de l'eau est plus élevée, ce qui peut constituer une menace considérable pour la biodiversité aquatique dépendante de la disponibilité en oxygène (ex. poissons), en particulier dans les eaux stagnantes ou à courant lent (Jane et al. 2021).

Bien qu'il soit particulièrement difficile dans le cas des milieux aquatiques d'eaux douces de distinguer les effets du changement climatique de ceux des pressions anthropiques locales, un certain nombre d'études ont d'ores et déjà mis en évidence l'effet d'une augmentation de la température sur les peuplements piscicoles.

L'augmentation des températures, observée depuis plusieurs décennies, provoque une modification des conditions de vie des espèces aquatiques. Certaines espèces sensibles, comme la Truite fario (*Salmo trutta*), voient leur habitat se réduire en raison de l'eau trop chaude, tandis que d'autres, plus thermophiles, peuvent étendre leur aire de répartition. Certaines espèces se sont déplacées le long

du cours d'eau en étendant leur limite supérieure lorsque le déplacement n'était pas contraint par d'autres facteurs comme les seuils ou les barrages. Ces déplacements ont entraîné une modification de la composition des communautés avec pour conséquence une variation de la richesse spécifique et du nombre d'espèces dominantes (Baptist et al. 2014).

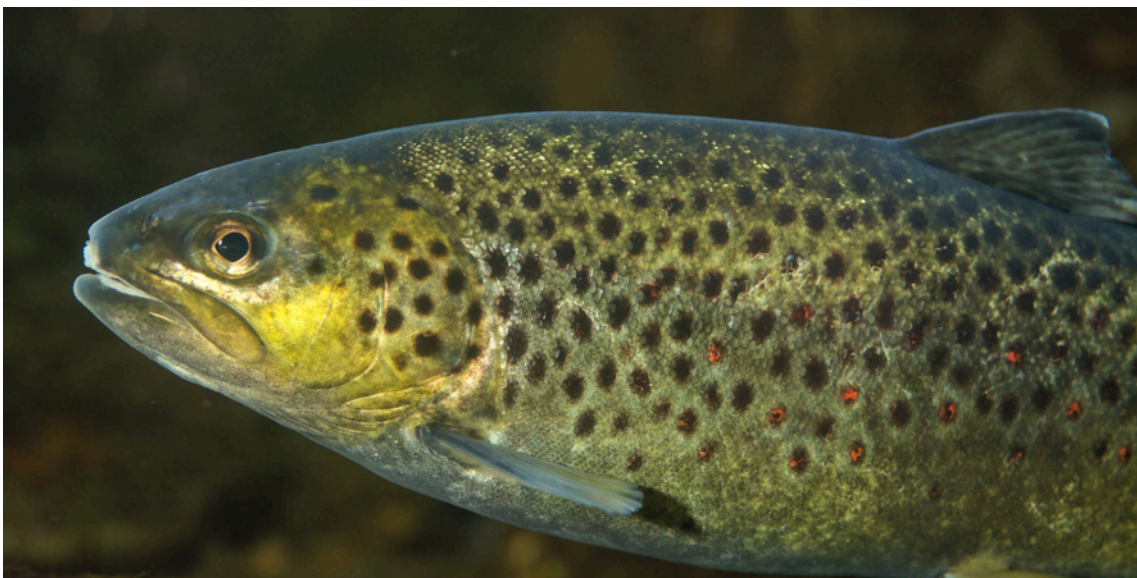
De nombreuses espèces d'eau douce, y compris les poissons, les invertébrés, les amphibiens et les reptiles, sont des ectothermes—incapables d'autoréguler leur température interne et montrant souvent une capacité limitée à éviter la chaleur. La température

tend également à être le facteur environnemental le plus déterminant du sexe chez les poissons, et il est très probable que le réchauffement climatique favorise une plus grande proportion de mâles dans de nombreuses populations (Geffroy et Wedekind 2020). La vulnérabilité des écosystèmes d'eau douce au réchauffement est exacerbée par leurs niveaux disproportionnellement élevés de modification et de dégradation, qui aggravent à la fois leur sensibilité aux changements de température et restreignent leur capacité à s'adapter de manière autonome (Capon et al. 2021).



▲ Espèce d'eaux chaudes : le Goujon (*Gobio gobio*).
© Gilles San Martin

▼ Espèce d'eaux froides ou affinité fraîche : la Truite fario (*Salmo trutta*). © Gilles San Martin



Une espèce phare : l'Anguille européenne

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson particulier par son corps allongé serpentiforme et surtout par son cycle de vie unique. C'est une espèce catadrome : elle vit et grandit en eau douce, mais se reproduit uniquement dans la mer des Sargasses, à des milliers de kilomètres. Ses jeunes traversent l'Atlantique sous forme de petites larves translucides avant de devenir des civelles, puis des anguilles adultes. Elle est nocturne, capable de se déplacer sur sol humide, et joue un rôle important dans les écosystèmes. Aujourd'hui, l'espèce est en danger critique, menacée par la surpêche, les barrages, la pollution et le changement climatique. Elle est très sensible à l'élévation de la température

de l'eau. Une hausse de +2 °C peut réduire la qualité de son habitat pour les stades juvéniles et augmenter la mortalité larvaire. Associée à une diminution des débits estivaux de 10 à 30 %, cette élévation réduit la capacité de dilution des polluants et crée un stress combiné (thermique + chimique) sur les individus migrateurs. Les réservoirs biologiques – tronçons en bon état écologique où cette espèce trouve refuge – deviennent essentiels. Or, ces zones sont menacées par le réchauffement, compromettant la continuité migratoire. Des surmortalités observées lors d'épisodes de chaleur estivale ont déjà été rapportées, en lien avec une différence de température plus élevée (> +2 °C) sur certains affluents de la Seine.



Une Anguille européenne (*Anguilla Anguilla*). © Pepe Brix



Crue de la Seine au Parc départemental du Peuple à Carrières-sous-Poissy, 2018. © Gilles Lecuir

Modification des régimes hydrologiques

La baisse des précipitations estivales et l'augmentation de l'évapotranspiration vont engendrer des épisodes de sécheresse plus fréquents et intenses réduisant les débits des cours d'eau, accentuant les étiages, et provoquant l'assèchement temporaire de certaines zones humides peu profondes. En période de basses eaux prolongées, la concentration en polluants augmente, dégradant la qualité de l'eau et des habitats aquatiques, ce qui affecte notamment les invertébrés aquatiques et les poissons. La biodiversité des zones humides, qui dépend d'un maintien régulier des niveaux d'eau, est également fragilisée (ONERC, 2021).

Les crues printanières peuvent être naturelles, mais leur fréquence, intensité et irrégularité augmentent sous l'effet du changement climatique. Les œufs de poissons fraîchement pondus ou larves émergentes d'Odonates peuvent être emportés par le courant, ensevelis sous les sédiments, déplacés, ou érodés par l'abrasion (forte turbidité, particules en suspension). Cela peut être responsable d'une baisse du taux d'éclosion voire de la perte d'une cohorte entière.

Perturbation des cycles biologiques

Le changement climatique peut également désynchroniser les cycles de reproduction des espèces. Par exemple, des températures anormalement élevées peuvent déclencher trop tôt ou perturber la reproduction des amphibiens et des poissons. Cela affecte la survie des larves et la dynamique des populations (INRAE, 2020) ; les individus peuvent être confrontés lors de la migration à des conditions défavorables en chemin (températures trop élevées, débits trop faibles) ou encore la reproduction peut se désynchroniser de la disponibilité en habitats propices ou en ressources alimentaires. L'ensemble des fonctions vitales des poissons comme le métabolisme, le taux d'ingestion et de digestion, la nage ou encore la reproduction est dépendant des conditions environnementales et notamment de la température de l'eau (Piffady 2010; Baptist et al. 2014). Par exemple, l'étape de maturation sexuelle et de formation des gamètes est généralement déclenchée par un changement de la température à partir duquel les géniteurs commencent à devenir matures (élévation ou baisse, atteinte d'une valeur seuil, phénomènes liés au cycle jour/nuit). Il en est de même pour l'ensemble des étapes de la reproduction (migration, ponte, développement des œufs ; Migaud et al. 2002.



Si la ponte ne coïncide plus avec la disponibilité du phytoplancton en tant que source de nourriture, la survie et la fixation larvaires peuvent être bloquées.

Eutrophisation et pollution diffuse

Les intrants agricoles (azote, phosphore, nitrates), à la fois en quantité et en effets persistants, favorisent l'eutrophisation. Le réchauffement des températures exacerbe ce phénomène via l'ensoleillement et des températures favorables à la prolifération d'algues, qui asphyxient la faune aquatique.

Les pollutions diffuses (métaux lourds, organochlorés, glyphosate...) intoxiquent les amphibiens et les reptiles (peau perméable, bioaccumulation), dégradant nutrition, mobilité et reproduction.

Certains taxons peuvent cependant bénéficier des changements prévus. Les cyanobactéries, par exemple, devraient être favorisées par rapport aux algues eucaryotes sous des températures d'eau plus chaudes et des concentrations de CO₂ plus élevées (Visser et al. 2016). Mais ce sont ces mêmes bactéries qui produisent les toxines responsables de mortalités piscicoles parfois massives (notamment en plan d'eau), ainsi que des intoxications domestiques.



Une autre préoccupation, cependant, est la menace supplémentaire pour les écosystèmes d'eau douce présentée par les réponses humaines au changement climatique. Par exemple, la construction de barrages pour la sécurité de l'eau, répondre à la demande accrue d'eau pour le refroidissement, y compris de nombreuses approches d'atténuation poursuivies pour limiter la hausse de la température mondiale à 1,5° C (par exemple, augmentation de la production d'énergie par le photovoltaïque sur des plans d'eau ou encore plantations de forêts pour la compensation carbone).

En plus des impacts économiques et des risques pour les moyens de subsistance humains, le changement climatique menace également les nombreuses valeurs sociales, culturelles et spirituelles que les gens tirent des écosystèmes d'eau douce, y compris l'appréciation esthétique de l'environnement (Auer 2019).



Phénomènes d'eutrophisation se traduisant par le développement d'algues filamenteuses, sur l'Yerres (77). © Marie Pierre Pinon

Eaux stagnantes

Le changement climatique perturbe l'hivernation (entrée retardée ou réveil trop précoce), notamment chez les amphibiens : les espèces sont actives alors que les ressources alimentaires sont rares, ce qui nécessite une consommation massive des réserves énergétiques des individus, susceptibles de provoquer de manière directe ou retardée une mortalité accrue et du stress physiologique. Plus encore, les reprises d'activité précoces exposent les individus à des gelées tardives qui peuvent occasionner de la destruction directe des adultes et des pontes. L'assec prématuré des mares, lié aux modifications des régimes de pluies et à l'augmentation des températures atmosphériques, empêche le cycle de

reproduction des amphibiens de s'accomplir : les mares se remplissent moins, s'assèchent plus tôt et plus longtemps, ce qui provoque une mortalité directe des larves, désynchronise les cycles de reproduction, et contribue à l'extinction locale d'espèces déjà menacées.

Les sécheresses anticipées assèchent les mares avant la reproduction, compromettant la ponte ; la mortalité embryonnaire peut atteindre 100 % lors d'assèchement prématuré ou exposition aux UV-B. Encore plus que les fleuves et rivières, les petites pièces d'eau stagnantes sont particulièrement sujettes à l'augmentation des températures qui provoque la prolifération d'algues filamenteuses et réduit la disponibilité en oxygène du milieu.



▲ Exemples de diversité de mares.
Mare de plaine à Mauperthuis (77). © Ophélie Ricci

Ponte de Grenouille rousse en forêt de Ferrière (77).
© Lucile Dewulf ▼



Les zones humides

Le changement climatique affecte profondément les zones humides en modifiant le régime des précipitations, les débits des cours d'eau et les niveaux des nappes phréatiques ce qui compromet leur fonctionnement écologique, leur résilience, et leur capacité à rendre les services écosystémiques. Les événements météorologiques extrêmes (pluies violentes notamment) risquent d'engendrer des crues soudaines dépassant la capacité d'absorption des sols saturés ou dégradés, accentuées par les ruissellements qui augmentent. Les zones humides peuvent se retrouver inondées brutalement, puis asséchées rapidement, ce qui diminue leur résilience.

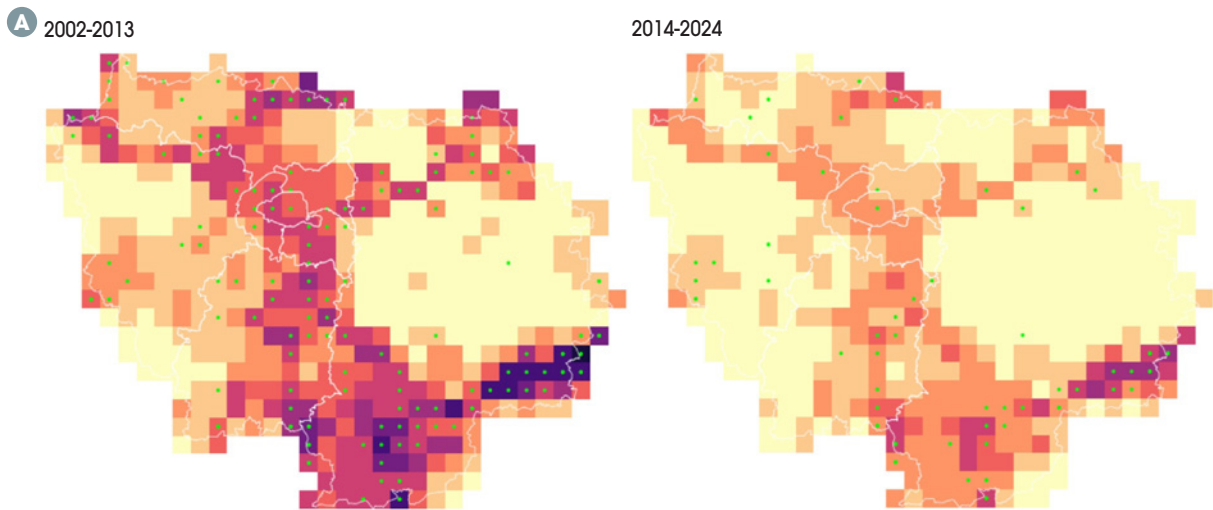
Leur fonction tampon peut être aussi remise en cause par les assecs répétés, la baisse du niveau des nappes phréatiques et les sécheresses chroniques vont conduire à une réduction des surfaces inondables, la perte de connectivité hydraulique avec les cours d'eau associés, ainsi que la dégradation de la qualité des sols et des végétations associées.

Leur capacité épuratoire va s'en trouver diminuée si elles sont saturées ou dégradées, avec moins d'absorption des nutriments (eutrophisation accrue) et moins de filtration des métaux lourds ou polluants (contamination des nappes ou eaux superficielles). Enfin, en cas d'assèchement prolongé, les zones humides peuvent devenir sources de gaz à effet de serre, lors de la minéralisation des matières organiques (émissions de dioxyde de carbone et de méthane).

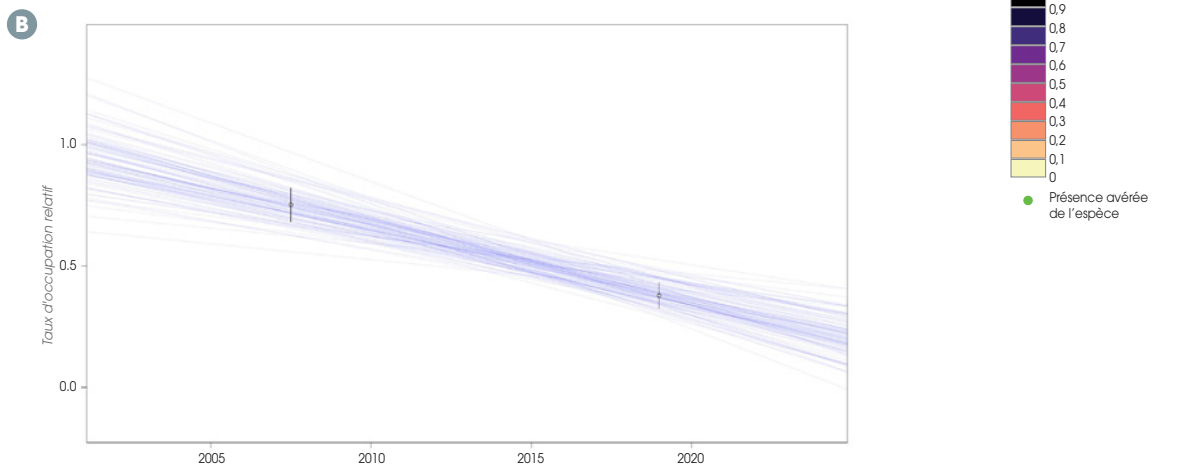
Des espèces liées à des habitats de zones humides beaucoup plus communs comme les prairies hygrophiles ou les mégaphorbiaies semblent aussi en déclin à l'instar du Pigamon jaune (voir page ci-contre). Ces espèces ont pu pâtir directement de l'assèchement de leurs habitats mais il est possible aussi que cet assèchement ait pu permettre des changements de pratiques agricoles comme de la mise en culture détruisant ainsi des habitats de l'espèce.



Mare de platière (77). © Maxime Zucca



Cartes de probabilité de présence pour deux périodes temporelles.



Tendances linéaires entre les taux d'occupation relatifs à chaque période.



Distribution et dynamique temporelle du Pigamon jaune (*Thalictrum flavum*) selon la méthode FRESALCO. C'est une plante vivace de la famille des renoncules qui se développe dans les mégaphorbiaies, les végétations à hautes herbes bordant les grands cours d'eau, mais aussi dans les prairies humides non fauchées régulièrement ou les bords des roselières.

A : cartes de probabilité de présence pour deux périodes temporelles.

B : tendances linéaires entre les taux d'occupation relatifs à chaque période.

C : photographie d'une mégaphorbiaie à Pigamon jaune. © Leslie Ferreira, CBN Bassin parisien



À RETENIR

Les milieux aquatiques et humides, cours d'eau, mares, étangs, marais, tourbières et zones inondables, jouent un rôle écologique majeur. Ils assurent des fonctions essentielles : régulation des eaux (limitation des crues, soutien d'étiage), stockage et infiltration vers les nappes, épuration naturelle via les plantes et sols humides, atténuation des températures, et stockage de carbone dans les tourbières. En Île-de-France, malgré une forte urbanisation, ils couvrent encore environ 4 % du territoire et constituent des réservoirs majeurs de biodiversité, indispensables à de nombreux groupes (poissons, amphibiens, odonates, oiseaux d'eau). Mais ces milieux sont fortement dégradés : plus de la moitié des zones humides ont disparu au ^{xx}e siècle et les mares ont régressé de 90 %. La fragmentation des cours d'eau est particulièrement critique, avec plus de 2300 obstacles rompant la continuité écologique, contribuant à l'effondrement des populations de poissons migrateurs.

Le changement climatique accentue ces pressions. L'évolution future de la ressource en eau reste incertaine, mais les tendances montrent une hausse des débits hivernaux et une baisse estivale, un risque accru de crues et des sécheresses plus

longues. L'augmentation de la température de l'eau réduit l'oxygène disponible et modifie la répartition des espèces : recul des espèces d'eau froide comme la truite, expansion des espèces thermophiles, homogénéisation des communautés. Les perturbations hydrologiques (étiages sévères, assèchements, crues violentes) affectent reproduction, dispersion et survie des poissons, amphibiens et invertébrés. Les zones humides, sensibles à la baisse des nappes et aux épisodes extrêmes, voient diminuer leur capacité de tampon, d'épuration et de stockage du carbone. Elles peuvent même devenir émettrices de gaz à effet de serre en cas d'assèchement prolongé.

Dans les eaux stagnantes, l'augmentation des températures favorise les proliférations d'algues, l'hypoxie et l'échec des cycles de reproduction des amphibiens. Enfin, les pollutions diffuses et certaines réponses humaines au changement climatique (nouveaux barrages, usages de l'eau, installations photovoltaïques) aggravent la fragilité de ces écosystèmes. Globalement, la combinaison pressions humaines + réchauffement rend urgente la protection, la restauration et la reconnexion des milieux aquatiques et humides.



Lunain restauré. © Klaire Houeix



Sculpture d'un insecte « chimère » au Parc du Peuple de l'herbe à Carrières-sous-Poissy. © Marc Barra

ANNEXE MÉTHODOLOGIQUE

DONNÉES ET RESSOURCES MOBILISÉES DANS LA SECTION LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE

Deux bases de données régionales de données naturalistes opportunistes, c'est-à-dire collectées sans que les diverses stratégies d'échantillonnage des collecteurs ou l'intensité de leur collecte ne soient connues, GeoNat'îdF et Lobelia, ont été mobilisées. La première source de données provient de la plateforme régionale du Système d'Information de l'Inventaire du Patrimoine naturel (SINP) francilien, mise en œuvre par l'Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France (ARB îdF) et ses partenaires (<https://geonature.arb-idf.fr/>). Cette base permet d'évaluer les variations temporelles relatives des mentions d'espèces appartenant à des groupes taxonomiques bien connus des naturalistes, tels que les Odonates ou la Mante religieuse. L'analyse repose sur l'hypothèse que les observations de ces groupes sont réalisées sans biais d'orientation particulier et que cette condition est restée constante tout au long de la période étudiée.

Les données opportunistes issues de la base de données Lobelia, conçue et gérée conjointement par le CBN du Bassin Parisien et plusieurs autres Conservatoires Botaniques nationaux (<https://lobelia-cbn.fr/>), ont été exploitées et valorisées afin d'analyser les variations temporelles d'occurrence des espèces (Vallet 2024). La méthode employée, FRESCALO (FREquency SCALing LOcal program), permet de corriger les effets liés à la variabilité spatiale et temporelle de l'effort d'échantillonnage. Elle repose sur la définition, pour chaque maille, d'une liste d'espèces communes de référence déterminée par voisinage. L'effort d'échantillonnage est alors estimé en fonction de la proximité entre les espèces observées et cette liste de référence, les espèces communes étant considérées comme ayant une probabilité très élevée d'être mentionnées.

Les Listes Rouges régionales sur les Odonates, les Orthoptères et apparentés, les Lépidoptères et la Flore vasculaire ont été mobilisées, croisées avec les listes de statuts de protection ou de désignation et les indices thermiques des espèces trouvés dans la littérature scientifique (voir ci-dessous) ou estimés

à l'aide des données disponibles sur le portail du Global Biodiversity Information Facility (GBIF ; <https://www.gbif.org/>) et les données météorologiques proviennent de la base CHELSA (Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas), en particulier la variable bio1 (température moyenne annuelle), disponible via la plateforme Copernicus Climate Data Store (CDS ; <https://cds.climate.copernicus.eu> ; Karger et al. 2017).

Enfin, les programmes de sciences participatives basés sur des protocoles de suivis standardisés de la faune ou de la flore, permettant une exploitation statistique des données sans hypothèses lourdes ont été mis à contribution.

Pour les reptiles, le programme POPReptile, coordonné par la Société Herpétologique de France (SHF) produit les tendances nationales de 2021 à 2024 utilisées dans ce rapport. Il est basé sur des transects répétés chaque année aux mêmes dates et horaires et dans les mêmes conditions.

Le suivi des Lépidoptères diurnes, le STERF (Suivi Temporel des Rhopalocères de France) copiloté par l'Opie et Vigie-Nature et adoptant le même principe, nous a permis d'estimer les variations d'abondance des espèces franciliennes de 2006 à 2019.

Les analyses de communautés des papillons ont été effectuées pour la période 2006-2018, sur les mois de mai, juin, juillet et août, qui correspondent au cœur de la période de suivi par le STERF. Ces choix résultent d'un déficit actuel de données sur la période 2019-2025 (données en cours de saisie). Une série temporelle plus longue nous permettrait d'aboutir à des conclusions plus robustes.

Le Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) copiloté par la LPO et Vigie-Nature, basé sur des points d'écoute répétés chaque printemps aux mêmes endroits et dans les mêmes conditions par des ornithologues bénévoles, a aussi permis d'évaluer les tendances temporelles des espèces communes d'Île-de-France de 2001 à 2024.

Une partie des analyses sur la flore sont issues des suivis effectués dans le cadre de Vigie-Flore, piloté par Vigie-Nature en collaboration avec Tela Botanica et ont permis de fournir des estimations de variations d'abondance pour plus de 250 espèces de flore vasculaire commune de la région de 2009 à 2024.

Ces suivis consistent en des inventaires répétés sur des mailles réparties systématiquement, dix répliquats d'un mètre carré permettant d'obtenir une estimation de l'abondance locale des espèces.

Les données d'invertébrés aquatiques et de poissons proviennent des réseaux de suivi Directive cadre sur l'eau (DCE) ; elles ont été acquises selon des protocoles normalisés (prélèvements des invertébrés en cours d'eau peu profonds, NF T90-333, en cours d'eau profonds, XP T90-337, traitement en labo des échantillons d'invertébrés, NF T90-388 et échantillonnage de poissons à l'électricité, NF T90-383). Les données sont consultables sur le site de diffusion des données sur la qualité des eaux de surface (<https://naiades.eaufrance.fr>) et ont été récupérées pour les départements franciliens en utilisant l'API Hydrobiologie Hubeau (<https://hubeau.eaufrance.fr/page/api-hydrobiologie>).

Les données utilisées pour les chroniques de température de l'eau sont produites par un ensemble d'acteurs (OFB, DREAL, Agences de l'eau, Fédérations de pêche...) puis consolidées et complétées par modélisation dans le cadre du projet de recherche Thermie en rivière (TIGRE : <https://thermie-rivieres.inrae.fr>). **IMPORTANT** : aucune de ces bases de données n'existerait sans la contribution de naturalistes bénévoles partageant leurs observations et se pliant aux protocoles permettant d'obtenir des données standardisées. Qu'ils soient, à nouveau, toutes et tous remerciés.

Définition des traits écologiques des espèces

Pour nos analyses, nous avons utilisé plusieurs indices écologiques permettant d'étudier la relation entre la dynamique des populations d'espèces et les conditions climatiques.

Le *Species Thermal Index* (STI) correspond à la température moyenne des zones géographiques où une espèce est présente. Il est calculé à partir des températures observées sur l'ensemble de l'aire d'occurrence de l'espèce et traduit ainsi sa préférence thermique moyenne.

À partir des STI de l'ensemble des espèces d'un site ou d'un relevé, nous avons pu calculer des *Community Thermal Index* (CTI), qui représentent la moyenne des préférences thermiques des espèces d'une communauté. Cet indice permet d'évaluer si les assemblages d'espèces tendent à se composer d'espèces plus thermophiles (affines aux températures élevées) ou au contraire plus froides, au fil du temps.

Pour les papillons de jour, les STI ont été tirés de (Schweiger et al. 2014) et de (Termaat et al. 2019) pour les Odonates. Enfin, concernant les Orthoptères les STI ont été calculés pour l'exercice.

Pour la flore, nous avons également utilisé l'indicateur *Ecological Indicator Values for Europe* – température (EIVET), qui attribue à chaque espèce une valeur indicative de sa tolérance et de sa préférence thermique, basée sur des données écologiques et biogéographiques européennes.

De la STI au CTI : Démarche de calcul

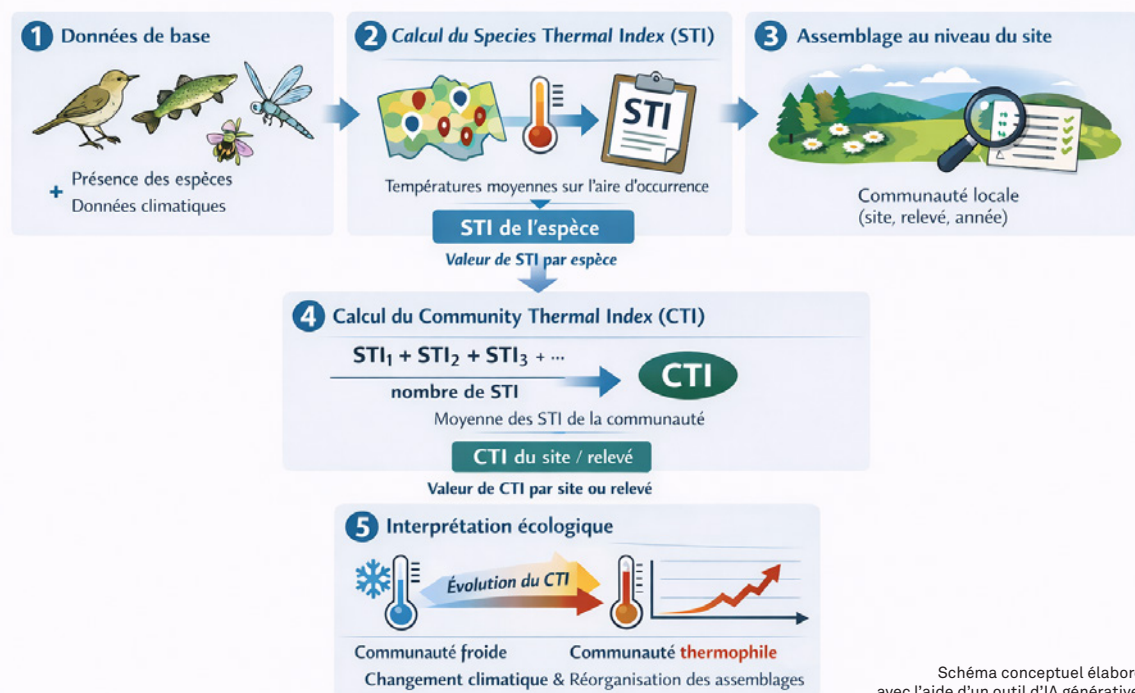


Schéma conceptuel élaboré avec l'aide d'un outil d'IA générative.

Ces indices comportent plusieurs limites méthodologiques, dont la plus notable est qu'ils n'intègrent pas la variabilité intraspécifique des niches thermiques. En d'autres termes, les populations d'une même espèce peuvent présenter des différences d'affinités thermiques en fonction des conditions locales ou de leur histoire biogéographique. Ainsi, un individu d'une espèce donnée situé en Finlande n'aura pas nécessairement les mêmes exigences thermiques qu'un congénère présent en Île-de-France, en raison de processus d'adaptation locale ou de plasticité phénotypique. L'utilisation d'une valeur moyenne calculée sur l'ensemble de l'aire de répartition tend à lisser cette hétérogénéité, mais cette approche reste partiellement représentative pour les populations en marge de distribution, notamment aux limites septentrionales ou méridionales de leur aire, où les contraintes environnementales peuvent différer sensiblement de la moyenne globale. Les données sur la tolérance (ou préférences) thermique des macroinvertébrés et poissons sont celles utilisées par les outils diagnostiques correspondant aux compartiments des invertébrés (Mondy et Usseglio-Polatera 2013) et des poissons (Dézerald et al. 2020).

La tolérance thermique des macroinvertébrés est décrite au moyen de trois modalités : affinité fraîche (<15 °C), tempérée et chaude (>15 °C), chaque taxon se voit attribuer un score d'affinité entre 0 et 1 pour chaque modalité de sorte que le total par taxon soit égal à 1.

La tolérance thermique des poissons est décrite au moyen de cinq modalités : inférieur ou égal à 20 °C, inférieur à 24 °C, inférieur à 25 °C, inférieur à 26 °C et supérieur ou égal à 27 °C. Afin de simplifier les analyses et d'harmoniser les deux groupes taxonomiques, ces modalités ont été regroupées de la manière suivante : affinité fraîche (inférieur ou égal à 20 °C), tempérée (inférieur à 24, 25 et 26 °C) et chaude (supérieur ou égal à 27 °C). À la différence du codage utilisé par les macroinvertébrés, chaque taxon se voit attribuer une unique modalité avec un score d'affinité de 1. Parmi les taxons représentés dans les chroniques de prélèvements, 18 taxons invertébrés sur 247 n'ont pas de tolérance thermique renseignée alors que pour les poissons, ce sont 25 taxons sur 53 qui n'ont pas d'informations sur leur tolérance thermique dans la base de données utilisée.



Ce petit collembole (*Dicyrtomina ornata*) est très fréquent dans la litière forestière. Contrairement à de nombreux invertébrés, les adultes sont principalement observables d'octobre à avril. Il est probable que les épisodes de sécheresse et l'augmentation des températures aient des effets non négligeables sur ses populations, encore largement méconnus. © Hemminki Johan

BIBLIOGRAPHIE

- A**
- Agreste. 2020. « Recensement agricole, résultats pour 2020 ».
 - Agyekum, Thomas P., Paul K. Botwe, John Arko-Mensah, et al. 2021. « A Systematic Review of the Effects of Temperature on Anopheles Mosquito Development and Survival: Implications for Malaria Control in a Future Warmer Climate ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(14):7255. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147255>.
 - Anderson, Elsa C., et Emily S. Minor. 2017. « Vacant Lots: An Underexplored Resource for Ecological and Social Benefits in Cities ». *Urban Forestry & Urban Greening* 21 (janvier): 146-52. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.015>.
 - Aronson, Myla F. J., Frank A. La Sorte, Charles H. Nilon, et al. 2014. « A Global Analysis of the Impacts of Urbanization on Bird and Plant Diversity Reveals Key Anthropogenic Drivers ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281 (1780): 20133330. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>.
 - Auer, Matthew R. 2019. « Environmental Aesthetics in the Age of Climate Change ». *Sustainability* 11 (18): 5001. <https://doi.org/10.3390/su11185001>.
 - Auvert, Sophie, Sébastien Filoche, Maëlle Rambaud, Anne Beylot, et Frédéric Hendoux. 2011. *Liste rouge régionale de la flore vasculaire d'Île-de-France. Conservatoire botanique national du Bassin parisien/Natureparif*. https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/ressources/telechargements/liste_rouge_regionale_flore_vasculaire_idf.pdf.
- B**
- Baptist, Florence, Nicolas Poulet, et Nirmala (coordinateurs) Séon-Massin. 2014. *Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique : état des lieux et pistes pour l'adaptation*. Collection Comprendre pour agir. Onema.
 - Barnosky, Anthony D., Nicholas Matzke, Susumu Tomiya, et al. 2011. « Has the Earth's Sixth Mass Extinction Already Arrived? » *Nature* 471 (7336): 51-57. <https://doi.org/10.1038/nature09678>.
 - Bar-On, Yinon M., Xiaojun Li, Michael O'Sullivan, et al. 2025. « Recent Gains in Global Terrestrial Carbon Stocks Are Mostly Stored in Nonliving Pools ». *Science* 387 (6740): 1291-95. <https://doi.org/10.1126/science.adk1637>.
 - Battisti, Andrea, Michael Stastny, Sigrid Netherer, et al. 2005. « Expansion of Geographic Range in the Pine Processionary moth caused by increased Winter Temperatures ». *Ecological Applications* 15 (6): 2084-96. <https://doi.org/10.1890/04-1903>.
 - *Bending the Curve of Biodiversity Loss*. 2020. Living Planet Report 2020. WWF.
 - Bénet Jean, Delaville Damien, Gobled Laurie. 2026. *Nouveau MOS 2025 : l'Île-de-France s'ancre dans sa trajectoire ZAN*. Note rapide N° 1049. L'Institut Paris Region.
 - Beninde, Joscha, Michael Veith, et Axel Hochkirch. 2015. « Biodiversity in Cities Needs Space: A Meta-analysis of Factors Determining Intra-urban Biodiversity Variation ». *Ecology Letters* 18 (6): 581-92. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>.
 - Bertelsmeier, Cleo, Amaury Avril, Olivier Blight, Hervé Jourdan, et Franck Courchamp. 2015. « Discovery–Dominance Trade-off among Widespread Invasive Ant Species ». *Ecology and Evolution* 5 (13): 2673-83. <https://doi.org/10.1002/ece3.1542>.
 - Blight, Olivier, Theophile Thomas, Hervé Jourdan, Jean-Yves Bichaton, Laurent Colindre, et Christophe Galkowski. 2023. « Extent and early impacts of France's first established population of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* ». Prépublication, In Review, novembre 14. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3587517/v1>.
 - Bonizzoni, Mariangela, Giuliano Gasperi, Xioanguang Chen, et Anthony A. James. 2013. « The Invasive Mosquito Species *Aedes Albopictus*: Current Knowledge and Future Perspectives ». *Trends in Parasitology* 29 (9): 460-68. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.07.003>.
 - Bonthoux, Sébastien, Marion Brun, Francesca Di Pietro, Sabine Greulich, et Sabine Bouché-Pillon. 2014. « How Can Wastelands Promote Biodiversity in Cities? A Review ». *Landscape and Urban Planning* 132 (décembre): 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.08.010>.
 - Brás, Teresa Armada, Júlia Seixas, Nuno Carvalho, et Jonas Jägermeyr. 2021. « Severity of drought and heatwave crop losses tripled over the last five decades in Europe ». *Environmental Research Letters* 16 (6): 065012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf004>.
 - Burns, Fiona, Mark A. Eaton, Ian J. Burfield, et al. 2021. « Abundance Decline in the Avifauna of the European Union Reveals Cross-Continental

Similarities in Biodiversity Change ». *Ecology and Evolution* 11 (23): 16647-60. <https://doi.org/10.1002/ece3.8282>.

- C**
- Calvin, Katherine, Dipak Dasgupta, Gerhard Krinner, et al. 2023. IPCC, 2023: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. First*. Avec Hoesung Lee. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
 - Capon, Samantha J., Ben Stewart-Koster, et Stuart E. Bunn. 2021. « Future of Freshwater Ecosystems in a 1.5°C Warmer World ». *Frontiers in Environmental Science* 9 (novembre): 784642. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.784642>.
 - Ceballos, Gerardo, Paul R. Ehrlich, Anthony D. Barnosky, Andrés García, Robert M. Pringle, et Todd M. Palmer. 2015. « Accelerated Modern Human-Induced Species Losses: Entering the Sixth Mass Extinction ». *Science Advances* 1 (5): e1400253. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>.
 - Chuine, Isabelle, Philippe Ciais, Wolfgang Cramer, et Jacques Laskar. 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 ». Académie des sciences, Institut de France, juin. <https://www.academie-sciences.fr/les-forets-francaises-face-au-changement-climatique>.
 - Citepa. 2023. *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France de 1990 à 2021*.
 - CNPF. 2023. *Schéma régional de gestion sylvicole Île-de-France*. Centre National de la Propriété Forestière.
 - CNRM. 2022. « Les modèles de prévision météo à haute résolution au service de la modélisation climatique de grande échelle ».
 - Cordeau, Erwan, Sandra Garrigou, et Gabrielle Huart. 2022. *Vulnérabilités de l'Île-de-France aux effets du changement climatique: que sait-on, que pressent-on ?* Avec L'Institut Paris Region. L'Institut Paris région.
 - Cosson, E., et E. Germain de Saint-Pierre. 1845. *Flore descriptive et analytique des environs de Paris ou Description des plantes qui croissent spontanément dans cette région, et de celles qui y sont généralement cultivées, accompagnée de tableaux analytiques des familles, des genres et des espèces et d'une carte des environs de Paris, ouvrage faisant suite à la partie botanique du cours d'histoire naturelle de MM. A. de Jussieu, Milne-Edwards et Beudant*. Fortin, Masson et Cie libraires. Paris, France.
- D**
- Couper, Lisa I., Tristram O. Dodge, James A. Hemker, et al. 2025. « Evolutionary Adaptation under Climate Change: Aedes Sp. Demonstrates Potential to Adapt to Warming ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 122 (2): e2418199122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2418199122>.
 - Deguines, Nicolas, Romain Julliard, Mathieu De Flores, et Colin Fontaine. 2016. « Functional Homogenization of Flower Visitor Communities with Urbanization ». *Ecology and Evolution* 6 (7): 1967-76. <https://doi.org/10.1002/ece3.2009>.
 - Dewulf, Lucile. 2018. *Réactualisation de la Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs d'Île-de-France. Dossier de synthèse pour l'obtention du label de l'UICN France et de la validation du CSRPN*. Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France. https://www.arb-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/ARB/Publications/synthese_validation_csrpn.pdf.
 - Dewulf, Lucile, et Xavier Houard. 2016. *Liste rouge régionale des Rhopalocères et Zygènes d'Île-de-France*. Office pour les insectes et leur environnement – Association des Lépidoptéristes de France.
 - Douillard, Amandine. 2025. « Identification acoustique de *Rhacocleis annulata* Fieber, 1853 (Orthoptera : Tettigoniidae, Tettigoniinae) en Île-de-France, et état des lieux de sa situation en France ».
 - Du Bus de Warnaffe, Gaëtan. 2023. *Pour une gestion écologique des forêts: récolter du bois dans une forêt vivante*. Techniques de pro. Terre vivante.
- E**
- Ecofor, éd. 2023. *Coupes rases et renouvellement des peuplements forestiers en contexte de changement climatique: expertise collective CRREF synthèse de l'expertise, juin 2023*. Réseau mixte technologique pour l'adaptation des forêts au changement climatique.
 - Esperon-Rodriguez, Manuel, Mark G. Tjoelker, Jonathan Lenoir, et al. 2022. « Climate Change Increases Global Risk to Urban Forests ». *Nature Climate Change* 12 (10): 950-55. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01465-8>.
 - European Environment Agency. 2020. *State*

- of Nature in the EU: Results from Reporting under the Nature Directives 2013 2018*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/705440>.
- F**
- Field, C.B., V.R Barros, D.J Dokken, et al. 2014. *Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Organisation météorologique mondiale GIEC.
 - Filazzola, Alessandro, Marc T. J. Johnson, Kimberly Barrett, et al. 2024. « The Great Urban Shift: Climate Change Is Predicted to Drive Mass Species Turnover in Cities ». *PLOS ONE* 19 (3): e0299217. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299217>.
 - Filoche, S. 2014. « Mise à jour de la Liste rouge de la Flore vasculaire de l'Île-de-France ». [https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/ressources/telechargements/Liste rouge flore IDF 2014.pdf](https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/ressources/telechargements/Liste%20rouge%20flore%20IDF%202014.pdf).
 - Foucaud, Julien, Olivier Rey, Stéphanie Robert, et al. 2013. « Thermotolerance Adaptation to Human-modified Habitats Occurs in the Native Range of the Invasive Ant *Wasmannia Auropunctata* before Long-distance Dispersal ». *Evolutionary Applications* 6 (4): 721-34. <https://doi.org/10.1111/eva.12058>.
- G**
- Geffroy, Benjamin, et Claus Wedekind. 2020. « Effects of Global Warming on Sex Ratios in Fishes ». *Journal of Fish Biology* 97 (3): 596-606. <https://doi.org/10.1111/jfb.14429>.
 - Gérard, Maxence, Maryse Vanderplanck, Thomas Wood, et Denis Michez. 2020. « Global Warming and Plant–Pollinator Mismatches ». *Emerging Topics in Life Sciences* 4 (1): 77-86. <https://doi.org/10.1042/ETLS20190139>.
 - Grand, D., et J.-P. Boudot. 2006. *Les libellules de France, Belgique et Luxembourg*. Biotope. Collection Parthénope. Mèze.
 - GREC francilien. 2025. « GREC francilien dans le webinaire "quels futurs du climat pour l'Île-de-France ?" »
 - Groffman, Peter M, Jeannine Cavender-Bares, Neil D Bettez, et al. 2014. « Ecological Homogenization of Urban USA ». *Frontiers in Ecology and the Environment* 12 (1): 74-81. <https://doi.org/10.1890/120374>.
- H**
- Hallmann, Caspar A., Martin Sorg, Eelke Jongejans, et al. 2017. « More than 75 Percent Decline over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas ». *PLOS ONE* 12 (10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>.
 - Hartley, Stephen, Richard Harris, et Philip J. Lester. 2006. « Quantifying Uncertainty in the Potential Distribution of an Invasive Species: Climate and the Argentine Ant ». *Ecology Letters* 9 (9): 1068-79. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00954.x>.
 - Hezberg, N. 2022. *Le grand hamster d'Alsace, une espèce sous perfusion*. Le Monde Édition. Le Monde Édition.
 - Hoban, Sean, Michael W. Bruford, Jessica M. Da Silva, et al. 2023. « Genetic Diversity Goals and Targets Have Improved, but Remain Insufficient for Clear Implementation of the Post-2020 Global Biodiversity Framework ». *Conservation Genetics* 24 (2): 181-91. <https://doi.org/10.1007/s10592-022-01492-0>.
 - Holway, David A., Lori Lach, Andrew V. Suarez, Neil D. Tsutsui, et Ted J. Case. 2002. « The Causes and Consequences of Ant Invasions ». *Annual Review of Ecology and Systematics* 33 (1): 181-233. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150444>.
 - Houeix, Klaire, et Hemminki Johan. 2022. « Évaluation des poissons d'Île-de-France pour l'élaboration d'une Liste Rouge Régionale - Dossier de synthèse pour l'obtention du label de l'UICN France et la validation du CSRPN. Période d'évaluation 1990-2020 ». *Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France - Union des Fédérations de pêche et de protection du milieu aquatique du Bassin Seine Normandie*, 20.
 - Hull, A. 1997. « The pond life project : a model for conservation and sustainability ». *J. Boothby, British Pond Landscape, Proceedings from the UK Conference of the Pond Life Project, Pond Life Project, Liverpool*, 101-9.
- I**
- IGN. 2023. « Observatoire des forêts françaises ». <https://observatoire.foret.gouv.fr/mon-territoire?territoireCode=44&territoireLevel=RAD13&compareCode=France&compareLevel=FRA>.
 - IGN. 2024. « Inventaire Forestier ». <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique127>.
 - IPBES. 2019. *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.
 - IPBES, Eduardo Brondizio, Sandra Diaz, Josef

- Settele, et Hien T. Ngo. 2019. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Version 1. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3831673>.
- J**
- Jane, Stephen F., Gretchen J. A. Hansen, Benjamin M. Kraemer, et al. 2021. « Widespread Deoxygenation of Temperate Lakes ». *Nature* 594 (7861): 66-70. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03550-y>.
 - Johan, Hemminki, Frédéric Arnaboldi, Arnaud Bak, et al. 2023. *Liste rouge régionale des amphibiens et reptiles d'Île-de-France*. Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France. L'Institut Paris Region.
- K**
- Kerr, Jeremy T., Susan C. C. Gordon, I-Ching Chen, et al. 2025. « Effects of Microclimate Variation on Insect Persistence under Global Change ». *Nature Reviews Biodiversity* 1 (8): 532-42. <https://doi.org/10.1038/s44358-025-00067-4>.
 - Kovacshazy, Marie-Christine. 1994. *Les zones humides: rapport de l'instance d'évaluation, septembre 1994*. Avec France et France. La Documentation française.
 - Krug, Katarina, Amandine Cochet, Lucie Fournier, et Clémentine Calba. 2025. *Bulletin. Bilan de la surveillance de la dengue, du chikungunya et du Zika en France hexagonale en 2024*. Saint-Maurice : Santé publique France.
- L**
- Lavorel, Sandra, Anita Bayer, Alberte Bondeau, et al. 2017. « Pathways to Bridge the Biophysical Realism Gap in Ecosystem Services Mapping Approaches ». *Ecological Indicators* 74 (mars): 241-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.015>.
 - Li, Guancheng, Lijing Cheng, Jiang Zhu, Kevin E. Trenberth, Michael E. Mann, et John P. Abraham. 2020. « Increasing Ocean Stratification over the Past Half-Century ». *Nature Climate Change* 10 (12): 1116-23. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00918-2>.
 - Li, S., J.J. Daudin, D. Piou, C. Robinet, et H. Jactel. 2015. « Periodicity and Synchrony of Pine Processionary Moth Outbreaks in France ». *Forest Ecology and Management* 354 (octobre): 309-17. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.023>.
 - L'Institut Paris Region, et Collab. 2022. *L'environnement en Île-de-France*.
- Loïs, Grégoire, Jean-François Julien, et Lucile Dewulf. 2017. *Liste rouge régionale des chauves-souris d'Île-de-France*. Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France. https://www.arb-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/ARB/Publications/natureparif_liste_rouge_chirop-teres-_web_pages.pdf.
 - Loisel, J., A. V. Gallego-Sala, M. J. Amesbury, et al. 2021. « Expert Assessment of Future Vulnerability of the Global Peatland Carbon Sink ». *Nature Climate Change* 11 (1): 70-77. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00944-0>.
 - López-Collar, Diego, Francisco J. Cabrerro-Sañudo, et Diego Gil-Tapetado. 2025. « The Urban Island: Climatic Suitability of Linepithema Humile (Hymenoptera: Formicidae) and the Role of Cities in the Invasion of the Western Palearctic ». *Integrative Zoology* 20 (6): 1169-84. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12903>.
- M**
- Machon, Nathalie, Francesca Di Pietro, Valérie Bertaudière-Montès, Laure Carassou, et Serge Muller. 2025. *Écologie urbaine. Connaissances, enjeux et défis de la biodiversité en ville*. Éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4132-3>.
 - Mallard, F, F. Goeffroy, L. Arduino, et al. 2023. *Programme recherche-action Les oasis du climat et de la biodiversité - Anticiper et intégrer le changement climatique dans la protection, la restauration et la création de réseaux de mares et petites zones humides : Mise en place de la démarche sur le secteur d'étude pilote la région Ile-de-France*. Société Nationale de Protection de la Nature.
 - Martin, Lindsay E., Tania Y. Estévez-Lao, Tobias C. McCabe, et Julián F. Hillyer. 2025. « Warmer temperature accelerates reproductive senescence in mosquitoes ». *Frontiers in Physiology* 16 (juillet): 1610310. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1610310>.
 - Martin, Lindsay E., et Julián F. Hillyer. 2024. « Higher Temperature Accelerates the Aging-Dependent Weakening of the Melanization Immune Response in Mosquitoes ». *PLOS Pathogens* 20 (1): e1011935. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011935>.
 - Matteson, K. C., J. B. Grace, et E. S. Minor. 2013. « Direct and Indirect Effects of Land Use on Floral Resources and Flower-visiting Insects across an Urban Landscape ». *Oikos* 122 (5): 682-94. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2012.20229.x>.
 - McDonald, Robert I., Myla F. J. Aronson, Timothy Beatley, et al. 2023. « Denser and Greener Cities: Green Interventions to Achieve Both Urban Den-

- sity and Nature ». *People and Nature* 5(1):84-102. <https://doi.org/10.1002/pan3.10423>.
- McKinney, Michael L. 2006. « Urbanization as a Major Cause of Biotic Homogenization ». *Biological Conservation* 127 (3): 247-60. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>.
 - Médail, Frédéric. 2003. « Livre blanc sur la protection des forêts naturelles en France ; forêts métropolitaines, Daniel Vallauri (coord.) Editions Tec & Doc, Paris (2003) ». *Ecologia Mediterranea* 29 (2): 261-62.
 - Messenger, Mathis Loïc, Hervé Pella, et Thibault Datry. 2024. « Inconsistent Regulatory Mapping Quietly Threatens Rivers and Streams ». *Environmental Science & Technology* 58 (39): 17201-14. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c01859>.
 - Migaud, Herve, Pascal Fontaine, Isdy Sulisty, Patrick Kestemont, et Jean-Noël Gardeur. 2002. « Induction of Out-of-Season Spawning in Eurasian Perch *Perca fluviatilis*: Effects of Rates of Cooling and Cooling Durations on Female Gametogenesis and Spawning ». *Aquaculture* 205 (3-4): 253-67. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00675-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00675-5).
 - Morelli, Federico, Jiri Reif, Mario Díaz, et al. 2024. « Dense City Centers Support Less Evolutionary Unique Bird Communities than Sparser Urban Areas ». *iScience* 27 (2): 108945. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108945>.
 - Mseti, Jilly Jackson, Masudi Suleiman Maasayi, Aidi Galus Lugenge, et al. 2024. « Temperature, Mosquito Feeding Status and Mosquito Density Influence the Measured Bio-Efficacy of Insecticide-Treated Nets in Cone Assays ». *Parasites & Vectors* 17 (1): 159. <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06210-y>.
 - Muratet, Audrey. 2014. *Les friches urbaines, des espaces à fortes valeurs patrimoniale et écologique - Caractéristiques des friches urbaines sur le territoire de Plaine Commune*. Conseil général de la Seine-Saint-Denis - Direction de la nature des paysages et de la biodiversité.
 - Muratet, Audrey, Myr Muratet, Marie Pellaton, et al. 2021. « Wasteland, a Refuge for Biodiversity, for Humanity ». In *Urban Wastelands*, édité par Francesca Di Pietro et Amélie Robert. Cities and Nature. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74882-1_5.
- N**
- Nilon, Charles H., et Myla F.J. Aronson. 2023. *Routledge Handbook of Urban Biodiversity*. 1^{re} éd. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003016120>.
 - Nivet, Cécile, Ingrid Bonhême, et Jean-Luc Peyron. 2012. *Les indicateurs de biodiversité forestière: synthèse des réflexions issues du programme de recherche Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques*. Avec France. Ecofor-Écosystèmes forestiers ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.
- O**
- OCDE. 2025. *Adapter l'Île-de-France aux risques de raréfaction de l'eau*. Éditions OCDE. <https://doi.org/10.1787/270e92ac-fr>.
 - OPIE. 2025. *Résultats provisoires pour l'actualisation de la Liste rouge régionale des Odonates d'Île-de-France*. Paris.
- P**
- Pamela D., McElwee, Paula A. Harrison, Tiff L. van Huysen, et al. 2024. *IPBES Nexus Assessment: Summary for Policymakers*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13850289>.
 - Pescott, O.L., P.A. Stroh, T.A. Humphrey, et K.J. Walker. 2022. « Simple Methods for Improving the Communication of Uncertainty in Species' Temporal Trends ». *Ecological Indicators* 141 (août): 109117. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2022.109117>.
 - Piedallu, Christian. 2025. « Impact du changement climatique sur les forêts. Partie 1 : État des lieux et conséquences ». *Revue forestière française* 75 (4): 289-305. <https://doi.org/10.20870/revforfr.2024.8422>.
 - Piffady, Jérémy. 2010. « Etude des réponses des assemblages de poissons aux variations de l'environnement par modélisation hiérarchique bayésienne: Application aux juvéniles de cyprinidés du Haut-Rhône ». AgroParisTech.
 - Pilling, Dafydd, et Julie Bélanger. 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Avec Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture.
 - Pörtner, Hans-Otto, Robert J. Scholes, John Agard, et al. 2021. *IPBES-IPCC Co-Sponsored Workshop Report on Biodiversity and Climate Change*. Version 2. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4782538>.
 - Potts, Simon G. 2016. *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production: Summary for Policymakers*. Avec Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca, Hien T. Ngo, Jacobus C. Biesmeijer, et al. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

- Q**
- Quintero, Ignacio, et John J. Wiens. 2013. « Rates of Projected Climate Change Dramatically Exceed Past Rates of Climatic Niche Evolution among Vertebrate Species ». *Ecology Letters* 16 (8): 1095-103. <https://doi.org/10.1111/ele.12144>.
 - Rigal, Stanislas, Vasilis Dakos, Hany Alonso, et al. 2023. « Farmland Practices Are Driving Bird Population Decline across Europe ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 120 (21): e2216573120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>.
- R**
- Rivière, Agnès, Daphné Ladet, William Thomas, Guillaume Le Breton, Agnès Ducharne, et Ludovic Oudin. 2021. Projections des températures de l'eau de la Seine à Paris à l'horizon 2100.
 - Rocchia, Emanuel, Massimiliano Luppi, Federica Paradiso, et al. 2022. « Distribution Drivers of the Alien Butterfly Geranium Bronze (*Cacyreus Marshalli*) in an Alpine Protected Area and Indications for an Effective Management ». *Biology* 11 (4): 563. <https://doi.org/10.3390/biology11040563>.
 - Rochat, E, S Manel, M Deschamps-Cottin, I Widmer, et S Joost. 2017. « Persistence of Butterfly Populations in Fragmented Habitats along Urban Density Gradients: Motility Helps ». *Heredity* 119 (5): 328-38. <https://doi.org/10.1038/hdy.2017.40>.
 - Roques, Alain, éd. 2015. *Processionary Moths and Climate Change : An Update*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9340-7>.
 - Ryan, Sadie J., Colin J. Carlson, Erin A. Mordecai, et Leah R. Johnson. 2019. « Global Expansion and Redistribution of Aedes-Borne Virus Transmission Risk with Climate Change ». *PLOS Neglected Tropical Diseases* 13 (3): e0007213. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007213>.
- S**
- Sánchez-Bayo, Francisco, et Kris A.G. Wyckhuys. 2019. « Worldwide Decline of the Entomofauna: A Review of Its Drivers ». *Biological Conservation* 232 (avril): 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
 - Sante.gouv.fr. 2025. « Cartes de présence du moustique tigre (*Aedes albopictus*) en France métropolitaine ». Ministère du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles. <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/article/cartes-de-presence-du-moustique-tigre-aedes-albopictus-en-france-metropolitaine>.
- T**
- Scherer, Laura, Hidde A. Boom, Valerio Barbarossa, et Peter M. Van Bodegom. 2023. « Climate Change Threats to the Global Functional Diversity of Freshwater Fish ». *Global Change Biology* 29 (13): 3781-93. <https://doi.org/10.1111/gcb.16723>.
 - Skrzyniarz, M. 2023. « Programme de conservation du Sonneur à ventre jaune en Normandie ». URCPPIE Normandie.
 - Soubelet, H. 2022. « Villes et biodiversité, amies ou ennemies ? » *La Dépêche Technique*, n° 200 (décembre): 17-21.
 - Soubelet, H., A. Delavaud, R. Goffaux, S. Voirin, et M. Bérel. 2023. « Biodiversité et changement climatique : Impacts sur la biodiversité, les écosystèmes français et les services écosystémiques. Recommandations pour l'adaptation de la biodiversité ». *Fondation pour la recherche sur la biodiversité*, Synthèse de connaissances, 97.
 - Soubeyroux, Jean-Michel, Brigitte Dubuisson, Sébastien Bernus, et al. 2024. *À quel Climat s'adapter en France selon la TRACC ?* Direction de la Climatologie et des Services Climatiques, Centre National de Recherche Météorologique.
 - Spotswood, Erica N, Erin E Beller, Robin Grosinger, J Letitia Grenier, Nicole E Heller, et Myla F J Aronson. 2021. « The Biological Deserts Fallacy: Cities in Their Landscapes Contribute More than We Think to Regional Biodiversity ». *BioScience* 71 (2): 148-60. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa155>.
 - Stanford, Bronwen, Kelly Ikyanan, Robin Grosinger, et al. 2023. « Making Nature's City: An Applied Science Framework to Guide Evaluation and Planning for Urban Biodiversity Conservation ». In *Urban Biodiversity and Equity*, 1^{re} éd., édité par Max Lambert et Christopher Schell. Oxford University Press Oxford. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198877271.003.0014>.
 - Sumasgutner, Petra, Susan J. Cunningham, Arne Hegemann, et al. 2023. « Interactive Effects of Rising Temperatures and Urbanisation on Birds across Different Climate Zones: A Mechanistic Perspective ». *Global Change Biology* 29 (9): 2399-420. <https://doi.org/10.1111/gcb.16645>.
 - Thomas, Chris D., Alison Cameron, Rhys E. Green, et al. 2004. « Extinction Risk from Climate Change ». *Nature* 427 (6970): 145-48. <https://doi.org/10.1038/nature02121>.
 - Tratalos, Jamie, Richard A. Fuller, Karl L. Evans, et al. 2007. « Bird Densities Are Associated with Household Densities ». *Global Change Biology* 13 (8): 1685-95. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01390.x>.

- Trochet, Audrey, Florèn Hugon, Anne Lombardi, et Aurélien Besnard. 2024. *Suivi des reptiles en France métropolitaine : rapport annuel 2023*. Société herpétologique de France. <https://doi.org/10.48716/POPR2023>.
 - Tsouvalis, Judith. 2006. « Deforesting the Earth: From Prehistory to Global Crisis by Michael Williams ». *The Geographical Journal* 172 (2): 173-76. https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2006.201_3.x.
- U**
- UICN. 2022. *The IUCN Red List of Threatened Species Version 2022-2*. <https://www.iucnredlist.org>.
 - UICN France. 2013. « Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.1 : les écosystèmes forestiers ». UICN, Paris, France, mai. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2013/07/UICN_-_Panorama-espace_forestier-2.pdf.
 - UICN France. 2018. « Guide pratique pour la réalisation de Listes rouges régionales des espèces menacées - Méthodologie de l'UICN & démarche d'élaboration ». <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/04/guide-pratique-listes-rouges-regionales-especes-menacees.pdf>.
- V**
- Vallet, J., M. Rambaud, S. Filoche, et F. Hendoux. 2016. *Fiche indicateur CBNBP-Indic003-IdF : Portrait de la flore en milieu urbain*. Conservatoire botanique national du Bassin parisien.
 - Vautard, R., F. Habets, A. Jézéquel, N. Blanc, et N. de Noblet. 2022. *Les extrêmes climatiques et les risques associés au changement climatique. Synthèse de connaissances*. Groupe régional d'expertise sur le changement climatique et la transition écologique en Île-de-France.
 - Vega, Kevin A., et Christoph Küffer. 2021. « Promoting Wildflower Biodiversity in Dense and Green Cities: The Important Role of Small Vegetation Patches ». *Urban Forestry & Urban Greening* 62 (juillet): 127165. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127165>.
 - Vergnes, Alan, Vincent Pellissier, Guy Lempereire, Christine Rollard, et Philippe Clergeau. 2014. « Urban Densification Causes the Decline of Ground-Dwelling Arthropods ». *Biodiversity and Conservation* 23 (8): 1859-77. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0689-3>.
 - Visser, Petra M., Jolanda M.H. Verspagen, Giovanni Sandrini, et al. 2016. « How Rising CO₂ and Global Warming May Stimulate Harmful Cyanobacterial Blooms ». *Harmful Algae* 54 (avril): 145-59. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.12.006>.
- W**
- Wetterer, J. K., et S. D. Porter. 2003. « The little fire ant, *Wasmannia auropunctata*: distribution, impact and control. » *Sociobiology*.
 - Whitehead, P. G., R. L. Wilby, R. W. Battarbee, M. Kernan, et A. J. Wade. 2009. « A Review of the Potential Impacts of Climate Change on Surface Water Quality ». *Hydrological Sciences Journal* 54 (1): 101-23. <https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.101>.
 - *WWF Living Planet Report 2024 A System in Peril*. 2024. 1. unveränderte engl.-sprachige Gesamtausgabe 2024. Avec WWF International World Wide Fund for Nature. WWF Deutschland.
- Z**
- Zucca, Maxime, Grégoire Lois, Audrey Muratet, et Ophélie Ricci. 2019. *Panorama de la biodiversité francilienne*. Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France / L'Institut Paris Region.
 - Zucca, Maxime, et Romain Lorrillière. 2018. « Dans les milieux agricoles et en ville, le déclin des oiseaux s'amplifie ». <https://www.arb-idf.fr/article/dans-les-milieux-agricoles-et-en-ville-le-declin-des-oiseaux-samplifie>.



Ce document reste très incomplet quant à l'ensemble des perturbations engendrée par le changement climatique sur la biodiversité. Par exemple, nos connaissances sur la macro et micro faune du sol sont particulièrement lacunaires alors que ces communautés sont fondamentales au reste du vivant. Ici un acarien prédateur du genre *Allotrombium*.
© Hemminki Johan

LES ÉTUDES

DE L'INSTITUT PARIS REGION

En partenariat avec



L'INSTITUT PARIS REGION
ASSOCIATION LOI 1901.

CAMPUS PLEYAD - PLEYAD 4
66-68 RUE PLEYEL
93200 SAINT-DENIS

ISBN 978-2-7371-2281-1