

CLIMAT

LA NATURE SOURCE DE SOLUTIONS EN ÎLE-DE-FRANCE

La nature en ville apporte de multiples bénéfices !



Ville

Des forêts diversifiées
= des forêts plus fortes !



Forêt

L'agroécologie garantit
des productions variées et pérennes



Agriculture

RECUEIL DE PROPOSITIONS POUR LA COP21

îledeFrance



eau
seine
NORMANDIE



CLIMAT
ENVIRONNEMENT
SOCIÉTÉ

Commissariat d'Intérêt Scientifique

natureparif

Agence régionale pour
la nature et le patrimoine

îledeFrance

**CLIMAT :
LA NATURE
SOURCE DE SOLUTIONS
EN ÎLE-DE-FRANCE**

**RECUEIL DE PROPOSITIONS
POUR CONTRIBUER AUX DÉBATS
À L'OCCASION DE LA 21^e CONFÉRENCE
DES PARTIES DE LA CONVENTION-
CADRE DES NATIONS-UNIES SUR
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE (COP21)**

DES SOLUTIONS POUR :
**LA PRÉSERVATION,
L'UTILISATION DURABLE
ET LA RECONQUÊTE**
DES ÉCOSYSTÈMES
ET DE LA BIODIVERSITÉ,
DANS LE BUT D'**ATTÉNUER**
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE
ET D'**ADAPTER** LE TERRITOIRE
FRANCILIEN À SES EFFETS.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LES VILLES?	9
QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LES MILIEUX AGRICOLES?	19
QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LES FORÊTS?	25
CONCLUSION	31
TABLEAU DE SYNTHÈSE	32
BIBLIOGRAPHIE NON EXHAUSTIVE	C.

Remerciements

Natureparif remercie l'ensemble des intervenants et participants au colloque « Climat et biodiversité : la nature source de solutions pour l'Île-de-France » qui s'est tenu les 29 et 30 septembre 2015, et salue tout particulièrement l'apport de Ludivine Conte, Charline Hue, Anaïs Kermagoret et Marine Kuperminc par leur travail de synthèse effectué dans le cadre de leur master Écologie, Biodiversité, Évolution et la production de leur mémoire bibliographique intitulé « Quelle place pour la biodiversité, les écologues et l'ingénierie écologique dans la COP climat Paris 2015 ? ».

Direction de publication Liliane Pays

Rédaction Marc Barra et Gilles Lecuir

Coordination Julie Collombat-Dubois

Coordination éditoriale Ophélie Ricci

Conception et réalisation graphique David Lopez (www.davidlopez.fr)

Illustrations de couverture Hervé Nallet

Impression Iropa Imprimerie

Parution Paris, Novembre 2015

POURQUOI CETTE BROCHURE ?

Le changement climatique est aujourd'hui une évidence et une réalité. Causé en grande partie par les activités humaines émettrices de gaz à effet de serre (GES), ses impacts sont très variés en nature et en intensité. Les conséquences de ce changement climatique se font d'ores et déjà ressentir (canicules, sécheresses, arrivée de nouveaux agents pathogènes). Cette évolution devient une préoccupation majeure tant pour la communauté scientifique que pour les acteurs publics et privés qui cherchent des solutions. C'est dans ce contexte que s'ouvre en décembre 2015 à Paris la 21^e Conférence des Parties de la Convention-cadre des Nations-unies sur le changement climatique, également appelée COP21. Elle réunit près de 50 000 acteurs et délégués internationaux, de 194 pays différents, pour aboutir à un premier accord universel et contraignant sur le climat. Un tel événement suscite beaucoup d'attentes, notamment vis-à-vis des stratégies d'atténuation et d'adaptation qui seront privilégiées (voir encadré p. 6).

En Île-de-France, le changement climatique n'est qu'une facette du changement global puisque nous connaissons dans le même temps une érosion spectaculaire de la biodiversité, les deux phénomènes étant liés. Impactée par le changement climatique et d'autres pressions, la biodiversité change en retour et peut l'accélérer mais elle peut être aussi un réservoir de solutions puisque les écosystèmes en bon état de conservation contribuent à la fois à l'atténuation (captage et stockage du dioxyde de carbone atmosphérique) et à l'adaptation aux effets du changement climatique comme les tempêtes, les inondations, les glissements de terrain ou l'érosion des sols.

C'est dans cette optique que Natureparif, l'agence régionale pour la Nature et la biodiversité en Île-de-France, souhaite diffuser les solutions fondées sur la nature qui concernent la préservation, la restauration ou la création d'écosystèmes sur notre territoire. Elles peuvent s'appliquer dans de nombreux contextes, en ville comme à la campagne, en complément d'autres dispositifs plus techniques. Parce que ces solutions génèrent des bénéfices multiples, à la fois sur la biodiversité, le climat, mais aussi la qualité de vie, elles sont à privilégier dans les stratégies territoriales.

Ce document tente d'expliquer et d'illustrer cet intérêt. Il s'appuie sur les travaux de différents organismes, dont Natureparif, mais s'est aussi enrichi des remarques et contributions des participants au colloque Natureparif / GIS Climat-Environnement-Société / Agence de l'Eau Seine-Normandie qui s'est déroulé les 29 et 30 septembre 2015 à Paris¹. Les préconisations qui en sont issues doivent servir de base à la réflexion mais ne prétendent évidemment pas être exhaustives.

Merci de nous aider à construire des solutions crédibles, efficaces et ambitieuses pour le climat et la nature en Île-de-France !

Liliane Pays,
Conseillère régionale d'Île-de-France,
Présidente de Natureparif

1. Voir les présentations du colloque Natureparif 2015 « Climat et biodiversité : la nature source de solutions pour l'Île-de-France » <http://www.natureparif.fr/agir/colloques/1522-colloque-climat-biodiversite>

COMMENT BIODIVERSITÉ ET CLIMAT INTERAGISSENT-ILS ?

Le climat agit sur la biodiversité...

Le changement climatique figure aujourd'hui parmi les menaces les plus importantes sur la biodiversité (s'ajoutant aux impacts d'autres activités humaines), et ses effets seront d'une intensité croissante dans les décennies à venir (Leadley *et al.*, 2010). Les conséquences directes du changement climatique se traduisent par des modifications des conditions environnementales d'intensité variable : hausse généralisée des températures moyennes terrestres et marines, acidification des océans, fonte des glaces, etc. (GIEC, 2014). À une échelle plus locale, ces changements vont irrévocablement affecter la biodiversité qu'abritent les écosystèmes, entraînant un déplacement d'aire de répartition des espèces animales et végétales, mais aussi des modifications et disparitions de certains types d'habitats, donc de leurs espèces associées, des modifications physiologiques au sein des espèces, etc. Ces impacts sont difficiles à appréhender avec précision car on ne peut pas anticiper la réaction des espèces à ces changements. Enfin, un grand nombre de ces espèces sont d'ores et déjà menacées aujourd'hui, et ce sont elles qui sont les plus sensibles au changement climatique.



Le changement climatique a des conséquences sur la nature qui en retour influe le changement climatique...
© Creative Commons

La biodiversité rétroagit sur le climat...

Cependant, comme tous les phénomènes naturels, l'action du changement climatique n'est pas univoque. Il est essentiel de considérer dans les discussions climatiques non seulement ses impacts sur la biodiversité, mais aussi les manières dont cette biodiversité peut à son tour influencer sur le climat (positivement comme négativement). En effet, la biodiversité impactée par le changement climatique exerce une rétroaction sur ce dernier, par la réalisation de plusieurs mécanismes. Par exemple, à cause de l'acidification des océans, la population de zooplancton diminue. Or le zooplancton est à l'origine du processus d'absorption du CO₂ dans l'océan. Le CO₂ est donc moins absorbé, entraînant l'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'air : le climat est alors impacté¹. Cette interdépendance ajoute une dimension nouvelle aux négociations climatiques : elle implique nécessairement de prendre en compte l'adaptation des écosystèmes et du vivant dans son ensemble au changement climatique².



La biologie du zooplancton offre un bel exemple de boucle de rétroaction de la biodiversité sur le climat. © Creative commons

1. Voir les actes de la conférence GIEC - IPBES sur les interactions climat / biodiversité sur <http://www.fondationbiodiversite.fr/fr/documents-frb-comprendre-la-biodiversite/videos/585-climat-et-biodiversite-rencontre-avec-des-experts-francais-du-giec-et-de-l-ipbes.html>

2. Voir la publication ORÉE « Climat et biodiversité : Enjeux et pistes de solutions » sur <http://www.oree.org/actualites-oree.html>

QUEL AVENIR CLIMATIQUE POUR L'ÎLE-DE-FRANCE ?

Les scénarios et modèles climatiques prévoient de nombreux changements en Île-de-France. Selon Météo-France, le changement climatique se traduira par une hausse des températures moyennes, hausse qui sera particulièrement marquée l'été (avec une recrudescence des jours chauds et très chauds, notamment en zone urbaine du fait du phénomène d'îlot de chaleur urbain), ce qui aura également des conséquences en matière de dégradation de la qualité de l'air et, l'hiver, un recul des jours froids. En parallèle, les précipitations annuelles diminueront. Là encore, cette baisse sera particulièrement marquée l'été et au début de l'automne et conduira à l'allongement de la période sèche estivale et à l'augmentation des sécheresses. Les précipitations pourraient augmenter l'hiver et d'une manière générale se produire lors d'événements météorologiques plus intenses et violents (orages, tempêtes). Ces tendances de fond, qui seront évidemment plus ou moins marquées en fonction des quantités de GES émis dans l'atmosphère, n'excluront

cependant pas une forte variabilité interannuelle (avec par exemple des hivers très rudes certaines années).

Les scénarios pointent également les conséquences du changement climatique sur les écosystèmes : probable arrivée de pathogènes ou de populations d'espèces trouvant des conditions plus favorables, migrations, changement des rythmes écologiques (pollinisation, floraisons, relargage de CO₂ par les végétaux, cycles biogéochimiques, etc.). S'il est difficile d'attribuer la disparition ou le fort déclin d'une espèce francilienne au seul changement climatique (mis à part quelques espèces de flore sub-montagnardes qui étaient de toute manière en marge de leur aire de répartition), cette tendance couplée aux autres causes anthropiques de dégradation (urbanisation, fragmentation par les infrastructures de transport, intensification agricole) fragilise plus encore certains écosystèmes. Ce cumul des différents impacts affectera sévèrement la biodiversité et les services que les franciliens en retirent.



Les événements climatiques extrêmes, comme les pluies torrentielles, se produiront plus souvent et leur intensité sera plus forte.
© M. Barra

QUELLE STRATÉGIE CLIMAT POUR L'ÎLE-DE-FRANCE ?

La stratégie retenue par l'Île-de-France en matière climatique est détaillée dans le Plan régional pour le Climat (PRC¹), élaboré et approuvé en 2011. Il s'appuie sur les orientations du Schéma régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie d'Île-de-France (SRCAE) élaboré conjointement par les services de l'État (Direction régionale et interdépartementale de l'Environnement et de l'énergie - DRIEE), du Conseil régional et de l'ADEME et qui décline 24 actions et chantiers en matière d'atténuation comme d'adaptation. Les priorités d'action régionales pour l'atténuation concernent la mobilité, le transport des marchandises, la précarité énergétique, l'agriculture, l'écoconstruction ou encore les achats durables. La décarbonation de l'économie francilienne et les politiques de réduction des émissions de GES doivent rester la priorité, même s'il est nécessaire de préparer l'adaptation dans le même temps. À ce titre, il est particulièrement complexe d'évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation sur le bilan global en CO₂. Du fait d'une économie mondialisée, beaucoup d'émissions de CO₂ (entre autres impacts) sont délocalisées dans d'autres territoires (on les appelle les émissions importées ou exportées). Le Réseau Action Climat (RAC) insiste sur le fait que les politiques publiques existantes sur le climat et l'énergie sont en partie inefficaces puisqu'elles n'impactent qu'une partie des émissions des pays (celles émises directement sur le territoire) et qu'elles ne comptabilisent pas une partie des émissions de GES liées à la consommation des pays². De même, si l'isolation thermique des bâtiments est effectivement une solution pour réduire les émissions liées au parc immobilier, il ne faut pas exclure les émissions dues à la fabrication de ces matériaux pour la plupart encore issus d'une base pétrole. Enfin, au-delà des émissions de GES, certains dispositifs d'atténuation peuvent avoir des impacts négatifs sur la nature. C'est le cas des transports dit propres ou des énergies renouvelables, dont la fabrication peut avoir des impacts sur des écosystèmes en dehors du territoire francilien (par ex. fabrication des batteries électriques, extraction de terres rares).

Les politiques en matière d'efficacité énergétique des logements doivent donc aussi s'attacher à privilégier des isolants issus de sources renouvelables, les plus locaux possibles et produits dans des conditions favorables à la biodiversité. Il est important de privilégier des solutions qui économisent du CO₂ sans générer d'émissions

QU'EST-CE QUE L'ATTÉNUATION ET L'ADAPTATION ?

L'atténuation et l'adaptation sont deux stratégies pour faire face au problème du changement climatique. Elles sont complémentaires. L'atténuation traite des causes du changement climatique (l'accumulation de GES dans l'atmosphère) et vise à les réduire, alors que l'adaptation concerne un ajustement des systèmes en vue de limiter les impacts du changement climatique. Tandis que les bénéfices de l'atténuation sont globaux, ceux de l'adaptation relèvent du local et de la spécificité des territoires. Les deux sont indispensables car même si des efforts importants étaient faits sur l'atténuation, le climat continuerait à changer pendant les prochaines décennies, rendant nécessaire l'adaptation à ce changement.

disproportionnées (ou de dégradation d'écosystèmes) dans d'autres territoires.

En matière d'adaptation, les propositions concernent notamment la lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain et ses effets associés sur la dégradation de la qualité de l'air, la vulnérabilité des infrastructures et services urbains, la robustesse des écosystèmes, la disponibilité de la ressource en eau et sa qualité, les risques d'inondation/sécheresse et les risques sanitaires. Si les mesures proposées par le PRC sont hétérogènes, elles accordent une certaine importance au lien entre climat et biodiversité, en pointant notamment le besoin de « renforcer la robustesse des écosystèmes ». Le PRC évoque aussi des solutions biologiques pour l'adaptation, comme la végétalisation des villes ou la gestion écologique de l'eau. Enfin, le PRC fait le lien avec le Schéma régional de Cohérence écologique (SRCE), qui vise la création de continuités écologiques fonctionnelles sur le territoire (on parle aussi de trame verte et bleue), un dispositif évidemment essentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique.

En s'appuyant sur ce travail et au vu de l'évolution des connaissances comme des pratiques au cours des dernières années, Natureparif propose de mettre en avant de nouvelles solutions qui font appel à la nature et d'approfondir des approches plus intégrées associant biodiversité et climat dans les dispositifs existants à toutes les échelles, comme les Plans Climat énergie territoriaux (PCET).

LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ?

Il existe différentes stratégies d'atténuation et d'adaptation qui combinent des disciplines et des approches différentes. Certaines misent davantage sur la technologie, notamment les solutions relatives à la géo-ingénierie (séquestration du carbone dans les sols, construction de digues et réservoirs contre les inondations, etc.), quand d'autres ciblent l'utilisation de la nature (végétalisation des villes, restauration des cours d'eau et des berges, préservation des sols, etc.). Selon l'Union internationale pour la Conservation de la nature (UICN)¹, les solutions fondées sur la nature (*nature-based solutions* en anglais) utilisent les écosystèmes (et leurs capacités régulatrices ou productives) afin de relever les défis globaux tels que la lutte contre le changement climatique, l'approvisionnement alimentaire et le développement économique et social. Les solutions naturelles ont ceci de particulièrement intéressant qu'elles peuvent donc être utilisées autant pour l'atténuation que pour l'adaptation. Elles sont utiles simultanément pour la reconquête de la nature et la production de services climatiques utiles, le tout à moindre coût pour les collectivités. Les possibilités en matière de solutions faisant appel à la biodiversité sont innombrables et variées. Il en existe pour tous les écosystèmes et à des échelles d'action différentes ; que ce soit pour les mesures d'atténuation ou les mesures d'adaptation visant à renforcer la résistance de la biodiversité face au futur changement climatique. Natureparif soutient la mise en œuvre de ces solutions de façon plus systématique et à plus grande échelle en fonction des contextes locaux et des milieux (urbain, agricole, forestier).

En matière d'atténuation

En 2002, le GIEC estimait à 370 milliards de tonnes la quantité de CO₂ pouvant potentiellement être stockée par des mesures d'atténuation biologique, soit bien plus que ce qui peut être évité par tous les moyens technologiques en notre possession. Il est donc primordial de comprendre que la biodiversité n'a pas qu'un rôle esthétique : elle assure des fonctions régulatrices dont nous n'avons pas forcément conscience, comme la stabilité des échanges gazeux, le bon déroulement du cycle du carbone ou de l'eau dans un territoire donné. Des solutions mixtes peuvent aussi être envisagées à condition que les structures physiques n'entravent pas les processus naturels.

INFRASTRUCTURE VERTE ?

La notion d'« infrastructure verte² », popularisée par la Commission européenne, met en avant les avantages économiques de la nature (par exemple, les plaines inondables sont beaucoup moins onéreuses que les digues pour lutter contre les inondations).

Elle tente de concilier les préoccupations écologiques et la nécessité d'un développement durable en temps de crise. C'est un cadre conceptuel innovant pour concilier préservation de la nature et développement humain, tel que l'urbanisation, la construction de routes et l'infrastructure énergétique qui dégradent et fragmentent trop souvent nos précieux écosystèmes. Les solutions fondées sur la nature, qu'elles concernent la ville, la gestion de l'eau, la production agricole ou forestière ou même l'énergie, sont beaucoup plus viables sur le plan économique que le recours à l'ingénierie traditionnelle ou « infrastructure grise ». Elles contribuent à créer de l'emploi et stimulent une croissance locale, durable et non-délocalisable.

En France, le concept de « trame verte et bleue » s'inscrit dans cette logique mais se limite souvent aux continuités écologiques, là où en Europe on englobe dans le concept d'infrastructure verte tous les éléments de nature même non connectés.

En matière d'adaptation

De même, préserver la biodiversité renforce la capacité de chaque milieu à faire face aux changements, notamment climatiques. Il est maintenant démontré qu'un haut degré de diversité (génétique et spécifique) assure aux écosystèmes une stabilité dans le temps. Ils sont par ailleurs plus à même de produire des services utiles aux êtres humains. En effet, face à des menaces diverses, seuls des écosystèmes diversifiés résistent parce qu'une population ou un groupe d'espèces s'en trouvera toujours mieux que d'autres, permettant à l'écosystème de se maintenir. C'est le cas notamment des systèmes agricoles : alors que la monoculture est fragile si un changement intervient, la culture diversifiée permet au système de s'adapter. La diversité biologique est une assurance-vie face aux changements.

D'autres critères que la diversité entrent en ligne de compte, à d'autres échelles, comme l'hétérogénéité, la connexion entre écosystèmes, ou encore le niveau d'auto-entretien. La plupart des écosystèmes sains font preuve d'une résilience naturelle aux événements traumatiques à condition qu'ils ne soient pas prolongés ou

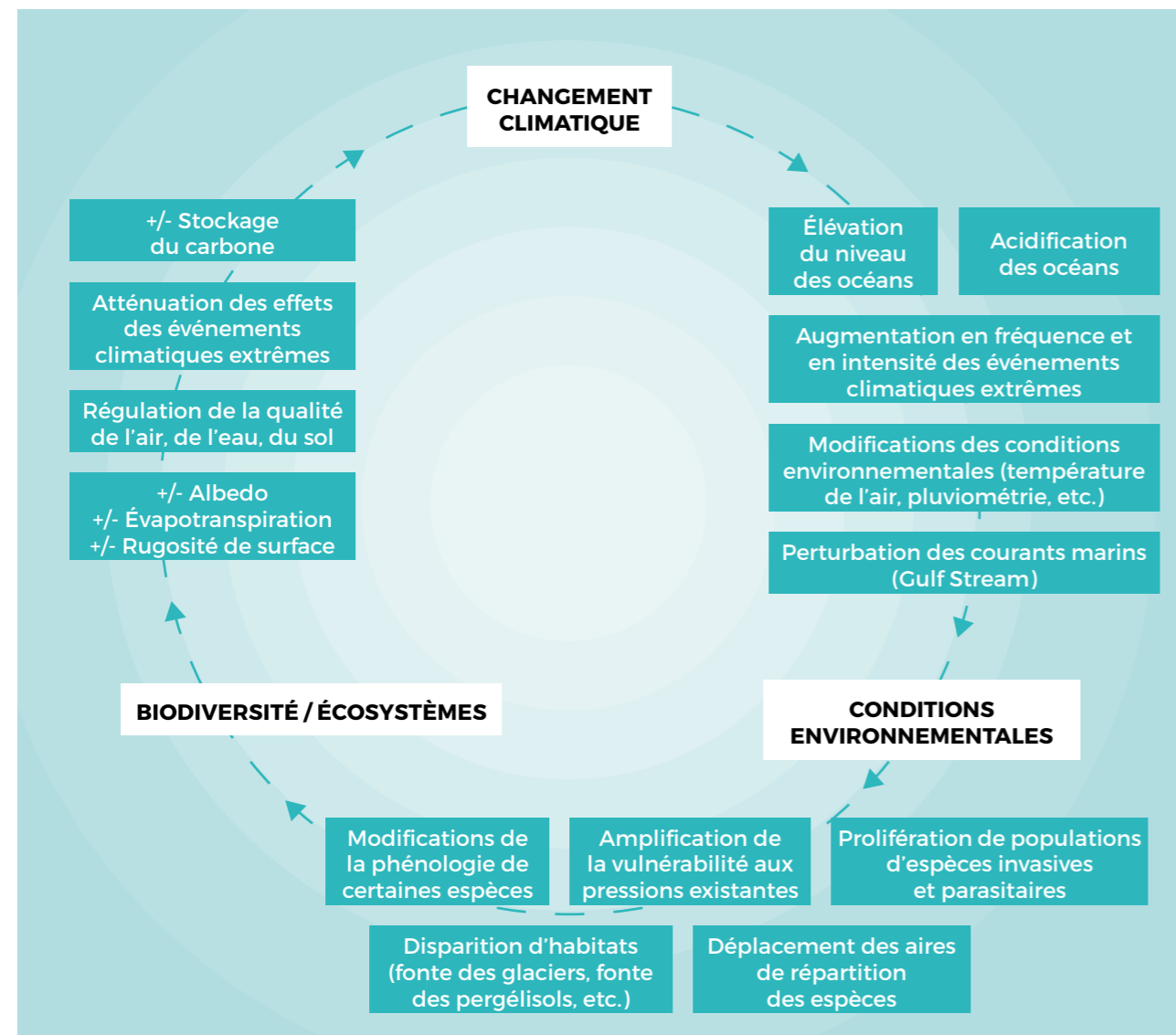
1. <http://www.uicn.fr/COP-21-lancement-initiative-SFN.html>
2. Voir le rapport du Réseau Action Climat (RAC) : Les émissions importées - Le passager clandestin du commerce mondial (http://www.rac-f.org/IMG/pdf/EMISSIONS-IMPORTEES_RAC-Ademe-Citepa.pdf)

1. <http://www.uicn.fr/COP-21-lancement-initiative-SFN.html>
2. La stratégie de l'UE met en avant les solutions fondées sur la nature : http://ec.europa.eu/environment/nature/climatechange/pdf/EbA_EBM_CC_FinalReport.pdf

répétés¹. Concrètement, en pratique, cela veut dire qu'il est utile de préserver les écosystèmes existants qui présentent ces caractéristiques ou de restaurer ceux qui ont été dégradés, voire de créer de nouveaux écosystèmes (urbains, agricoles ou forestiers) en respectant ces principes fondamentaux. La présence de davantage de nature, que ce soit dans les villes, mais aussi à la campagne, notamment dans les milieux agricoles qui souffrent aujourd'hui d'un déclin massif de leur biodiversité, aura pour effet de renforcer la capacité de ces territoires à résister aux aléas climatiques.

Dans les prochaines pages, vous trouverez des propositions de solutions qui répondent à ces deux stratégies, le plus souvent de manière conjointe. Les mesures pour l'atténuation et l'adaptation sont souvent les mêmes (ex. une toiture végétalisée sert à la fois de puits de carbone, et contribue même faiblement à l'isolation des bâtiments, mais participe aussi à l'adaptation aux effets du changement climatique par le ralentissement de l'eau de pluie).

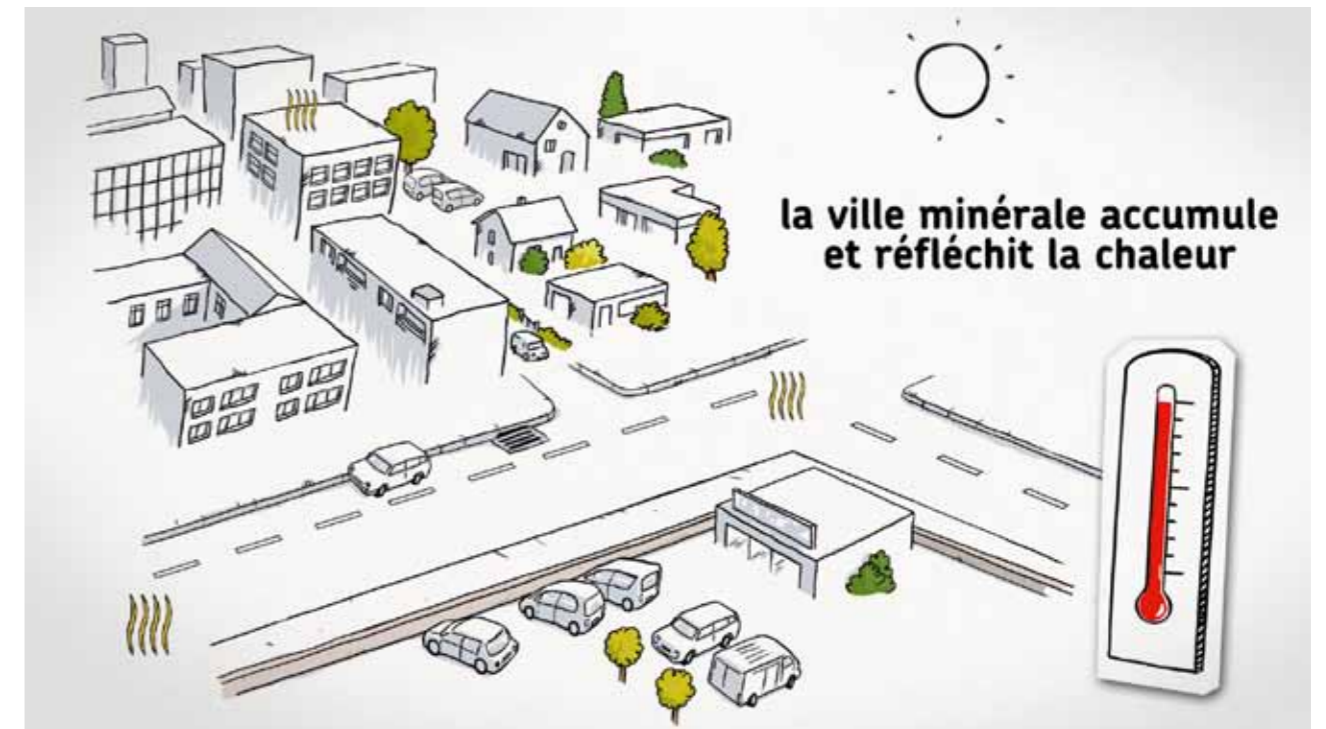
Elles seront notées par les deux symboles ci-contre:



Boucle de rétroaction entre le changement climatique, les conditions environnementales et la biodiversité. Adapté du GIEC et de l'IPBES.

1. https://www.coe.int/t/dg4/majorhazards/ressources/pub/Ecosystem-DRR_fr.pdf

QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LES VILLES ?



Localement, les villes engendrent un phénomène d'îlot de chaleur urbain se caractérisant par une augmentation de température par rapport aux milieux alentours (Oliveira *et al.*, 2014). Ce phénomène est en partie dû aux matériaux utilisés dans la construction des bâtiments et des rues, en partie à la forme urbaine « en canyon » qui réverbère et « piège » la rayonnement solaire et donc la chaleur. Plus globalement, les villes rejettent d'importantes quantités de GES comme le CO₂ ou le CH₄ et des particules en suspension. Les zones urbaines représentent entre 53 et 87 % des émissions mondiales de CO₂ (GIEC, 2014).

En retour, les villes subissent les conséquences du changement climatique : canicules, mauvaise qualité de l'air et intensification des problèmes liés à des événements extrêmes comme les sécheresses ou les inondations. Ces impacts sont d'autant plus inquiétants qu'ils

affectent une grande partie de la population qui vit aujourd'hui majoritairement en ville. Le changement climatique implique donc des enjeux croissants pour les villes, pour la réduction des impacts sur le climat mais également pour l'adaptation face à ce changement (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013 ; Gill *et al.*, 2007). C'est dans ce contexte qu'émergent aujourd'hui de nombreuses solutions. Parmi elles, la préservation et la restauration de la nature en ville gagne du terrain en offrant, en plus des services écologiques, d'autres bénéfices sociaux en termes de santé et de bien-être des citoyens (production d'oxygène, stockage du carbone et filtration des particules, attributs récréatifs, lien social, utilisation positive de l'espace public). Les solutions qui s'en inspirent peuvent par ailleurs – en coût global d'investissement et de gestion – s'avérer bien moins onéreuses que leurs alternatives issues du génie civil.

*** Végétaliser les rues, les places et les bords de voirie pour réduire l'effet d'îlot de chaleur et mieux gérer l'eau**



La végétation permet de diminuer les températures par les mécanismes d'ombrage et d'évapotranspiration, en particulier durant les mois les plus chauds, et ainsi d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain (Gill *et al.*, 2007 ; Oberndorfer *et al.*, 2007). Les plantes contribuent par ailleurs à améliorer la qualité de l'air, à diminuer la concentration en CO₂ atmosphérique par la photosynthèse et réduire les concentrations de particules en suspension par des mécanismes d'absorption et de déposition sur les surfaces foliaires (Azam

et al., 2012). Toute forme de végétation est bienvenue, depuis les arbres urbains isolés ou non, les jardins et parcs, les massifs isolés. Une attention particulière doit toutefois être portée sur le choix des espèces (privilégier les essences locales variées en pleine terre en évitant les plantations monospécifiques, éviter les espèces allergènes et fortement émettrices de composés organiques volatiles) et le mode de gestion (sans pesticides, en limitant les interventions). Mais pour que la végétation rafraîchisse la ville, il lui faut disposer d'eau en période de forte chaleur. Un arrosage sobre à partir d'eau pluviale récupérée et stockée peut donc être nécessaire.



De nombreux espaces minéralisés peuvent accueillir de la végétation. Ici, à Paris, 17^e arr. © G. Lecuir

*** Diversifier les espaces verts urbains, en appliquant systématiquement une gestion écologique voire une non gestion**



Espaces récréatifs, zones laissées en évolution naturelle, forêts urbaines, massifs et prairies fleuries mais aussi jardins et zones dédiées à l'agriculture : la palette de solutions naturelles est large pour les villes. Afin de produire des services climatiques, une gestion écologique s'impose. Elle prévoit notamment l'absence totale d'usage de pesticides ou engrais chimiques, par ailleurs émetteurs de GES dans leur fabrication. L'entretien mécanique doit être privilégié (brossage, arrachage manuel, fauche) : faucher une à deux fois par an en exportant le produit de la fauche sur les prairies, relever la hauteur de coupe (égale ou supérieure à 10 cm) et ainsi réduire la fréquence des tontes pour les pelouses, voire dans

certains cas ne pas tondre ni faucher du tout au sein d'espaces laissés en évolution libre (les friches sont en effet un important réservoir de biodiversité urbaine, complémentaires des grands parcs). Le pâturage s'avère un moyen efficace pour entretenir les espaces verts car le faible piétinement par les animaux stimule la pousse et leurs fèces enrichissent le sol. La récupération des déchets verts et des résidus de taille peut servir à faire du compost et du bois raméal fragmenté qui seront réemployés dans le jardin. Enfin, dans un contexte de prolifération de populations d'espèces à caractère envahissant, la meilleure réponse semble d'accroître la diversité et de réduire la fragmentation pour laisser au système la capacité de s'autoréguler. Le pâturage est aussi une solution curative efficace face à certaines plantes non-désirées.



Moins gérer c'est parfois mieux gérer ! Ici une zone-refuge pour la faune et la flore laissée en libre évolution, à Nantes. © G. Lecuir

* **Végétaliser les façades des bâtiments et les toitures plates** (après un diagnostic préalable) via des systèmes à faible empreinte écologique (plantes grimpantes, prairies sur toits) plutôt que des systèmes industriels dont l'intérêt pour la biodiversité comme pour la lutte contre le changement climatique n'est pas avéré



La végétalisation des terrasses, des toitures et des murs peut participer à réduire l'îlot de chaleur urbain, mais aussi et surtout à mieux isoler thermiquement les bâtiments tout en restaurant des habitats et des milieux favorables au vivant.



Pour que la végétalisation des toits et terrasses offre des services climatiques et de biodiversité, elle doit être conçue qualitativement. Selon le contexte et la portance, les écologues recommandent d'essayer de reproduire un sol naturel, en jouant sur sa composition en matière organique (mélange pierres et terre locale avec +/- ajout de compost), sa structure et sa hauteur, ce qui permettrait de stocker davantage de CO₂ et d'eau de pluie dans la perspective du changement climatique (plus de chaleur, plus de phénomènes de pluies intenses). Il a été montré que les toits végétalisés plantés avec un mélange de plusieurs d'espèces (plantes grasses et herbacées) permettent une meilleure rétention d'eau en cas d'inondation et un meilleur rafraîchissement des températures en cas de canicules (Dvorak *et al.*, 2010) que les monocultures de sédum.

Sur les murs, dans la majorité des cas, il est préférable (et souvent bien moins coûteux !) de privilégier les plantes grimpantes, en utilisant (ou en concevant) les murs et façades comme support de la végétation. En plus de leur facilité d'installation, les plantes grimpantes créent un microclimat près des murs et régulent la température et l'humidité relative. Cela participe d'autant à la diminution des effets d'îlot de chaleur en période estivale.



Les murs aveugles et pignons peuvent accueillir des plantes grimpantes qui offriront protection contre les intempéries, rafraîchissement de l'air et accueil de la petite faune. © M. Barra

* **Développer l'agriculture urbaine** pour réduire les circuits alimentaires et augmenter la surface jardinée en ville



Quand elle cohabite avec une nature plus sauvage et spontanée, l'agriculture urbaine présente un vrai potentiel pour reconquérir la biodiversité en ville en complément d'autres démarches : végétalisation du bâti, espaces verts écologiques, etc. Plusieurs expériences confirment qu'elle peut préserver une biodiversité génétique grâce au choix de variétés endémiques, et accueillir de nombreuses espèces dont les pollinisateurs sauvages. Des combinaisons ingénieuses de plantes redonnent vie aux sols. À une plus grande échelle, l'agriculture urbaine peut aussi participer aux trames vertes et bleues. Mais pour réduire la longueur des circuits de distribution alimentaire, elle doit tenir compte du cycle de vie des matériaux qu'elle utilise (semences, substrats de culture, énergie et eau) afin de rester « hyper-locale ».



Pour que l'ensemble du vivant puisse se déplacer, les habitats et les écosystèmes doivent être reliés. En milieu urbain, la trame verte peut prendre des formes variées (espaces verts, parcs et jardins, friches temporaires, arbres isolés ou alignés, végétalisation du bâti) chacun pouvant servir de petits réservoirs de biodiversité, de zones relais et de corridors. La fonctionnalité de la trame verte dépend par ailleurs des pratiques de gestion qui sont appliquées à ces espaces. C'est pourquoi la suppression des pesticides couplée aux recommandations en matière de gestion écologique est essentielle¹. La révision des documents d'urbanisme, notamment par la prise en compte des trames vertes et bleues au sein des plans locaux d'urbanisme (PLU)² semble indispensable tout comme la réalisation d'un diagnostic écologique³ systématique avant tout projet d'aménagement urbain.



L'agriculture urbaine est aussi une manière de valoriser des espaces momentanément sans projet. Ici le projet R-Urbain à Colombes. © G. Lecuir

1. La labellisation de la gestion écologique des espaces verts, par exemple au travers du label Ecojardin, est un outil efficace d'accompagnement des gestionnaires dans le changement et de communication externe : www.label-ecojardin.fr
 2. Voir le guide « Prendre en compte le SRCE francilien dans les documents d'urbanisme » : www.natureparif.fr/srce
 3. Voir la méthodologie du diagnostic écologique urbain : www.methodo-deu.fr

*** Stopper l'imperméabilisation des surfaces en dehors de la voirie et préserver des sols vivants**

Les sols sont le siège de multiples processus biogéochimiques essentiels dans l'atténuation et l'adaptation climatique. Ils stockent de grandes quantités de carbone (davantage que la végétation en surface) et assurent par ailleurs le bon déroulement du cycle de l'eau s'ils sont préservés intacts. En Île-de-France, les sols sont fortement artificialisés : près de 20 % contre 2,77 % à l'échelle nationale. La majeure partie de ces sols sont imperméables. De plus en plus de collectivités optent pour des solutions limitant le tassement et l'imperméabilisation des sols. Certaines villes appliquent d'ores et déjà des coefficients d'imperméabilisation dans leurs docu-

ments d'urbanisme, comme Montreuil, ou pénalisent la sur-imperméabilisation de l'espace urbain, comme Rennes. D'autres privilégient dans les zones piétonnes ou à faible circulation automobile des matériaux poreux ou drainants pour faciliter l'infiltration de l'eau dans le sol (matériaux drainants, pavés non-jointés, dalles alvéolées et enherbées). À l'échelle régionale, l'imperméabilisation des sols est un véritable fléau qui ne faiblit pas. Seules des mesures fiscales dissuadant la construction sur les terres arables ou encourageant la densité (taxe sur les logements vacants, aides à la densification) pourraient inverser la tendance. À défaut de stopper l'extension urbaine, l'écoconception du bâti et des infrastructures et la construction réversible épargnant les sols (par exemple sur pieux) doivent encore être développées.



*** Engager un programme de déminéralisation des espaces urbains (cours d'école, d'immeubles, voiries) en lien avec les politiques de végétalisation**

Quand conserver ne suffit plus, il faut restaurer. Les villes franciliennes recèlent un potentiel important de nature supplémentaire, à condition de désimperméabiliser certains espaces aujourd'hui bétonnés ou asphaltés à grande échelle, et ce de manière planifiée. Cela constituerait un levier important pour favoriser le stockage du carbone, le cycle de l'eau et augmenter la surface végétalisée globale. Cette désimperméabilisation peut se faire sur le domaine public par exemple, en créant de nouveaux espaces végétalisés sur certains trottoirs larges avec la participation active des habitants impliqués dans la gestion future de ces nouveaux espaces de nature. Mais aussi, dans le domaine privé, avec le soutien de la puissance publique, en instaurant par exemple, un seuil maximal d'imperméabilisation des sols pour tout projet d'aménagement de construction, de rénovation ou d'agrandissement sur le territoire.



La désimperméabilisation des sols asphaltés ou bétonnés est un levier important pour renaturer les villes. Ici à Strasbourg en lien avec des habitants du quartier. © Hélène Natt

*** Favoriser l'infiltration naturelle de l'eau via des écosystèmes naturels pour réduire le risque de ruissellement et d'inondation**

Les villes sont souvent très minérales, empêchant le déroulement naturel du cycle de l'eau. La canalisation et la maîtrise de l'eau engendrent par ailleurs des coûts d'infrastructures très importants pour les collectivités. La végétation permet de limiter les effets néfastes dus à des phénomènes extrêmes tels que les inondations. Les plantes, en interceptant l'eau à la surface des feuilles, diminuent la quantité d'eau arrivant au sol. Elles permettent également de diminuer le ruissellement grâce à la fonction structurante de leurs racines, tout particulièrement les arbres. Les mesures de végétalisation doivent s'accompagner de mesures d'amélioration de la qualité des sols en ville, par une diminution des surfaces artificialisées et une diminution de leur compaction, afin d'améliorer la résistance des végétaux et de permettre une meilleure infiltration de l'eau dans le sol. Jardins de pluie, noues, mares et bassins constituent autant de milieux récepteurs pour l'eau. En cas de fortes pluies ou d'inondations, ces milieux constituent des zones tampon d'expansion, d'infiltration et de retour vers les nappes. Ils sont par ailleurs des habitats favorables pour la biodiversité urbaine ordinaire.

Si les craintes liées à la propagation de pathogènes ou moustiques sont légitimes, les zones humides à caractère naturel ont la capacité d'autoréguler ces populations par la présence des prédateurs.



Parking, cheminement, accès pompiers, autant d'espaces qu'on peut aménager sans imperméabiliser. © G. Lecuir

* **Promouvoir la phytoépuration des eaux usées en ville, ce qui permet de réduire le besoin en infrastructures de gestion des eaux (coûteuses et dégradant les sols)**



En ville, la création de zones humides peut s'avérer utile pour gérer les eaux de pluie mais aussi pour les eaux usées. On parle de phytoépuration. Indépendants ou reliés à des systèmes de traitements classiques, les bassins de phytoépuration s'avèrent particulièrement efficaces pour traiter les polluants organiques des eaux grises issues des éviers et des douches. Certaines combinaisons de plantes sont particulièrement efficaces : les phragmites (roseaux), carex, massettes et lentilles par exemple. Outre le bénéfice écologique, ces zones humides permettent de limiter le nombre des tranchées pour le passage des réseaux. Par ailleurs, un bassin de phytoépuration connecté à d'autres dispositifs comme les mares ou les noues urbaines participe de la création d'une trame bleue urbaine fonctionnelle. Quant aux eaux noires (toilettes), une des options consiste à diriger ces flux vers une unité de méthanisation qui produira du biogaz, énergie alors utilisable localement pour chauffer les habitations (une solution écologique pour l'atténuation du changement climatique). Il est aussi possible si les conditions sont réunies (notamment au niveau de l'espace disponible) de les traiter par lagunage et phytoépuration.



L'épuration par la nature évite de lourds travaux d'agrandissement ou de rénovation des stations de traitement des eaux usées. © L. Pagès

* **Rouvrir et renaturer les rivières urbaines, renaturer les berges urbaines, reméandrer**



Afin d'améliorer la qualité de l'eau en ville, de réduire les ruissellements et de créer de nouveaux habitats, les opérations de restauration voire de réouverture de rivières urbaines sont nécessaires. En Île-de-France, à Sarcelles (95), la restauration du Petit Rosne ouvre des perspectives intéressantes en matière de savoir-faire (cf. illustration ci-dessous). Dans les Hauts-de-Seine, l'association Espaces a réalisé la renaturation d'une portion des berges de la Seine, à l'aide de techniques de génie végétal. Si l'avantage des rivières à caractère naturel est indéniable pour la biodiversité, il l'est aussi pour permettre aux espèces de se déplacer à nouveau le long des berges, dans le cadre de l'adaptation au changement climatique.



AVANT



APRÈS

La réouverture et le reméandrage des rivières urbaines enterrées est une action positive à la fois pour la qualité de l'eau, la lutte contre le risque d'inondation, la préservation de la biodiversité et l'usage récréatif par les citoyens. © SIAH

* **Exiger un bilan carbone complet (sur tout le cycle de vie) des solutions retenues pour l'efficacité énergétique**



Encore trop souvent, on s'arrête à la réduction des GES sur le seul aspect de consommation des bâtiments et des équipements, en omettant les GES induits par les matériaux, leur transformation, leur recyclage et leur destruction à terme. Il faut intégrer systématiquement cette énergie « grise » dans notre manière de qualifier nos actions de réductions des GES. De même, au-delà des GES, il faut aussi considérer l'impact de la production de matériaux sur la biodiversité sur tout leur cycle de vie. On parle alors de « biodiversité grise », en amont et en aval de la filière. Il s'agirait pour les praticiens de favoriser le recours à des filières plus locales et certifiées d'un point de vue de la biodiversité et de diversifier les sources (notamment en augmentant la proposition de matériaux bio-sourcés).

* **Privilégier les matériaux bio-sourcés pour l'isolation**



En termes d'isolation, les matériaux bio-sourcés (issus de l'agriculture et de la foresterie) font partie de la solution pour réussir la transition énergétique tout en favorisant la biodiversité. Les choisir permet de réduire l'empreinte par rapport aux matériaux conventionnels, très émetteurs de CO₂. Un isolant bio-sourcé (paille, lin, chanvre, textile recyclé, laine de bois, etc.) est préférable à un isolant dérivé du pétrole (polystyrène ou polyuréthane). Des plantes comme le chanvre et le lin ont non seulement prouvé leur intérêt technique mais sont aussi des atouts pour une agriculture respectueuse de la biodiversité (rotations culturales, moindre utilisation d'intrants). Il est nécessaire d'encourager ces filières, sans perdre de vue que l'on doit réfléchir à leur déploiement en fonction des spécificités locales.



La paille compressée est un matériau de construction et un isolant bio-sourcé efficace et éprouvé. © M. Barra

* Favoriser l'utilisation de matériaux qui font sens d'un point de vue des écosystèmes (locaux, si possible de sources renouvelables et produits selon des cahiers des charges rigoureux dans la limite des disponibilités locales)

L'Île-de-France est la région la plus consommatrice de matériaux dans l'Hexagone (en majorité des granulats qui entrent dans la composition des mortiers et bétons). Elle importe chaque année plus de 45 % de ses besoins en granulats depuis les régions périphériques, voire l'étranger. Une demande qui ne cesse d'augmenter : le projet du Grand Paris prévoit 4,7 millions de tonnes supplémentaires de granulats soit 2,6 millions de m³ de béton par an. L'ouverture de nouvelles carrières, la « solidarité interrégionale » ou l'exploitation de granulats marins sont autant de pistes envisagées par les professionnels. Pour autant, cela ne permettrait pas de fournir la quantité nécessaire et aurait un impact négatif sur les milieux naturels. Des solutions à la fois bénéfiques pour le climat et la biodiversité seraient d'une part, de soutenir en priorité le recyclage et le réemploi des matériaux issus de la déconstruction, et d'autre part, les modes de production les moins impactants de ces matières premières (carrières réhabilitées quand il s'agit de granulats, forêts gérées pour le bois, et systèmes agroécologiques – polycultures/rotations culturales/agroforesterie – pour les matériaux bio-sourcés). Par ailleurs, employer en priorité les matériaux éco-conçus, non complexes (non composites) les rendrait facilement recyclables ou valorisables sans traitements lourds en fin de vie. Enfin, il faut minimiser les quantités utilisées par des choix architecturaux plus sobres.



Associer énergie solaire et végétalisation offre un gain mutuel : la végétation rafraîchit les panneaux et augmente leur productivité, tandis que ceux-ci offrent de l'ombre et une diversité d'habitats à la flore. © 2015 Green Roofers Ltd

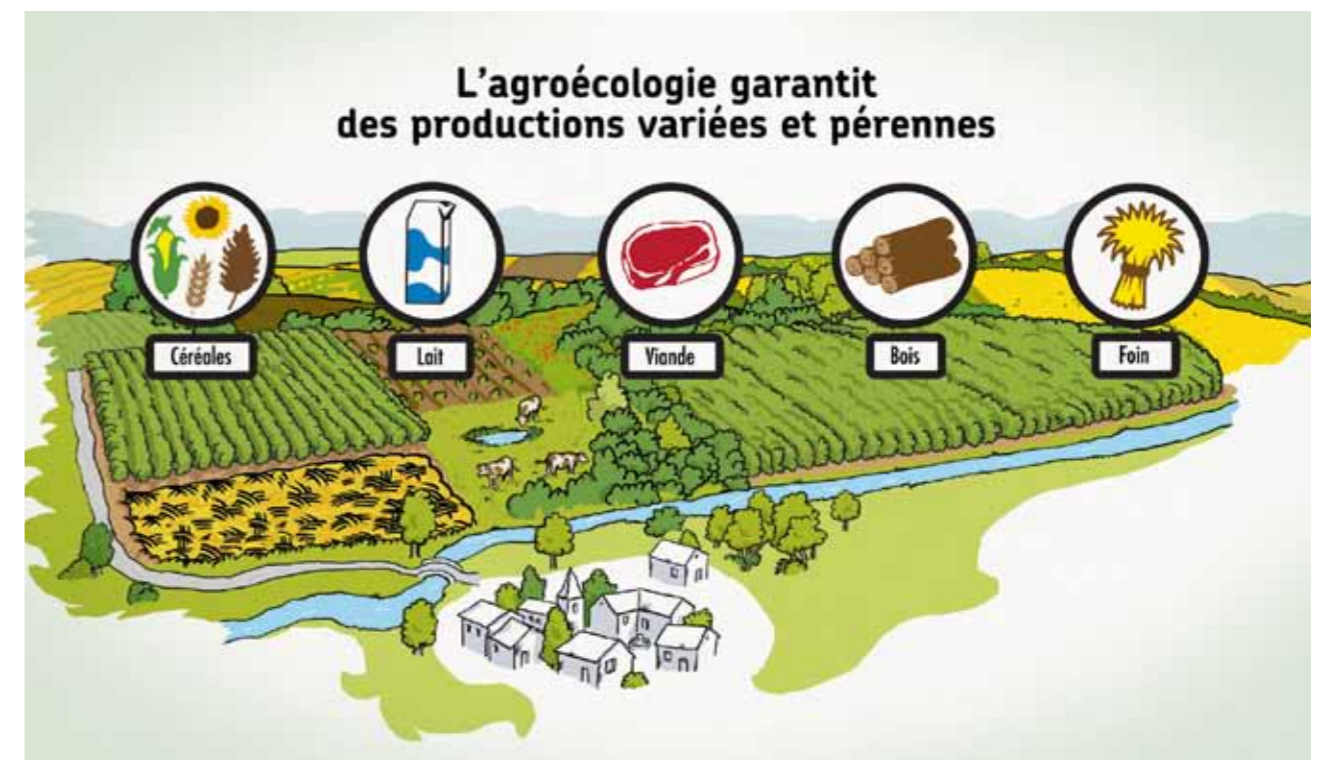
* Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments par la végétalisation qualitative de tous les nouveaux bâtiments publics, industriels et commerciaux tant sur les façades que les toits

La construction durable doit s'inscrire dans une vision plus large que celle de l'énergie. Les solutions privilégiant la nature peuvent aussi rendre des services climatiques. C'est le cas de la végétalisation du bâti, un atout pour réduire les consommations énergétiques et améliorer l'isolation. Plutôt que d'opposer les deux démarches, on peut les combiner, à l'exemple des toitures sur lesquelles l'installation conjointe de panneaux solaires et de végétaux est mutuellement bénéfique aux différents objectifs recherchés.

* Consommer intelligemment

À titre individuel, comme lorsque nous sommes amenés à établir ou valider une commande publique ou privée, choisissons les produits et services à faible empreinte carbone, à faible mobilisation de ressources naturelles non-renouvelables, dont les conditions de production ne dégradent pas l'environnement, produites le plus localement possible et qui respectent une juste rémunération des personnes. L'alimentation est un puissant vecteur d'action en la matière, tant au niveau individuel en privilégiant les produits bios locaux, en adhérant à une AMAP, qu'au niveau collectif au travers de la restauration collective.

QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LES MILIEUX AGRICOLES ?



Actuellement en France, 20 % des émissions de GES sont attribuées à l'agriculture, auxquelles doivent s'ajouter les émissions directes ou indirectes dues aux changements d'affectation des sols (CITEPA, 2014). La plus grande partie des émissions est liée à la fertilisation des champs (NO_x) ainsi qu'à l'élevage (CH₄, NO_x). En Île-de-France, l'agriculture n'est responsable « que » de 7 % des émissions de GES, soit 3,5 millions de TeqCO₂ (la moyenne française s'élevant à 20,5 % des émissions). En revanche l'Île-de-France émet 3 % des GES agricoles nationaux quand elle ne représente que 1,8 % de la surface agricole utile nationale.

Responsable d'une partie des émissions de GES, l'agriculture subit en retour les aléas du changement climatique (qui viennent s'ajouter à d'autres impacts, notamment les changements d'occupation du sol ou l'intensification des pratiques), par le manque d'eau l'été ou les intempéries, par l'augmentation de la chaleur en plaines agricoles. Elle subit le déplacement d'espèces, notamment des ravageurs des cultures. L'intensification de l'agriculture a eu également pour conséquence la simplification extrême des systèmes en réduisant leur biodiversité, ce qui a pour effet d'augmenter leur vulnérabilité aux aléas (par exemple la pression pathogène et parasitaire qui rend les systèmes agricoles encore plus fragiles au changement climatique). En effet, l'agriculture intensive repose largement sur la diminution du nombre des espèces cultivées et sur l'homogénéisation

génétique intra-spécifique¹. Elle exploite peu les fonctions écologiques intrinsèques des écosystèmes dont découlent pourtant des services écosystémiques, les remplaçant par des intrants chimiques (pesticides, fertilisants) et une forte mécanisation, tout en limitant les habitats favorables à la faune (haies, mares). En Île-de-France, le paysage agricole est composé essentiellement de grandes exploitations (112 ha/exploitation en moyenne). Selon Jean-Marc Meynard, chercheur à l'INRA, cette spécialisation agricole peu diversifiée, notamment céréalière, s'est accompagnée du raccourcissement et de la simplification des rotations.

Face au triple défi de réduire les émissions agricoles de GES, tout en assurant la résistance des systèmes agricoles aux aléas climatiques et en gardant une productivité suffisante, renouer les liens avec la biodiversité semble indispensable.

Les stratégies d'adaptation citées dans la littérature scientifique ont souvent pour objectif d'adapter les cultures à un climat qui change (variétés génétiquement modifiées, cultures en conditions contrôlées, innovation technologique, maîtrise de l'irrigation). Or, la communauté scientifique soutient depuis longtemps

1. Papy F., Goldringer I., 2011. « Cultiver la biodiversité » <http://www7.inra.fr/dpenv/pdf/C60Goldringer.pdf>

qu'il est possible de pratiquer des agricultures différentes, fondées sur les mécanismes à l'œuvre dans les écosystèmes. De grands principes se dégagent, comme la réintroduction d'un niveau élevé de diversité génétique et spécifique dans les cultures, notamment par le biais d'associations culturales, de rotations, par la restauration d'habitats favorables à la faune sauvage (haies, arbres, fossés, bandes enherbées), par la réduction du rythme et de la profondeur des labours. Mais aussi par l'augmentation de la durée de vie des prairies temporaires, l'allongement de la durée du pâturage, l'enherbement permanent en vignes et en vergers, et enfin par la réduction de l'usage des engrais minéraux

de synthèse. Si le paysage agricole est majoritairement façonné par la Politique agricole commune (PAC) européenne, il est désormais du rôle de la collectivité régionale de soutenir les initiatives tendant vers une agriculture francilienne climato-intelligente qui s'appuie sur la biodiversité. Il n'y a pas de recette unique : agriculture biologique, bio-dynamie, conservation de variétés anciennes, permaculture, agroforesterie, agriculture de conservation, autant de concepts (que l'on peut regrouper sous le terme plus englobant d'agro-écologie) qui expriment la possibilité d'une grande diversité d'agricultures et de pratiques inspirées de la nature et des contextes locaux.



Réintroduire de la diversité génétique, diversifier les assolements, mieux gérer les sols, conserver des éléments de paysages sont autant d'atouts pour la résilience de l'agriculture face aux changements. © L. Pagès

* Encourager la diversification de l'agriculture francilienne



À l'inverse de la monoculture intensive, la mise en œuvre de pratiques agroécologiques vise le maintien d'assolements diversifiés et de rotations culturales plus longues, avec une alternance de cultures d'hiver et de printemps et la présence de légumineuses. Elle prescrit également une couverture du sol, au moins avant les cultures de printemps (par des résidus de cultures ou des plantes de couverture semées en intercultures), l'usage préférentiel du désherbage mécanique et de la lutte biologique en lieu et place des traitements phytosanitaires et herbicides. Introduire des légumineuses qui fixent l'azote atmosphérique dans les rotations des grandes cultures permet d'avoir des apports d'azote pour les autres cultures. Ainsi la matière organique du sol après introduction de légumineuses est pour d'autres types de culture (blé, colza, orge). L'accroissement de la part des légumineuses permet donc une réduction de la fertilisation minérale et des économies d'énergie fossile puisque la fabrication d'engrais de synthèse est fortement consommatrice d'énergie. Les rotations culturales permettent aussi de diversifier les productions et de répondre à différents besoins. Face à la demande croissante en matières premières agricoles pour des usages non alimentaires (matériaux de construction biosourcés, fibres textiles, bois ou biomasse), la diversification de l'agriculture sur un territoire semble une réponse adaptée. C'est notamment ce que prévoit le scénario Afterres2050¹, à partir des besoins des français (ou franciliens dans le cadre de sa déclinaison régionale) en 2050. Enfin, des pratiques d'irrigation économes en eau sont indispensables pour faire face aux sécheresses plus fréquentes et plus sévères. Dans cette optique, le choix des espèces cultivées et des semences de ces espèces devrait davantage dépendre du climat local, même si cela nécessite des politiques agricoles incitatives pour les agriculteurs.

* Réintroduire une diversité en espèces et une diversité génétique dans les systèmes de culture



Face aux défis de l'agriculture de demain (aléas climatiques, réduction des intrants, etc.), l'augmentation de la diversité spécifique (polyculture, cultures associées) et de la diversité génétique (cultures multivariétales) est un levier d'action efficace. L'intérêt d'augmenter la diversité génétique est avéré, en particulier pour le blé et les prairies semées, pour le contrôle des bioagresseurs, le maintien de la biodiversité sauvage associée aux cultures mais aussi pour la stabilité de la production et le maintien de l'équilibre des espèces semées en mélanges plurispécifiques. D'autres recherches montrent que le fait d'associer plusieurs espèces et plusieurs variétés augmente le rendement en biomasse et diminue les besoins en eau des cultures (Litrico *et al.*, 2015). Les différentes espèces sont choisies de manière à être complémentaires pour leur utilisation des ressources. Cette pratique est intéressante pour la structure du sol, sa productivité, sa qualité et la biodiversité qui lui est associée. En Île-de-France, les cultures associées de céréales et de légumineuses s'avèrent prometteuses mais d'autres associations restent sans doute à découvrir au gré des avancées de la recherche scientifique. Il est aussi préconisé d'introduire des couverts végétaux et de réaliser des cultures intermédiaires ou des bandes enherbées (Chenu *et al.*, 2014), car dans un écosystème de type prairie, le stockage du carbone est augmenté par la diversité des espèces présentes dans le milieu (Amiaud et Carrère, 2012 ; Huyghe et Litrico, 2008). Cette technique de mélange de cultures s'avère avoir aussi une interaction positive sur la production primaire dans le cas de mélanges entre graminées et légumineuses (Kirwan *et al.*, 2007), l'introduction de « doses » de pluri-spécificité minimisant les attaques de bioagresseurs sur les cultures. Cela plaide également pour les mélanges variétaux et la diversité génétique intra-spécifique.



La diversité génétique des semences est essentielle à l'adaptation des cultures aux changements. Ici, du blé en sélection massive. © G. Lecuir

* **Protéger les habitats spécifiques et les milieux favorables** (fossés, haies, bandes enherbées, lisières, arbres et bosquets isolés, mares et mouillères)



L'observation de proliférations de populations de ravageurs dans les grandes zones de monoculture plaide pour des solutions alternatives à l'usage des traitements chimiques, dont l'inefficacité à moyen et long terme est démontrée. Parmi les solutions naturelles, la lutte biologique consiste à favoriser la prédation des organismes pathogènes par des prédateurs naturels. En soi, il s'agit de rétablir des chaînes trophiques (« qui mange qui ? ») fonctionnelles dans les parcelles agricoles. Le renforcement des habitats connexes, des aménagements pour la biodiversité en capacité de favoriser l'accueil de la faune et de rétablir des interactions biologiques (reproduction, nourrissage, prédation, etc.) paraît pertinent. Cette infrastructure agroécologique peut être constituée d'éléments de différentes natures : bandes enherbées (si elles sont suffisamment larges), bordures de champs, arbres isolés, haies champêtres plurispécifiques, bosquets, boqueteaux et buissons, ripisylves, fossés de drainage, mares et mouillères. Il est intéressant de noter que la restauration de 60 000 km de haies en Île-de-France permettrait de stocker 75 000 t de carbone en plus chaque année (une haie stocke en moyenne 125 kgC/m/an). D'autant plus qu'en matière de biodiversité, ces haies sont de véritables habitats pour de nombreuses espèces inféodées aux milieux agricoles, notamment l'avifaune et les insectes auxiliaires utiles. Elles font aussi office de continuités écologiques indispensables pour le déplacement des espèces, un atout de plus dans le cadre de l'adaptation au changement climatique.



Les haies ont un rôle crucial dans la régulation des ravageurs des cultures par les auxiliaires. © M. Zucca

* **Conserver ou rétablir des zones d'expansion des crues en milieu rural** comme zones « tampon » pour pallier d'éventuelles crues



On observe depuis plusieurs années un déclin des milieux herbacés en Île-de-France, ces derniers ne représentant plus que 4 % de la surface agricole utile régionale. C'est le cas des prairies humides et inondables qui sont des milieux essentiels à la fois pour la biodiversité mais aussi pour le stockage du carbone et l'adaptation, aux inondations notamment (ces prairies faisant office de zones d'expansion des crues). Ces milieux constituent souvent le dernier reliquat prairial naturel où se réfugient actuellement des espèces qui n'y étaient pas spécialement adaptées au départ comme le Râle des genêts, qui a disparu d'Île-de-France. Ils ont souvent été remplacés par des peupleraies plus ou moins intensives mais dont la biodiversité est toujours moindre. Enfin, un débat important existe depuis plusieurs années sur l'avenir de la Bassée, zone naturelle de Seine-et-Marne. Le rôle de celle-ci pour l'écrêtement naturel des crues est reconnu mais un projet d'aménagement majeur y est envisagé : il s'agirait à la fois de canaliser le cours de la petite Seine et de créer une dizaine de caissons artificiels de stockage des eaux de crues exceptionnelles. Ce projet affecterait fortement la biodiversité de cette région dont l'intérêt patrimonial est exceptionnel en Île-de-France. Cet exemple montre bien qu'il y a aussi un défi dans la conciliation des différents enjeux et moyens à mettre en œuvre pour atteindre un objectif commun comme la protection des personnes et des biens face aux inondations.



Les zones d'expansion des crues seront d'autant plus nécessaires à l'avenir du fait du changement climatique. Il faut les restaurer massivement. © N. Flamand

* **Renforcer le stockage du carbone dans les sols et la biomasse** par des pratiques adaptées



Les milieux prairiaux stockent autant de carbone que les forêts (soit 70 tC/ha), par rapport aux 43 tC/ha des milieux agricoles : il est important d'assurer au niveau régional des politiques de préservation des prairies permanentes, pâturées ou non, voire d'envisager leur restauration. En effet, on peut noter que la conversion des terres, dans ce contexte, d'une culture traditionnelle en prairie aurait pour effet d'augmenter la capacité de stockage du carbone. Négatives si l'on convertit des prairies ou forêts en cultures, mais positives si l'on convertit des cultures en prairies (ex. passage de culture à prairie permanente = +0,49 de C). Selon Le Roux *et al.*, pour maintenir une biodiversité pérenne en milieu agricole, il faudrait atteindre un seuil de 20 % de milieux semi-naturels herbacés (pour une moyenne de 11,6 % actuellement en Île-de-France). L'atteinte de cet objectif écologique reviendrait à restaurer 46 000 hectares de prairie, ce qui équivaldrait à 80 000 TeqCO₂ stockés en plus par an. Comme souvent, les solutions pour améliorer la biodiversité sont aussi celles qui permettent de lutter contre le changement climatique. Par ailleurs, afin de stocker du carbone dans les sols et de réduire leur érosion, il est recommandé d'adopter des techniques de culture telles que la réduction du labour associée à un semis direct et un travail superficiel du sol. L'ADEME¹ précise ainsi qu'il faut favoriser la couverture des sols nus par l'incorporation de cultures intermédiaires dans la rotation, l'enherbement des interrangs des vignes et des vergers et l'augmentation de la durée de vie des prairies temporaires.



Les pratiques favorisant la biodiversité des sols améliorent le stockage de carbone par ces derniers. @ L. Pagès

1. http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/7886_sol-carbone-2p-bd.pdf

* **Réintroduire une diversité d'arbres** dans les cultures via l'agroforesterie



L'agroforesterie revient à réintégrer l'arbre au sein des cultures ou des pâturages. La présence d'arbres a plusieurs atouts, notamment le fait d'augmenter la production primaire (Chenu *et al.*, 2014) ce qui conduit à accroître efficacement l'entrée de carbone dans les sols et à limiter sa sortie par l'évitement de l'érosion des sols (donc à lutter contre la pollution des sols et des rivières). De plus, l'agroforesterie réduit fortement l'uniformisation des paysages en recréant une mosaïque de milieux plus hétérogènes. Cette technique doit aussi être cohérente avec les contextes locaux, pour les choix des essences d'arbres, qui pourront par ailleurs être diversifiées au sein d'une même parcelle. La mise en œuvre de ces pratiques agricoles, sans changement majeur de l'orientation des systèmes de production, permettrait donc une augmentation relative du stock de carbone des sols, ainsi qu'une production directe (bois, biomasse). La fertilité biologique des parcelles en présence d'arbres est augmentée (Boukcim, 2010), et le taux de matière organique est parfois supérieur de 50 % par rapport aux parcelles témoins (sans arbres). La réintroduction d'arbres offre gîte, nourriture et refuge à de nombreux auxiliaires (pollinisateurs, insectes), ce qui permet de lutter biologiquement contre les ravageurs et pathogènes et donc de limiter les apports d'intrants (Le Roux, 2008). L'agroforesterie – encore très peu développée en Île-de-France – pourrait séquestrer entre 1 et 4 tonnes supplémentaires de C/ha/an et contribuerait de façon non négligeable au Schéma régional de Cohérence écologique (SRCE) en renforçant la trame arborée en milieu agricole. La présence d'arbres permet aussi de réguler l'humidité des sols sans concurrencer les cultures (enracinement profond) et donc d'éviter des phénomènes d'engorgement ou de ruissellement dommageables pour les sols. Enfin, elle peut participer à diversifier les revenus des agriculteurs qui valorisent ces arbres en bois d'œuvre, en bois-énergie ou en production alimentaire associée (fruits).



Le retour de l'arbre dans les cultures est avantageux à plusieurs égards pour le climat et la biodiversité © P. Monin / Bergerie de Villarceaux

* **Encourager le retour de l'élevage dans les fonds de vallées franciliennes, et la polyculture-élevage**



Aujourd'hui, l'élevage ne représente plus que 7% des exploitations de la région (Agreste, 2013). L'élevage – ou plus largement le pâturage, parfois sans vocation de rente (équidés) – a pourtant des atouts à la fois pour le climat et la biodiversité¹. S'il est souvent pointé du doigt car responsable d'émission de GES quand il est intensif (du méthane notamment), il peut aussi contribuer à maintenir des prairies permanentes en Île-de-France, essentielles pour le stockage du carbone (voir p. 23). Pour la biodiversité comme pour le climat, seuls des élevages extensifs sont intéressants, ce qui nécessite de s'intéresser aux capacités de charge des écosystèmes et de ne pas les dépasser. Par ailleurs, l'herbivorie (toujours extensive) est intéressante pour la fertilité des sols (incorporation de fèces).

Le mélange des espèces et races (bovins, ovins, caprins, équidés) permet aussi de diversifier la pression sur la végétation (consommation différente en fonction des espèces). En Île-de-France, le retour de l'élevage aurait du sens dans les fonds de vallées, à la place de la populiculture. Sur les coteaux, des prairies temporaires, de fauche ou pâturées, en rotation avec des cultures de rente sont également possibles. Les prés-vergers sont aussi un choix intéressant pour l'élevage, en combinant la présence de milieux herbacés et d'arbres au sein des parcelles. La présence des arbres stabilise les pentes, limite l'érosion des sols, est appréciée par les animaux, participe à la diversification de la production et, enfin, sert de refuge pour certaines espèces sauvages. Pour finir, dans l'optique d'une production de qualité, certaines races reconnues pour leur rusticité (vêlage facile, résistance aux maladies), telles que les salers, pourraient être appréciées dans la filière allaitante.



L'élevage extensif a quasiment disparu d'Île-de-France alors que la demande locale y est la plus forte. © DR

1. Voir le rapport « Élevage et biodiversité en Île-de-France, des synergies à encourager. Le cas des vallées franciliennes » <http://www.natureparif.fr/attachments/observatoire/rapports-etudes/elevage.pdf>

QUELLES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR LES FORÊTS ?



Les forêts hébergent près de 65% des espèces terrestres recensées. Elles jouent également un rôle majeur dans la régulation de l'air et du climat. Véritables puits de carbone, les milieux forestiers permettent le stockage (quantité permanente de carbone stocké) et la fixation (variation du stock par an) du carbone au sein de la biomasse vivante et morte. Les stocks de carbone dans les écosystèmes forestiers sont difficiles à quantifier : ils varient en fonction du climat, de l'essence, du type de sol et des pratiques de gestion des sols. Les chercheurs estiment néanmoins que les forêts adultes boréales et tempérées de l'hémisphère nord stockent 2,4 tonnes de carbone par hectare et par an¹. Plus un arbre est vieux, plus il capture de CO₂ dans l'atmosphère pour continuer à croître, ce qui confirme l'intérêt de préserver les forêts anciennes et les peuplements âgés (Luyssaert *et al.*, 2008). Les écosystèmes forestiers français métropolitains captent annuellement par la photosynthèse l'équivalent d'un tiers des émissions de CO₂ françaises, soit 32 MtC/an. Le carbone est stocké dans la biomasse (aérienne et souterraine) à raison de 1 147 MtC pour l'ensemble de la forêt française métropolitaine, et dans le sol, qui accumule près de la moitié du stock total avec 1 074 MtC. Au même titre que les peuplements végétaux, la protection des sols est primordiale dans les politiques de lutte contre les changements climatiques en forêt. Enfin, les arbres de gros diamètre constituent des

stocks importants (troncs, branches, grosses racines). Ici encore, les solutions favorables à la biodiversité sont aussi celles qui favorisent le stockage du carbone et l'adaptation.

Les milieux forestiers ont donc un réel potentiel d'atténuation du changement climatique causé par les activités humaines.

Mais ces espaces forestiers, comme tous les autres espaces naturels, vont être et sont d'ores et déjà impactés par le changement climatique. Bien que la connaissance soit encore incomplète et incertaine, il est probable que le changement climatique induise le déplacement des aires de répartition des espèces végétales de 200 à 1 200 km vers le nord d'ici 2100, ce qui impactera par la même occasion la diversité biologique qui leur est associée. Les sécheresses seront plus fréquentes et plus intenses, ainsi que les feux de forêts. L'augmentation du CO₂ atmosphérique pourrait également accroître la densité des arbres (GIEC), ce qui mènerait à une plus grande compétition entre les arbres pour la lumière, inhibant leur croissance et diminuant ainsi leur capacité de stockage de CO₂. Cela aurait également des conséquences sur les espèces vivant au sol. Enfin, l'augmentation prévisible de la fréquence et de l'intensité des tempêtes pose la question de la résistance et de la résilience des forêts face aux vents très violents.

1. <http://www.planetoscope.com/climat/co2>

En Île-de-France, selon la DRIAAF, le taux de boisement est de 23 %, relativement peu éloigné du taux moyen national de 26 %. Malgré son caractère urbain remarquable, l'Île-de-France est donc aussi forestière que bon nombre d'autres régions françaises. Qui plus est, comme ailleurs en France, la forêt progresse en Île-de-France tout en étant inégalement répartie sur le territoire régional : quelques très gros massifs forestiers (principalement ceux de Fontainebleau et Rambouillet) émergent au milieu d'une forêt dispersée dans le territoire rural de la grande couronne. La forêt francilienne est aux 2/3 privée avec une évolution graduelle du centre vers la périphérie : dans Paris et la première couronne la proportion de forêt publique (près de 90 %) est beaucoup plus importante que dans les départements de la grande couronne.

Il est évident que les pratiques sylvicoles (en fonction des options choisies) peuvent affecter à la fois la capacité des forêts à stocker du carbone et leur biodiversité. Les interventions humaines ont profondément modifié la végétation climacique, plus d'ailleurs en ce qui concerne la strate dominante que la flore arbustive et herbacée.

La sylviculture, par ses traitements en taillis, simple ou sous futaie, a longtemps favorisé les essences rejetant de souche (chênes, charme, tilleul, bouleaux) au détriment du hêtre. Elle a également introduit massivement des essences étrangères à la région ou peu répandues naturellement : le châtaignier pour les feuillus et le pin sylvestre pour les conifères. Si la forêt francilienne ne fait pas l'objet d'une exploitation intensive, les gestionnaires et les scientifiques s'interrogent aujourd'hui sur les approches permettant à la forêt de répondre à ces multiples défis. Elle est l'objet de réflexions visant à accroître son exploitation notamment pour le bois construction ou le bois énergie. Ces politiques doivent s'attacher à privilégier une gestion qui fait sens au regard de la biodiversité et des changements climatiques. Comme dans le cas de l'agriculture, il s'avère que les solutions sont souvent les mêmes pour l'atténuation et pour l'adaptation. Selon les chercheurs, les gestionnaires gagneraient à allonger les cycles sylvicoles, conserver bois mort et rémanents en forêt, éviter les coupes rases et préférer les interventions prudentes et continues, favoriser le mélange des essences et donc privilégier les traitements irréguliers à couvert continu.



Forêt de Rosny-sur-Seine. © A. Muratet

* Promouvoir une gestion adaptative en faveur de la biodiversité



La « gestion adaptative » est un terme ambigu qui peut signifier plusieurs choses. Dans notre esprit, il s'agit de pratiquer une gestion (qui peut aussi être une absence de gestion) qui tienne compte des paramètres climatiques locaux (changeants) et qui donne à la forêt le maximum de chance de faire face aux aléas et de se maintenir sur le temps long.

Cette gestion adaptative doit aussi miser sur le potentiel biologique de la forêt et sa diversité comme levier pour l'adaptation. Selon Frédéric Goselin, chercheur à l'IRSTEA, la gestion adaptative doit permettre d'optimiser les capacités d'adaptation des essences forestières face au changement climatique. Il préconise de faire cohabiter plusieurs types de gestion : une mosaïque de peuplements de toutes surfaces, jeunes et âgés, éclairés et ombragés, avec des degrés d'humidité divers et des lisières variées. Cela va de la forte naturalité (forêts non-gérées) à la gestion plus intensive, en tenant compte des cycles sylvigénétiques, en conservant du bois mort et des îlots de sénescence, en limitant le tassement des sols, etc. Cette situation peut convenir à la forêt francilienne. La présence fréquente d'une régénération naturelle en sous-bois permet de conserver le potentiel génétique et spécifique du peuplement et lui garantit une bonne résilience face aux fortes perturbations (tempête, incendie, etc.) ainsi qu'une capacité d'adaptation optimale dans le cadre du changement climatique.

Selon Daniel Vallauri, responsable du programme Forêts au WWF, si l'on cherche à maximiser le stock de carbone dans l'écosystème forestier, l'allongement des cycles sylvicoles est le meilleur choix de gestion. Il permet également d'optimiser la production de gros bois d'œuvre de qualité, économiquement intéressant pour le propriétaire. Par ailleurs, un peuplement multistratifié stockera mieux le carbone grâce à l'interception par les strates basses du carbone relargué par le sol. Cette complexité structurale est par ailleurs plus favorable tant pour la stabilité et la résilience des peuplements, que pour la biodiversité¹. L'ADEME préconise enfin de ne pas prélever toute la biomasse aérienne en laissant une part des rémanents au sol pour préserver la fertilité chimique et minérale des sols forestiers et réduire les risques de tassement, ce qui participe à l'augmentation des stocks de carbone. Cette mise en garde est

d'autant plus pertinente que les politiques de développement du bois-énergie se développent actuellement, avec un risque réel de surexploitation forestière. Quant au prélèvement, s'il convient d'éviter autant que possible les coupes rases, les auteurs soulignent qu'une réduction de la densité de coupe à environ 8 arbres/ha serait bénéfique à la fois pour le stockage du carbone, mais aussi pour la biodiversité présente, en maintenant une distance minimale de 35 mètres entre arbres abattus. Enfin, les arbres, dont le diamètre est supérieur à 100 cm, ne devraient pas être abattus car ce sont eux qui stockent les plus grandes quantités de carbone.

* Favoriser le mélange des essences



La plantation d'un hectare de forêt tempérée peut permettre un stockage supplémentaire de 2 à 12 tonnes de carbone par an. Les peuplements mélangés présenteraient une meilleure adaptation aux changements globaux, notamment le changement climatique (Legay *et al.*, 2007 et 2008). D'autre part, le mélange améliorerait la stabilité et la résilience des peuplements suite à des aléas biotiques ou abiotiques (Dhôte *et al.*, 2005) grâce à une structure verticale complexe, qui permet en outre une prospection racinaire à différents niveaux, utilisant au mieux les réserves en eau du sol. Il est généralement admis par les chercheurs et gestionnaires qu'une plus forte diversité en essences d'arbres dans un peuplement contribue à une meilleure résistance de ces peuplements à la sécheresse dans certaines situations. Autant d'éléments qui incitent à une gestion douce « à l'arbre » plutôt qu'à la parcelle.

* Préserver ou augmenter la diversité génétique



Selon François Lefèvre, chercheur à l'Institut national de la Recherche agronomique (INRA), la diversité génétique est le « carburant » nécessaire pour une évolution adaptative des forêts, qu'il s'agisse d'adaptation naturelle ou d'adaptation dirigée. Au sein même des essences, elle permet l'émergence d'individus plus résistants que d'autres, de même que la diversité spécifique permet de prévenir l'effondrement des peuplements dans le cas de l'élimination de l'une ou l'autre essence. Ce sont là deux facteurs clé de la résilience des essences et des peuplements au changement climatique.

1. Rossi M., André J., Vallauri D., 2015. Le carbone forestier en mouvements. Éléments de réflexion pour une politique maximisant les atouts du bois. Lyon, Rapport REFORA, 40 pages. http://refora.online.fr/parutions/Rapport_carbone_forestier.pdf

* Préserver les milieux associés



La forêt abrite une multitude d'écosystèmes, par exemple les clairières, landes et pelouses en zones sèches ou humides, les prairies, ou encore les plans d'eau (mares et étangs) et les cours d'eau (ruisseaux, sources, suintements et principaux fossés). Ces milieux participent de la richesse biologique des forêts et constituent des milieux « ouverts » qui abritent une faune et une flore variées. Ils sont également nécessaires à de nombreuses espèces forestières pour leur reproduction, nourrissage, couvert. Ces milieux constituent autant d'habitats pour les prédateurs naturels, favorisant ainsi la lutte biologique.



Il faut laisser à certaines parties de la forêt la possibilité d'évoluer naturellement, sans intervention humaine. © M. Zucca

* Maintenir des îlots de vieillissement et conserver une trame de vieux bois en libre évolution



Il est indispensable de conserver une trame de vieux bois, qu'il s'agisse d'arbres isolés (arbres à micro-habitats, arbres morts, etc.), d'îlots de sénescence (zones laissées en évolution naturelle à la différence des îlots de vieillissement coupés plus tard que l'âge/diamètre d'exploitabilité courant), ou de réserves intégrales. Pour être efficaces, ces éléments de la trame de vieux bois en libre évolution doivent être connectés d'un point de vue écologique (notion de corridor). En Île-de-France, la politique de maintien d'îlots de vieillissement concerne 1 810 ha, qui viennent s'ajouter à la surface classée en réserve biologique. Localement, certaines propriétés privées forestières n'ont pas fait l'objet d'exploitation ni de chasse depuis de nombreuses années, et peuvent jouer également un rôle non statutaire de réserve biologique ou d'îlot de sénescence, même si leur pérennité n'est pas assurée. De telles propriétés peuvent atteindre plusieurs centaines d'hectares dans le massif de Rambouillet.

Selon Jean Claude Génot, écologue au parc naturel régional des Vosges-du-Nord, il est important de conserver des forêts anciennes mais aussi de ne plus gérer certaines forêts et de les laisser à leur libre évolution naturelle. Pour lui, la gestion conservatoire supposée augmenter la biodiversité ne fait que favoriser des espèces artificiellement maintenues dans des milieux ouverts, bien plus pauvres en diversité que les friches et les milieux boisés résultant d'une évolution naturelle. En évolution naturelle, les forêts constituent des laboratoires vivants d'adaptation au changement climatique. Enfin, certains massifs forestiers, sur coteaux comme en fond de vallée, doivent être absolument préservés : ils jouent un rôle crucial de protection face au ruissellement et aux mouvements de terrains.

* Réduire la fragmentation forestière et créer des corridors



La fragmentation demeure une problématique majeure bien que les marges d'actions soient probablement plus limitées qu'en ce qui concerne la gestion intra-forestière. Malgré une densité unique d'infrastructures de transport, le niveau de fragmentation paysagère des forêts franciliennes se situe dans la moyenne nationale (50 mètres linéaires par hectare comme au niveau national). Cette fragmentation est aussi due à la grande multiplicité des propriétaires forestiers (les 2/3 de la forêt francilienne sont privés), sachant que cela peut aussi être un atout puisque de nombreux propriétaires n'exploitent pas ces forêts qui restent des zones de conservation. Dans certains contextes, l'isolement de plusieurs massifs par les grandes infrastructures ou l'urbanisation ne permet pas les processus d'immigration ou d'émigration nécessaires au maintien des populations (notamment la faune, incapable de se déplacer). Presque toutes les forêts situées dans un rayon de moins de 20 km autour de Paris sont totalement enclavées. Ce constat doit conduire à une meilleure prise en compte des trames forestières dans les documents d'urbanisme, mais aussi à des opérations de reboisement en vue de rétablir des corridors fonctionnels. Dans certains cas, la création de passages à faune peut s'avérer une solution efficace (passages routiers ou ferroviaires), notamment pour les grands mammifères. Ces derniers doivent cependant être de largeur suffisante pour être fonctionnels.



Les champs d'arbres monospécifiques sont vulnérables. © J. Birard

* Limiter la populiculture



La culture monospécifique du Peuplier, notamment dans les vallées alluviales, pose des problèmes vis-à-vis de la biodiversité. Elle représente le maximum de la simplification biologique. D'ailleurs, les dégâts occasionnés en Europe sur le Peuplier par les différentes espèces de *Melampsora* témoignent de la faible résistance des cultures monoclonales aux aléas environnementaux (Pinon *et al.*, 1998). En Île-de-France, deux secteurs ont tout particulièrement été dégradés par la populiculture : la Bassée et la vallée de l'Ourcq. Ces peupleraies n'abritent qu'une diversité biologique très faible et n'ont pas les caractéristiques d'une zone humide fonctionnelle. Dans la perspective du changement climatique, la préservation des forêts alluviales est nécessaire, en lien avec des pratiques agricoles extensives, comme le pâturage en fond de vallée.

EN PRIORITÉ : PRÉSERVER ET RESTAURER LES ZONES HUMIDES LIÉES AUX MILIEUX URBAINS, AGRICOLES ET FORESTIERS

En Île-de-France, les zones humides représentent environ 2,8% de la superficie régionale (contre 5% au niveau national), en incluant l'ensemble des boisements humides de fond de vallée et même les peupleraies (2,1% sans ces dernières). Les milieux humides ont perdu plus de 50% de leur surface en un siècle, et une partie importante de ceux qui perdurent sont généralement des plans d'eau d'origine artificielle, notamment issus de carrières. Les zones humides figurent parmi les écosystèmes les plus vulnérables vis-à-vis du changement climatique, la dégradation et la perte de ces milieux étant plus rapides que celles de tout autre écosystème (GIEC, 2007). Pourtant, que ce soit en milieu urbain ou rural, elles assurent des fonctions essentielles et les services qu'elles rendent sont nombreux, dont les principaux sont la prévention des inondations, l'épuration des eaux et le stockage de carbone.

Elles constituent également un réservoir de biodiversité et sont le lieu de reproduction et de nidification de nombreuses espèces animales. La préservation de la diversité des zones humides constitue un enjeu aussi important pour la biodiversité que pour le climat. Par ailleurs, les protéger est moins coûteux que de construire des digues¹. Mais seules des zones humides dans un bon état écologique peuvent jouer leur rôle d'éponge naturelle face au changement climatique.

Les zones humides peuvent être à la fois des puits et des sources de carbone. En fonctionnement naturel, ce sont en général des puits: la végétation forme de la tourbe et l'ensemble des deux est capable de stocker le carbone. En fonctionnement

perturbé, elles deviennent des sources de carbone. Une étude menée dans le cadre du Programme national de recherche sur les zones humides (PNRZH) a permis de montrer que les émissions de carbone varient d'une tourbière à l'autre: les tourbières alcalines sont plus productrices de CO₂ que les tapis de sphaignes. Dans des conditions anaérobies saturées en eau et particulièrement réductrices, il peut y avoir production de méthane. Mais dans tous les cas, les tourbières piègent une partie non négligeable du carbone de façon persistante (plusieurs millénaires) empêchant ce dernier d'entrer à nouveau dans le cycle du carbone et donc de participer à l'effet de serre. Les ripisylves permettent elles aussi de piéger le carbone pendant des périodes relativement longues dans les parties pérennes des arbres (troncs, branches). Ce carbone ne peut alors pas retourner dans l'écosystème avant plusieurs dizaines voire centaines d'années.

Pour l'Île-de-France, l'enjeu principal est de préserver les zones humides existantes et les milieux inondables associés (prairies humides, forêts alluviales) de toutes tailles (notamment les mares et mouillères forestières) et de limiter la gestion trop intensive de ces milieux: conversion en peupleraies, exploitation des forêts alluviales, destruction des ligneux colonisateurs et étrépage des tourbières, creusement des mares devenues non fonctionnelles, enlèvement des bois morts². Par ailleurs, notons que les mesures en faveur de l'agroécologie permettraient de réduire à la fois la pollution et une trop forte sollicitation des zones humides vis-à-vis de la consommation d'eau.



Forêt alluviale inondée, marais du Refuge à Lesches. © M. Zucca

1. http://www.econostrum.info/Des-zones-humides-pour-amortir-les-effets-du-rechauffement_a16832.html#ixzz3iW8aQBZ9

2. Selon A. Schnitzler - http://www.snpn.com/IMG/pdf/ZHI_67.pdf

CONCLUSION

Il existe une grande diversité de « solutions fondées sur la nature » pour l'adaptation comme pour l'atténuation du changement climatique. Elles n'ont pas toutes le même degré de maturité, ni la même facilité de mise en œuvre, mais chacune des solutions proposées dans ce document a été au moins une fois mise en œuvre par les acteurs du territoire. Les solutions naturelles ont l'avantage de contribuer à de multiples bénéfices environnementaux et sociaux, tout en étant plus vertueuses pour les dépenses publiques que des solutions plus strictement issues du génie civil et de l'ingénierie classique.

Si les mesures utilisant la biodiversité présentent des atouts indéniables, le principal frein à leur application réside dans les moyens de leur mise en œuvre.

Tout d'abord, ces mesures demandent un changement des modes de pensée des sociétés, nécessitant d'abandonner des pratiques habituelles comme par exemple les systèmes de production intensifs en milieu agricole, pour des systèmes qui peuvent sembler moins avantageux à court terme, bien qu'ils le soient à long terme. La diffusion de la connaissance scientifique à toutes les parties prenantes est essentielle de même que les occasions de dialogue ou de confrontation entre des personnes aux intérêts pour chacun légitimes mais néanmoins divergents.

Ensuite, il faut tenir compte du fait que l'ingénierie écologique est une science nouvelle et en développement dont nous ne maîtrisons pas tous les procédés. Cette discipline demande notamment des avancées scientifiques supplémentaires qui nécessitent du temps, alors que, dans le contexte du changement climatique, nous avons besoin de mesures rapides.

Enfin, ces solutions génèrent la plupart du temps des économies collectives, en réduisant les externalités, plutôt que du profit individuel.

En vue de la COP21, il est donc important de combiner des mesures d'ingénierie écologique avec des technologies traditionnelles durables comme l'éolien ou l'utilisation de l'énergie solaire et hydraulique, pour permettre une réelle adaptation au changement climatique. Mais ce développement de techniques pour atténuer et s'adapter aux changements globaux, particulièrement en ciblant le carbone, doit éviter l'écueil de projets sans concertation, limité à un seul secteur, domaine ou type d'acteur. Comme dans la nature, c'est de la diversité que naîtra la richesse.

SYNTHÈSE DES MESURES POUR L'ADAPTATION ET L'ATTÉNUATION

SYNTHÈSE DES MESURES	SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES	SOLUTIONS ÉCOLOGIQUES
ADAPTATION		
LUTTE CONTRE L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN	Climatiseurs Arrosage des rues	Végétalisation des rues et du bâti
LUTTE CONTRE LES RISQUES D'INONDATIONS ET DE FORTES PLUIES	Digues et canalisations	Restaurer le petit cycle de l'eau dans les villes par la création de mares et bassins de récupération des eaux de pluies Engager un programme de déminéralisation des espaces urbains (cours d'école, d'immeubles, voiries) en lien avec les politiques de végétalisation
LUTTE CONTRE LA SÉCHERESSE	Arrosage intensif Sélection de semences	Pratiques agroécologiques en lien avec les conditions climatiques locales
ATTÉNUATION		
STOCKAGE DU CARBONE	Séquestration par géo-ingénierie	Augmentation de la biomasse en ville et à la campagne Politiques de préservation des sols luttant contre leur imperméabilisation
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS	Isolation par des matériaux classiques à base pétrole	Isolation via des matériaux biosourcés Végétalisation des bâtiments (toitures et façades)
RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN VILLE	Transports propres	Transports à empreinte écologique réduite, à sources d'énergies décarbonnées et infrastructures de transports en accord avec le SRCE
RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN AGRICULTURE	OGM, sélection d'espèces	Réduction du travail du sol Augmentation de la biomasse par cultures sous couvert et cultures associées Introduction de l'arbre dans les cultures (agroforesterie)
ÉNERGIES RENOUVELABLES	Énergies renouvelables non éco-conçues	Énergies renouvelables contenant des composants à impact réduit sur la biosphère, organisées en cohérence avec les territoires et décentralisées, tendant vers l'autosuffisance énergétique des territoires
STOCKAGE DU CARBONE EN FORÊT	Sélection d'essences à croissance rapide	Conservation des vieux arbres Gestion adaptative valorisant la biodiversité

BIBLIOGRAPHIE NON EXHAUSTIVE

Actes de la conférence « Climat et biodiversité : Rencontre avec les experts français de l'IPBES et du GIEC » - <http://www.fondationbiodiversite.fr/fr/interface-recherche-societe/societe-civile/decisions-publiques/international/ipbes/ipbes-rencontre-ipbes-giec-6-nov-2014.html>

Barbault, R., Weber, J., 2010. Biodiversité et climat : le janus du changement global - <http://www.x-environnement.org/images/stories/jr/jr12/5-biodiversite-et-climat-barbault-weber.pdf>

Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie d'Île-de-France (SRCAE) - http://www.srcae-idf.fr/IMG/pdf/SRCAE_-_Ile-de-France_version_decembre_2012_vdefinitive_avec_couverture_-_v20-12-2012_cle0b1cdf.pdf

Plan Régional pour le climat d'Île-de-France - <http://www.iledefrance.fr/sites/default/files/mariane/RAPCR43-11RAP.pdf>

Réseau Action Climat France, Les émissions importées : le passager clandestin du commerce mondial - http://www.rac-f.org/IMG/pdf/EMISSIONS-IMPORTEES_RAC-Ademe-Citepa.pdf

Bruno Locatelli, Les synergies entre adaptation et atténuation en quelques mots - CIFOR : <http://www.cifor.org/fileadmin/fileupload/cobam/FRENCH-Definitions%26Conceptual-Framework.pdf>

Green infrastructure, European commission - <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/greeninfrastructure.pdf>

Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity - <http://max2.ese.u-psud.fr/epc/conservation/PDFs/Impacts.pdf>

IPCC, 2001. Climate change 2001: synthesis report. Cambridge University Press - <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/english/front.pdf>

Le changement climatique à Paris, collectif, Météo-France et l'Agence parisienne du climat - http://bibliotheque.meteo.fr/exl-php/util/documents/accede_document.php

Rapport sur le climat de la France au 21^e siècle Volume 4, G. Ouzeau, M. Déqué, M. Jouini, S. Planton, R. Vautard, sous la direction de Jean Jouzel, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie - http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_Climat_France_XXI_Volume_4.pdf

T. Elmqvist *et al.* (eds.), Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges 175 and Opportunities: A Global Assessment - http://www.cbobook.org/pdf/Urbanization_biodiversity_and_ecosystem_services-challenges_and_opportunities_2013.pdf

Villes et adaptation au changement climatique ; rapport au Premier ministre et au Parlement. Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. La Documentation française, Paris, 2010, 224 p - http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_ville_et_adaptation.pdf

Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services (Oberndorfer *et al.* 2007) - <http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1641/B571005>

J.M. Meynard, A. Messéan, A. Charlier, F. Charrier, M. Farès, M. Le Bail, M.B. Magrini, 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Rapport d'étude, INRA, 226 p. <http://agriculture.gouv.fr/la-diversification-des-cultures-comment-la-promouvoir>

Zucca M., Birard J. & Turcati L., 2013. Diagnostic de l'état de l'état de santé de la biodiversité en Île-de-France. Natureparif, Paris. 84 p. - http://www.natureparif.fr/attachments/observatoire/Indicateurs/2013/Natureparif_diagnostic_biodiversite_WEB.pdf

Ivan Prieto, Cyrille Violle, Philippe Barre, Jean Louis Durand, Marc Ghesquière, *et al.*. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. Nature Plants, 2015, 1 (4), pp.1-5 - <http://www.nature.com/articles/nplants201533>

DRIAAF, la forêt francilienne - http://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/foret_francilienne_DRIAFIledeFrance07_cle0ebbaa.pdf

ADEME, Carbone organique des sols : l'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat, juillet 2014 - 27 p. - http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/7886_sol-carbone-2p-bd.pdf

COP21 & Agroforesterie : Du nouveau sous le soleil avec l'agriculture du carbone, Association Française d'Agroforesterie - juillet 2015 - <http://www.agroforesterie.fr/actualites/2015/documents/Agroforesterie-COP-21-du-nouveau-sous-le-soleil-avec-l-agriculture-du-carbone.pdf>

Luysaert, S., *et al.*, Old-growth forests as global carbon sinks. Nature, 2008. 455(7210): p. 213-215 - <http://www.nature.com/nature/journal/v455/n7210/full/nature07276.html>

Natacha Massu, Guy Landmann, coord., 2011. Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine, synthèse de la bibliographie. Mars 2011. ECOFOR. 180 p. - http://docs.gip-ecofor.org/libre/CCBio_SyntheseFinale_112011.pdf

Rossi, M., Vallauri, D., 2013. Evaluer la naturalité. Guide pratique, version 1.2. WWF, Marseille, 154 pages - <http://www.foretsanciennes.fr/wp-content/uploads/Rossi-Vallauri-2013.pdf>

Lefèvre, F., Collin, E. (2008). Changement climatique, diversité génétique et adaptation des forêts. Forêt Méditerranéenne, 29 (2), 243-246 - <http://prodinra.inra.fr/record/20348>

Zones Humides Infos - n° 67 - 1er trimestre 2010. 2. ZH. Infos - http://www.snpn.com/IMG/pdf/ZH_67.pdf

Retrouvez toutes les publications de Natureparif sur <http://www.natureparif.fr/connaître/publications>

**Visionnez notre dernier clip vidéo (5'33)
Climat : la nature source de solutions en Île-de-France sur <http://www.dailymotion.com/video/x37qhi8>**





NATUREPARIF

Association de loi 1901, Natureparif a été créée à l'initiative de la région Île-de-France avec le soutien de l'État français. Agence pour la nature et la biodiversité en Île-de-France, sa mission est de collecter les connaissances existantes, de les mettre en réseau, d'identifier les priorités d'actions régionales. Elle a également vocation à recenser les bonnes pratiques visant à préserver la biodiversité pour qu'elles soient plus largement mises en œuvre.

www.natureparif.fr

AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE

L'Agence de l'eau Seine-Normandie est placée sous la tutelle de deux ministères : le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie celui de l'Économie, des Finances et de l'Industrie. Son territoire de compétence est le bassin hydrographique de la Seine et des fleuves côtiers normands. Ses objectifs sont la préservation du patrimoine naturel et la rationalisation de la gestion de l'eau.

www.eau-seine-normandie.fr

GIS CLIMAT-ENVIRONNEMENT-SOCIÉTÉ

Créé en mars 2007, le Groupement d'Intérêt Scientifique Climat-Environnement-Société incite, soutient et coordonne des recherches interdisciplinaires sur le changement climatique et ses impacts sur l'environnement et la société. Il s'appuie sur l'expertise d'un ensemble de laboratoires de recherche d'Île-de-France travaillant principalement dans les domaines de la climatologie, l'hydrologie, l'écologie, la santé et les sciences humaines et sociales.

www.gisclimat.fr