

Des Solutions fondées sur la Nature

Une réponse aux défis
environnementaux et sociétaux

Freddy Rey

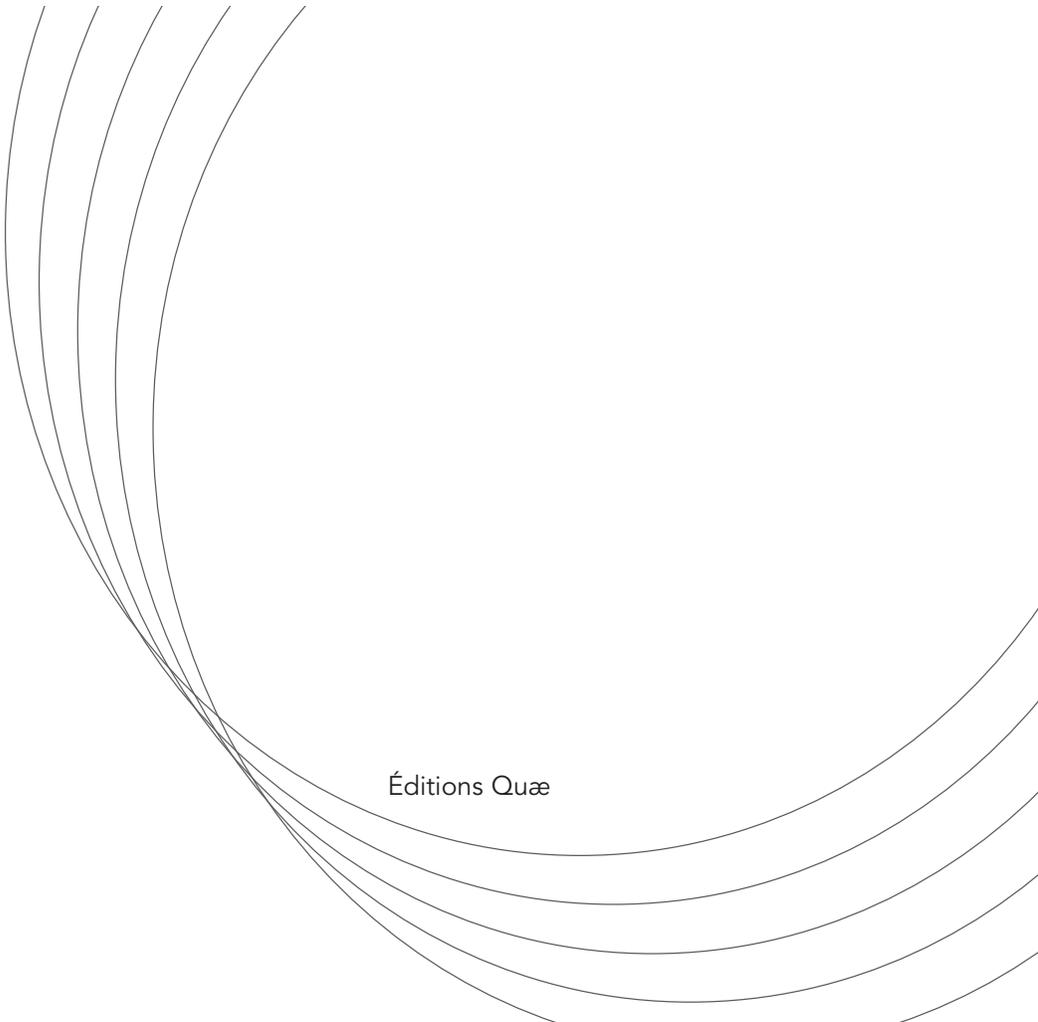


Des Solutions fondées sur la Nature

Une réponse aux défis environnementaux
et sociétaux

Freddy Rey

Éditions Quæ

A decorative graphic consisting of several thin, curved lines that sweep across the bottom half of the page, creating a sense of movement and flow.

Du même auteur, aux éditions Quæ

Restaurer les milieux et prévenir les inondations grâce au génie végétal
Matière à débattre et à décider, 2018, 116 p.

Ingénierie écologique. Action par et/ou pour le vivant ?
Rey F., Gosselin F., Doré A., coord.
Synthèses, 2014, 174 p.

Génie biologique contre l'érosion torrentielle
Guide pratique, 2011, 112 p.

Forêts de protection contre les aléas naturels. Diagnostics et stratégies
Rey F., Ladier J., Hurand A., Berger F., Calès G., Simon-Teissier S.
Guide pratique, 2009, 112 p (version ePub disponible sur www.quae-open.com).

Pour citer cet ouvrage

Rey F., 2025. *Des Solutions fondées sur la Nature. Une réponse aux défis environnementaux et sociétaux*, Versailles, éditions Quæ, 120 p.,
<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4060-9>

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits avant publication (<https://www.quae.com/store/page/199/processus-d-evaluation>).

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel de détection des similitudes et des textes potentiellement générés par IA.

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue par le projet Sonades, financé par la Direction de l'appui aux politiques publiques d'INRAE.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND 4.0.



Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex
www.quae.com / www.quae-open.com

© éditions Quæ, 2025
ISBN papier : 978-2-7592-4059-3
ISBN PDF : 978-2-7592-4060-9
ISBN epub : 978-2-7592-4061-6
ISSN : 2115-1229

Sommaire

Remerciements	5
Introduction	7
1. Le concept de Solutions fondées sur la Nature	9
Définition	9
Liens avec d'autres concepts	11
Des défis à relever	13
Miser sur les co-bénéfices des Solutions fondées sur la Nature	14
2. La réduction des risques naturels	17
Risques liés à l'eau	17
Risques gravitaires	34
Risques d'incendie	40
Risques littoraux	44
3. La sécurité de l'approvisionnement en eau	51
Sécurisation de la quantité d'eau	51
Sécurisation de la qualité de l'eau	58
4. Le développement économique et social	63
Agriculture durable	63
Foresterie durable	70
Mobilités durables	72
Chaleur de l'air	74
Qualité de l'air	76
Tourisme durable	78

5. Les défis sociétaux transverses	81
Sécurité alimentaire	81
Santé humaine	83
Atténuation et adaptation au changement climatique	85
6. Les acteurs de la mise en œuvre des Solutions fondées sur la Nature	89
La chaîne d'acteurs	89
La place de la recherche	89
La place de la formation	92
La place de l'ingénierie et des entreprises	94
La place des associations et des citoyens	97
La place des décideurs	99
7. Pour une innovation de l'action à la croisée entre plusieurs défis	107
Les vertus des approches multi-bénéfices	107
L'exemple de la réunification des cycles de l'eau	107
De nombreuses Solutions multi-bénéfices fondées sur la Nature	109
Pour une gouvernance dédiée à l'approche multi-bénéfices	111
Vers une réconciliation entre préservation de l'environnement et réponse aux défis sociétaux	111
Conclusion	113
Références bibliographiques	115

Remerciements

L'auteur remercie toutes celles et ceux qui ont apporté leur contribution au contenu de cet ouvrage, et plus particulièrement :

- les trois relecteurs anonymes des Éditions Quæ, ainsi qu'Aude Boufflet, coordinatrice éditoriale ;
- Florence Lavissière, Fabien Kufel et Marion Poncet, du Comité français de l'UICN ;
- Cindy Rey.

Introduction

Qu'est-ce qu'une Solution fondée sur la Nature (SfN) ? Comment fonctionne-t-elle ? Quel type de réponse apporte-t-elle pour concilier préservation de l'environnement et qualité de vie des citoyens, sans passer par des privations ? Comment convaincre décideurs, élus et gestionnaires de collectivités territoriales de s'en emparer ?

Les SfN sont des projets constitués d'actions sur les milieux qui font appel au fonctionnement des écosystèmes pour répondre à des défis environnementaux et sociétaux. Ce sont des approches qui permettent d'apporter un gain pour la nature ET un gain pour la société, l'un n'allant pas sans l'autre. Pour résumer, on pourrait dire que le co-bénéfice, pour la nature et pour la société, constitue la colonne vertébrale du concept.

Les défis sociétaux auxquels elles peuvent permettre de répondre sont aussi variés que la prévention des risques naturels, la sécurité de l'approvisionnement en eau, le développement socio-économique, la sécurité alimentaire, la santé humaine ou encore la lutte et l'adaptation vis-à-vis du changement climatique. Cet ouvrage expose les grands principes de mise en application des SfN pour chacun des défis, en présentant les différents types d'aménagement possibles.

Après un premier chapitre théorique qui s'attache aux concepts des SfN, les trois premiers défis cités (réduction des risques naturels, sécurité de l'approvisionnement en eau, développement économique et social) seront traités de manière détaillée, à travers les chapitres 2, 3 et 4. Les trois autres défis (sécurité alimentaire, santé humaine, atténuation et adaptation au changement climatique) sont des défis que l'on qualifiera de « transverses », en ce sens qu'ils sont plus des « résultantes » des trois premiers défis (même s'ils revêtent des actions spécifiques de réponse au défi considéré). Ils seront ainsi présentés de manière regroupée au sein du chapitre 5.

Pour l'ensemble des défis, les différents types de SfN seront exposés à travers des aménagements physiques, par exemple une zone humide ou un bassin, ou bien à travers des pratiques. Pour chaque aménagement ou pratique, il est possible d'avoir recours à différents types d'intervention : préservation, restauration et gestion durable, voire création ou encore valorisation de milieux. On ne fera cependant (de manière générale) pas de distinction ou de descriptif de ces différentes interventions, car elles dépendent du contexte rencontré à l'amont du projet, et l'objet de cet ouvrage n'est pas de toutes les balayer.

Par ailleurs, les chiffres et les données mentionnés pour chaque défi sociétal se rapportent à la France, même si les problématiques sont valables quasiment partout ailleurs dans le monde. Concernant les illustrations, on se permettra de s'inspirer de ce qui se fait dans différents pays.

Il existe de multiples compétences permettant de mettre en œuvre ce type de solutions, en particulier en ingénierie écologique et agroécologique, et les recherches sur cette thématique sont nombreuses. Il s'agit ici de revisiter des savoirs et des savoir-faire développés au service des projets à co-bénéfices « nature / société », avec pour finalité de mieux répondre aux défis environnementaux et sociétaux d'aujourd'hui et de demain.

La chaîne d'acteurs à mobiliser pour une mise en œuvre effective et efficace des SfN doit être convoquée et solidifiée. Chercheurs, formateurs, ingénieurs, citoyens et décideurs sont tous concernés. L'ouvrage leur consacre un chapitre dédié, avec un focus particulier sur les décideurs, puisque c'est à eux qu'appartiennent les choix d'action. Les SfN sont des approches gagnant-gagnant dont ils doivent s'emparer dès maintenant !

1. Le concept de Solutions fondées sur la Nature

Définition

Une SfN est un projet organisé sur le fonctionnement des écosystèmes et à co-bénéfices, avec pour condition *sine qua none* de procurer un gain net pour la biodiversité, en même temps qu'elle répond à un autre grand défi de société. Le concept a été créé par les conservateurs de la nature, plus particulièrement l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et ses déclinaisons nationales, dont le Comité français. De manière formelle et précise, les SfN représentent « les actions visant à protéger, restaurer et gérer de manière durable des écosystèmes naturels ou modifiés, pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité dans le contexte des changements globaux » (résolution 069 de l'IUCN, *Congrès mondial de la nature*, Hawaï, 2016). Elles peuvent correspondre à trois types d'actions : la préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique, la restauration ou l'amélioration de l'état d'écosystèmes dégradés ou encore la création d'écosystèmes. Ces actions doivent alors répondre à des enjeux à la fois écologiques, économiques et sociaux. À une période récente où nature et aménagement pouvaient parfois s'opposer, les SfN sont apparues comme les (ré)conciliatrices entre les conservateurs et les usagers, et plus largement l'écologie et l'économie.

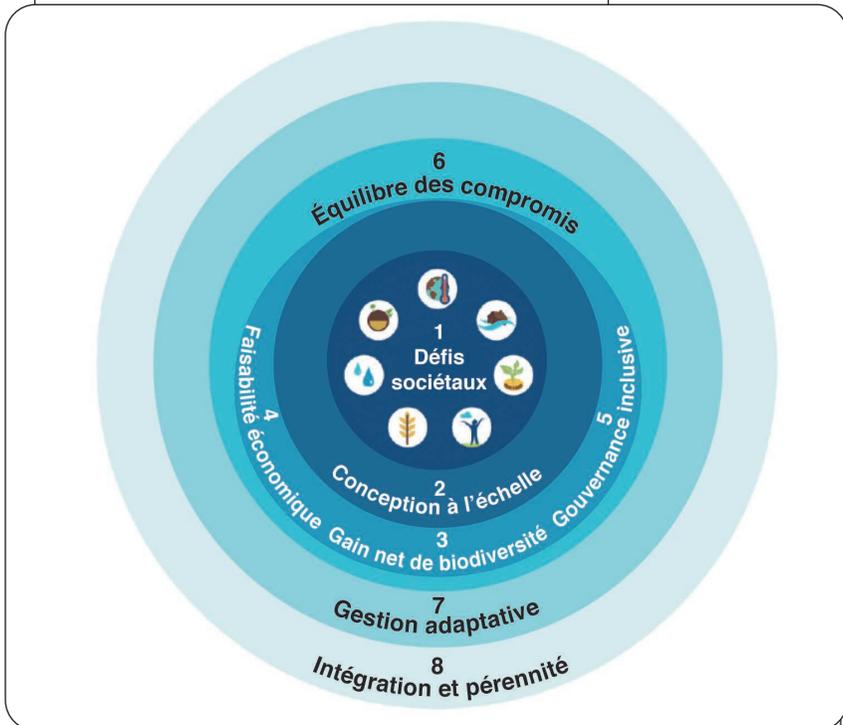
Au niveau européen, le Parlement européen (2022) a adopté et adapté cette définition, en précisant qu'elles s'entendent par « des solutions inspirées et soutenues par la nature, qui présentent un bon rapport coût-efficacité, apportent simultanément des avantages environnementaux, sociaux et économiques et contribuent à renforcer la résilience. Ces solutions apportent davantage et plus de diversité à la nature et aux caractéristiques et processus naturels dans les villes, les paysages et les milieux marins, au moyen d'interventions systémiques adaptées au niveau local et économes en ressources ».

Notons qu'il existe un Standard mondial de l'UICN pour les SfN qui s'appuie sur la reconnaissance et la prise en considération de 8 critères pour les projets de SfN (UICN, 2020 ; figure 1.1). Ce standard comporte 28 indicateurs aidant à détailler les critères énumérés (UICN Comité français, 2021).

L'UICN Comité français (2021) a établi un guide présentant 8 questions clés à se poser afin de s'approprier ce standard. Ces questions sont les suivantes :

- Q1 : à quel défi sociétal répond le projet ?
- Q2 : en quoi le projet est-il favorable à la biodiversité ?
- Q3 : quels types d'actions s'appuyant sur la nature sont mis en œuvre ?
- Q4 : quel est le dimensionnement spatio-temporel des actions ?
- Q5 : comment sont pris en compte les coûts et bénéfices potentiels du projet au sein du territoire concerné ?
- Q6 : la gouvernance du projet permet-elle une association élargie et transversale des acteurs locaux ?
- Q7 : le projet est-il conçu de manière adaptative ?
- Q8 : le projet est-il partagé et disséminé ?

Figure 1.1. Les critères du Standard mondial de l'UICN pour les Solutions fondées sur la Nature.



Source : UICN, 2020.

Liens avec d'autres concepts

Le concept est assez nouveau puisqu'il est apparu dans les années 2010. Il peut concorder avec des domaines d'application très variés : restauration, création, renaturation, conservation, protection ou encore gestion de milieux et d'écosystèmes. Ainsi, il explicite et cadre des projets que l'on menait déjà depuis très longtemps sous d'autres termes. D'autres concepts proches, antérieurs mais moins souvent considérés en France, peuvent être cités : la gestion fondée sur les écosystèmes, l'adaptation fondée sur les écosystèmes, l'atténuation fondée sur les écosystèmes, la réduction des risques naturels fondée sur les écosystèmes, ou encore la restauration des paysages forestiers (UICN Comité français, 2018).

Le concept de SfN se réfère à d'autres concepts, comme l'ingénierie écologique, que l'on définit volontiers par des actions par et/ou pour le vivant (ou la nature) (Rey *et al.*, 2014), la restauration écologique, qui vise à réparer les dommages créés par l'homme à un écosystème (Levrel *et al.*, 2015), ou encore les infrastructures vertes, qui consistent à créer des connexions entre espaces végétalisés et aires naturelles (Castagneyrol *et al.*, 2024), avec toutefois quelques distinctions. Il faut en effet que les actions à co-bénéfices présentent *a minima* un bénéfice pour la biodiversité ou plus largement la nature. Le concept diffère de celui des services écosystémiques, mais les deux approches sont complémentaires (Keesstra *et al.*, 2018). Les services écosystémiques visent à comprendre le fonctionnement des écosystèmes et la manière dont ils contribuent au bien-être humain, alors que les SfN invitent à agir concrètement dans les territoires pour répondre aux enjeux locaux, tout en apportant un bénéfice pour la biodiversité.

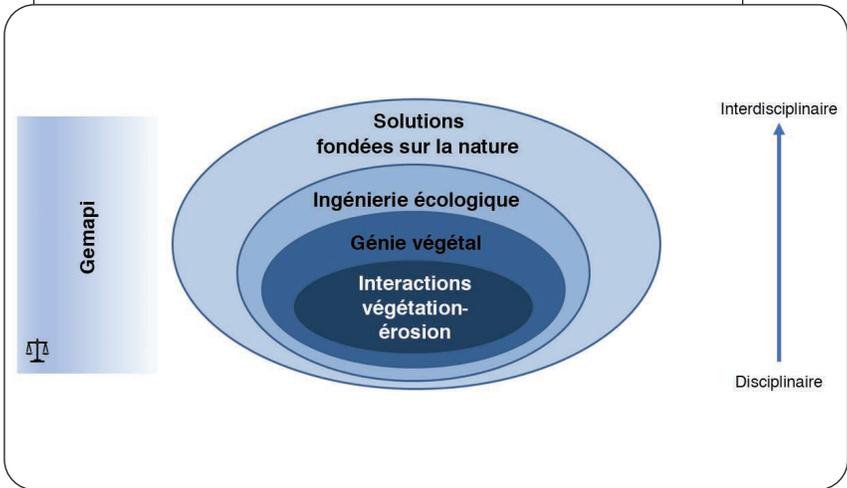
Attention également à ne pas intégrer tous les concepts, dès lors qu'ils servent ou s'inspirent de la nature, à celui de SfN. Ainsi, le biomimétisme, qui consiste à « imiter » la nature et ses processus pour mettre au point de nouvelles technologies, ne relève pas de ce concept (Benyus, 1997). Tout ce qui a trait aux énergies renouvelables n'entre pas non plus dans le champ des SfN, puisqu'il manque le gain pour la biodiversité en même temps que le recours au fonctionnement des écosystèmes. C'est le cas en particulier du développement du bois énergie, qui consiste à utiliser une ressource naturelle pour la production d'énergie renouvelable, ou de la production de biochar, qui vise à produire un amendement pour les sols à partir de biomasse naturelle, les deux n'apportant pas de bénéfice direct pour la biodiversité.

Pour illustrer l'imbrication des concepts, on peut dire qu'une SfN fait appel à des outils, par exemple ceux proposés par l'ingénierie écologique, qui visent à protéger, restaurer, gérer durablement, voire créer des écosystèmes afin que ces derniers rendent des services écosystémiques plus importants.

Pour mieux comprendre, faisons un focus sur l'ingénierie écologique. Afin de replacer les différents concepts au sein d'une chaîne d'acteurs représentant différents métiers, on peut proposer l'exemple de la figure 1.2, qui nous illustre ceci : les SfN peuvent recourir à l'ingénierie écologique en tant qu'outil de conception des projets, qui

elle-même comprend le génie végétal, qui recouvre l'ensemble des techniques et des ouvrages faisant appel aux propriétés mécaniques et/ou biologiques des végétaux pour mettre en place des aménagements. Ces approches peuvent se nourrir (par exemple) de connaissances sur les relations végétation-érosion, en se référant à des domaines disciplinaires mais aussi interdisciplinaires. Un des cadres d'application pour les gestionnaires et les décideurs est par exemple celui de la compétence de Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (Gemapi), qui appelle au bout du compte à utiliser des projets relevant des SfN.

Figure 1.2. Liens entre différents concepts liés à différents acteurs et métiers autour des Solutions fondées sur la Nature.



Enfin, il est souvent posé la question du mécanisme de compensation écologique et de son lien avec les SfN. Mais la question ne devrait même pas se poser, puisque ces dernières correspondent à des projets en tant que tels. La compensation écologique, quant à elle, correspond à des mesures prises en réponse à des obligations réglementaires : c'est un mécanisme qui vise à réparer les atteintes à la biodiversité provoquées par des projets d'aménagement (Levrel *et al.*, 2015). Elle ne constitue ainsi en aucun cas une plus-value pour la biodiversité. On ne se situe donc pas au même niveau de représentation.

Finalement, il est compliqué de dire dans quelles proportions des projets de SfN ont pu être mis en place en France et dans le monde, puisque beaucoup de collectivités ont pu en réaliser jusqu'à aujourd'hui sans avoir cette désignation de SfN.

Des défis à relever

Les défis environnementaux et sociétaux à relever sont importants et nombreux. À nous de nous en saisir, avec pragmatisme et sans catastrophisme. Bonne nouvelle : les solutions sont (presque) toutes dans la nature !

■ Les défis environnementaux

Depuis plusieurs dizaines d'années, nos sociétés sont confrontées à une dégradation environnementale et à une perte de biodiversité conséquente. À l'échelle mondiale, les milieux terrestres (pour 75 %) et aquatiques (pour 40 %) sont fortement impactés par les activités humaines. La manifeste perte de biodiversité illustre à elle seule cette dégradation de notre environnement naturel. Ce sont près d'un million d'espèces qui sont menacées, telles que la Liste rouge mondiale des espèces menacées de l'UICN l'établit (UICN Comité français, 2016). La France est particulièrement concernée, avec plus de 1 300 espèces menacées. Cette dégradation des milieux et cette perte de biodiversité ont fait progressivement apparaître des défis environnementaux majeurs pour notre société.

■ Les défis sociétaux

Les défis sociétaux à relever avec les SfN tels qu'identifiés par l'UICN (UICN Comité français, 2021) sont au nombre de six :

- la réduction des risques naturels. Ils se sont aggravés par leur ampleur et leur occurrence. Ils sont de multiples natures : risques liés à l'eau, risques en forêt, risques littoraux, etc. La réduction des risques naturels, par la prévention et la lutte, est aujourd'hui au cœur des préoccupations des décideurs, puisque ces risques menacent la sécurité des biens et des personnes ;
- la sécurité de l'approvisionnement en eau. L'eau fait particulièrement l'actualité, que ce soit pour ses excès (inondations) ou son manque (sécheresses de 2022 et 2023). La sécurité de l'approvisionnement en eau est devenue un enjeu majeur en France, en métropole et d'autant plus en outre-mer, et bien entendu à l'échelle mondiale ;
- le développement économique et social. Tous les secteurs sont potentiellement touchés : mobilités, agriculture, forêts, industrie et entreprises, villes, bâtiments, voirie et habitat, stations de montagne, économie, etc. ;
- la sécurité alimentaire. En quantité à travers le monde ou en qualité sous nos latitudes, l'agriculture comme l'aquaculture et la pêche sont questionnées ;
- la santé humaine. La dégradation de la qualité de l'eau, de la terre et de l'air, due à des pollutions infligées de longue date, est génératrice de maladies, voire de pandémies ;
- enfin, l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. Ce dérèglement est préoccupant. Son atténuation, grâce essentiellement à la séquestration du carbone, comme l'adaptation de nos villes avec la création d'îlots de fraîcheur, par exemple, sont des objectifs fondamentaux de nos sociétés.

Miser sur les co-bénéfices des Solutions fondées sur la Nature

Pour répondre de concert aux défis environnementaux et sociétaux, les approches à co-bénéfices apparaissent comme les meilleures solutions (ou les moins mauvaises) :

- parce qu’elles font appel à la concertation et qu’elles cherchent à répondre à tous les enjeux ;
- parce qu’elles ne débouchent pas systématiquement sur des privations, misant plutôt sur le maintien ou l’instauration d’une qualité, voire d’un confort de vie ;
- parce que le climat et la biodiversité sont interdépendants : le climat détermine en partie la biodiversité et l’intégrité d’un écosystème, et dans le même temps, cet écosystème influence le climat en régulant les précipitations et les températures.

Concrètement, pour un conservateur de la nature, il s’agit de penser à la façon dont une nature préservée ou restaurée peut rendre de multiples services, qu’ils soient de régulation, d’approvisionnement ou encore de récréation. Pour un acteur économique (aménageur, forestier, agriculteur, etc.), il s’agit inversement de penser à la façon dont on peut utiliser la nature pour atteindre plus facilement ou démultiplier les objectifs d’aménagement et de développement. L’utilisation du vivant reste souvent la meilleure garantie pour une optimisation des services écosystémiques. Par opposition, les outils issus du génie civil sont généralement nettement moins performants pour atteindre un tel objectif. Ainsi, une équipe de recherche internationale a recensé plus de 20 000 études scientifiques évaluant l’efficacité économique de SfN face aux catastrophes naturelles : inondations, ouragans, vagues de chaleur, etc. Le résultat est sans appel : elles se sont avérées rentables pour atténuer les risques dans 95 % des études recensées, quelles que soient les conditions (71 %) ou sous certaines conditions (24 %). Plus encore, 65 % des études comparant le rapport coût/efficacité des solutions basées sur l’ingénierie civile, comme la construction de digues, et des SfN ont conclu que ces dernières sont toujours plus efficaces que les solutions techniques pour atténuer les risques. De surcroît, aucune étude n’a conclu qu’une SfN était systématiquement moins efficace que l’alternative considérée (Vicarelli *et al.*, 2024).

Les SfN apparaissent comme des actions économiquement intéressantes (Ruangpan *et al.*, 2024). Elles peuvent par exemple être moins chères que des actions de génie civil, à niveau équivalent de service rendu. Mais en plus, par leur action souvent préventive, notamment contre les risques, elles permettent d’éviter des dommages importants, aussi bien locaux que globaux (Le Coent *et al.*, 2021). Cela explique notamment pourquoi des assureurs financent des projets de SfN.

Ces solutions peuvent être efficaces à long comme à court terme. Bien qu’utilisant souvent du végétal, qui nécessite un certain temps pour se développer et assurer les services attendus, certaines actions peuvent être pensées pour agir immédiatement, moyennant de l’ingéniosité dans la structuration des ouvrages et des aménagements. De plus, comme ce sont des solutions qui font appel au vivant en général et à la végétation en particulier, on mise sur une dynamique naturelle du vivant au cours

du temps. Celle-ci doit permettre d'amplifier les co-bénéfices d'année en année. Si certaines SfN, comme celles pour le traitement des eaux usées, demandent un suivi et une maintenance dans le temps, d'autres ne nécessitent pas d'intervention humaine supplémentaire et sont donc sans coût additionnel. Cette dynamique est alors parfois l'exact inverse des ouvrages inertes et de génie civil, qui s'usent au cours du temps et exigent donc entretien, réparation, voire nouvelle construction.

Enfin, contrairement à beaucoup d'idées reçues, les SfN ne sont pas source de nuisances supplémentaires. Ou disons plutôt que cela est possible, mais que tout remède peut présenter des désavantages si les doses prescrites ne sont pas bonnes ! Il s'agit donc d'anticiper les nuisances potentielles, telles que l'augmentation des populations de moustiques aux abords des milieux humides, par des mesures d'évitement appropriées.

Les SfN présentent ainsi aujourd'hui une réponse à la dégradation environnementale et à la perte de biodiversité que connaissent nos milieux depuis plusieurs décennies. Mais plus encore, elles nous aident à protéger nos écosystèmes sans rogner sur notre qualité et notre confort de vie.

Elles suscitent aujourd'hui un certain espoir auprès de nombreux acteurs de la gestion des milieux. Les pouvoirs publics y sont attentifs et essaient de promouvoir le concept. De plus en plus d'organisations interprofessionnelles ou d'instances se les approprient et les promeuvent en interne. Elles font l'objet d'un nombre croissant de publications, tant scientifiques que pratiques, afin de sensibiliser les décideurs, les gestionnaires et les entreprises et de favoriser leur utilisation. L'expérience internationale sur les *Nature-based Solutions* est croissante, et l'Union européenne est en attente de projets scientifiques encourageant leur développement (Cohen-Shacham *et al.*, 2019). Pouvant paraître au premier abord complexes d'application, les SfN peuvent et doivent s'appuyer sur le savoir-faire des experts de chaque domaine, et sur des visions pluridisciplinaires que certaines personnes et entreprises existantes maîtrisent très bien.

2. La réduction des risques naturels

Risques liés à l'eau

Des inondations croissantes

Les inondations représentent un risque majeur partout dans le monde, amplifié par le changement climatique et l'urbanisation croissante. Elles peuvent être générées par débordement de cours d'eau, ruissellement et/ou remontée de nappe. Ces événements touchent régulièrement de nombreuses régions en France, causant des dégâts importants sur les habitations, les infrastructures et les terres agricoles. Elles constituent le risque naturel le plus fréquent et le plus coûteux. Selon le site Géorisques du ministère de la Transition écologique¹, en matière de fréquence et d'exposition, environ 17 millions de personnes vivent dans des zones à risque d'inondation, soit près de 25 % de la population française, sur près de 50 % des communes. Plus de 9 millions d'emplois sont également exposés à ce risque. Du point de vue de l'impact économique, les inondations causent chaque année en moyenne 1 milliard d'euros de dommages.

Ces chiffres illustrent l'ampleur du défi que représentent les inondations en France, nécessitant des efforts constants en matière de prévention et de gestion des risques. Malgré les dispositifs d'alerte et de prévention, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations exige des mesures renforcées pour protéger les territoires vulnérables et limiter les conséquences humaines et économiques. La gestion de ce risque passe par une meilleure prise en compte des phénomènes associés, tels que l'érosion des sols (figure 2.1) et la sédimentation dans les rivières.

La lutte contre les risques liés à l'eau

La figure 2.2 présente différents types de SfN pour les risques liés à l'eau (hors sécheresse, traitée dans le chapitre 3) (Rey *et al.*, 2018). Chaque encadré met en lumière une action à co-bénéfices présentant à la fois un gain pour la nature et un gain pour la prévention des risques d'inondation.

Concernant le risque d'inondation par débordement de cours d'eau, on cherchera à redonner de l'espace de liberté à la rivière, à lui conférer un fonctionnement

1. <https://www.georisques.gouv.fr/minformer-sur-la-prevention-des-risques/les-risques-naturels-en-france-chiffres-cles>, consulté le 20/02/2025.

Figure 2.1. Figures d'érosion ravinatoire sur des terrains dégradés par les activités humaines, dans les Alpes-de-Haute-Provence.



plus naturel marqué et à limiter les obstacles transversaux pour améliorer l'écoulement naturel de l'amont vers l'aval.

De plus, toutes les actions de ralentissement des écoulements favorisent l'infiltration de l'eau et permettent de limiter le ruissellement (Zölch *et al.*, 2017). Cette infiltration est également facilitée par la présence d'une couverture végétale, grâce aux systèmes racinaires.

Ainsi, toutes les actions visant à infiltrer l'eau de pluie dans le sol et les nappes participent à la diminution de la quantité d'eau en surface lors des crues (Huang *et al.*, 2020). Nous verrons ces actions dans le chapitre 3.

Attention cependant à ne pas penser que les SfN peuvent à elles seules suffire pour se prémunir efficacement contre les inondations. D'une part, leur combinaison avec du génie civil est bien souvent nécessaire. D'autre part, il faut relativiser leur efficacité vis-à-vis d'événements météorologiques extrêmes, face auxquels nous sommes

Figure 2.2. Différents types de Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau.



Source : UICN Comité français, 2019.

souvent relativement impuissants. L'impact positif des SfN pourra dans tous les cas être effectif pour des crues d'ampleur faible à moyenne (OFB, 2022a). Dans le cadre de leurs travaux de recherche, Marcham et Moncoulon (Onerc, 2019) ont démontré l'efficacité des SfN *via* des analyses coûts-bénéfices dans les projets de lutte contre les inondations. Ils ont mis au point une méthodologie dans laquelle le rôle de ce type de solutions est traduit sous l'angle de la réduction des hauteurs ou des débits d'eau pendant une crue, en fonction de l'occupation du sol et en comparant la présence d'ouvrages de protection ou de SfN. Ils ont ainsi évalué l'efficacité des actions au niveau des dommages évités, montrant qu'on peut réduire leur pourcentage de près d'un tiers. En parallèle, les gains environnementaux dus aux SfN ont été mis dans la balance pour montrer la pertinence de ce type de solutions.

■ Les actions par végétalisation

Végétaliser les versants du bassin versant

La végétalisation des versants d'un bassin hydrographique permet de réduire et de ralentir le ruissellement, c'est-à-dire l'eau de pluie qui circule en surface et qui peut à elle seule générer une inondation, tout en installant une couverture végétale la plus diversifiée possible. Elle permet également l'atténuation du risque d'érosion des sols. Et elle contribue à atténuer le changement climatique grâce à la captation du carbone par la couverture végétale nouvellement installée.

Le savoir-faire en végétalisation relève du domaine du génie biologique, ou génie végétal, les termes étant équivalents (Crosaz *et al.*, 2014). En plus de permettre l'installation d'une couverture végétale sur des terrains qui en sont dépourvus, ces aménagements facilitent le retour spontané d'autres espèces végétales ainsi que de nombreuses espèces animales.

Les plantations, autant que possible diversifiées et composées d'essences autochtones, peuvent être réalisées sous forme de future forêt, lande ou pelouse. Elles dépendent nécessairement du contexte, et surtout de la finalité de l'action. Sur les versants des anciennes mines par exemple, qu'elles soient de nickel en Nouvelle-Calédonie ou d'or en Guyane (figure 2.3), ou sur les terroirs du nord de la France, le recours aux plants est privilégié pour développer de nouveaux boisements s'approchant de ceux souvent présents naturellement avant l'exploitation. Elles peuvent aussi consister à reconstituer des haies brise-crue à même de réduire et de retarder la propagation du pic de crue.

Le savoir-faire est sans cesse questionné à la lumière des nombreuses recherches réalisées dans ce domaine. Ces dernières concernent essentiellement la sélection des espèces à planter, le choix et le dimensionnement des ouvrages de génie végétal à utiliser, ou encore la définition des actions aux bonnes échelles spatiales (Rey *et al.*, 2019).

Figure 2.3. Végétalisation des versants d'un bassin versant dégradé par l'exploitation minière en Guyane française. On utilise pour cela de nombreuses espèces légumineuses pionnières, sous forme de plants issus de pépinières locales.



Végétaliser les ravines du bassin versant

La végétalisation des lits de ravines permet de contribuer à limiter les risques d'inondation, dans les cas où ces ravines produisent des sédiments fins responsables de l'exhaussement du lit des rivières.

Attention à bien veiller à gérer les problèmes érosifs et sédimentaires de manière équilibrée. Dans un cours d'eau, l'excès de sédiments fins et le déficit de sédiments grossiers ont une conséquence commune, celle d'exacerber les risques d'inondation. Il faut donc veiller à limiter l'érosion là où elle est synonyme de production de sédiments fins, mais inversement à laisser l'érosion se produire là où elle génère des sédiments grossiers. Cette recharge sédimentaire grossière peut s'opérer sur différents tronçons d'un cours d'eau, en l'absence d'enjeux sur les berges. Les risques liés à l'eau sont ainsi parfois tellement complexes qu'ils combinent un risque « hydrique », la crue ou l'inondation, et un risque hybride à la fois « hydrique » et « gravitaire » : l'érosion et la sédimentation (Liébault et Piégay, 2002). Les SfN, *via* l'utilisation d'une couverture végétale, peuvent alors s'avérer particulièrement efficaces, puisqu'elles permettent d'agir conjointement sur ces deux types de phénomènes, tout en favorisant le retour à une certaine biodiversité.

Dans le cas précis d'utilisation possible de SfN pour limiter l'impact des inondations, des chercheurs (Rey, 2018a ; 2021) ont développé à l'échelle du territoire de la Durance un modèle qui aide à déterminer quels aménagements doivent être mis en place, et comment les répartir le long de la rivière et de ses affluents. Des expérimentations ont montré qu'en plaçant des ouvrages de génie végétal dans les ravines d'un bassin versant, on pouvait bloquer efficacement les sédiments fins qui dévalent les cours d'eau. Cela évite qu'ils se déposent au fond des rivières en aval, empêchant une élévation du fond des lits qui favorise les débordements. La végétation qui se développe sur les ouvrages apporte de la biodiversité, jusqu'à 60 espèces en une seule année, et ces aménagements protègent des inondations les hommes et les habitats situés à proximité des cours d'eau. L'intérêt est aussi économique, puisque la réduction des sédiments limite la fréquence des coûteuses interventions de curage pratiquées sur les ouvrages hydroélectriques du bassin versant.

On peut rajouter ici la fonction de captation du carbone de l'air par les végétaux installés, participant ainsi à la lutte contre le changement climatique.

Des principes similaires ont été testés avec succès en Nouvelle-Calédonie. Là-bas, l'ambition du projet Inner-Mine, sous pilotage d'INRAE et financé par le Centre national de recherche technologique (CNRT) Nickel et son environnement, était de tester, démontrer, développer et promouvoir des techniques éprouvées et innovantes d'ingénierie écologique, en mettant l'accent sur leur application au contexte minier sous climat tropical. Si, dans l'Hexagone, on privilégie souvent l'utilisation de boutures végétales, en outre-mer, on cherche à les associer aux graines et aux plants. On choisit pour cela des espèces végétales locales que l'on a testées en 2022 pour leur aptitude à diversifier des milieux, tout en maîtrisant la sédimentation dans les lits de ravines, cette dernière étant responsable de désordres liés au trop-plein d'eau lors des fortes pluies (figure 2.4)².

Végétaliser les berges de cours d'eau

La végétalisation des berges de cours d'eau, directement au sol (figure 2.5) par du génie végétal, ou bien celle des ouvrages de génie civil facilitent la création de véritables trames vertes, favorables à la biodiversité, tout en stabilisant les berges et en limitant la vitesse du courant, et plus largement en participant à atténuer le changement climatique grâce aux plantes.

Cette stabilisation est à rechercher là où la présence d'enjeux aux abords du cours d'eau le justifie. Ailleurs, on cherchera plutôt à laisser un espace de liberté aux rivières en leur permettant d'éroder leurs berges. Dans leurs travaux de recherche en psychologie de l'environnement, Brueder *et al.* (2023) ont étudié les représentations sociales d'experts, à profil soit « théorique » soit « pratique », vis-à-vis des SfN pour la gestion

2. <https://www.echosciences-grenoble.fr/articles/l-ingenierie-ecologique-fait-sa-demonstration-en-outre-mer>, consulté le 20/02/2025.

Figure 2.4. Végétalisation des ravines d'un bassin versant dégradé par l'exploitation minière en Nouvelle-Calédonie, ou comment restaurer une biodiversité sur des terrains dégradés, tout en contribuant à retenir les sédiments fins pour prévenir les inondations. On utilise pour cela des espèces adaptées aux conditions locales, telles que l'*Acacia spirorbis*, mais aussi des graminées et des arbustes indigènes.



du risque d'inondation. Ils ont montré que l'image de celles-ci renvoyait beaucoup à celle de « rendre de l'espace de liberté à la rivière ». Toutefois, l'attachement à la protection des biens et des personnes apparaît comme le premier défi, ce qui peut paraître contradictoire, puisque l'espace de liberté correspond à une zone de débordement pouvant fragiliser ces biens et ces personnes. Ainsi, à chaque problème sa solution : on contraint le cours d'eau et on stabilise ses berges en présence d'enjeux immédiats, et on lui laisse sa liberté en laissant ses berges s'éroder en l'absence d'enjeux de proximité.

On peut également combiner génie civil et génie végétal au niveau des berges, en utilisant parfois des ouvrages en bois (ex. : caissons végétalisés), et en veillant à ce que les ligneux et leurs grosses racines ne déstabilisent pas un éventuel ouvrage de protection proche (ex. : une digue en sommet de berge).

Figure 2.5. Végétalisation des berges du Rhône dans la commune de Donzère (Drôme). Des semis ont été effectués sur un géofilet biodégradable en toile de jute.



On se référera avantagement au guide de l'Office français de la biodiversité (OFB, 2022b) sur *Le génie végétal sur les berges des cours d'eau* pour les aspects pratiques et techniques de ces solutions.

Aménager des ripisylves et des forêts alluviales

Il s'agit ici de recréer, par des plantations, des boisements de berges qui sont de deux types. Les ripisylves sont des formations boisées que l'on trouve le long des cours d'eau, au niveau de leurs berges. La forêt alluviale, quant à elle, se situe à proximité des cours d'eau, dans leur lit majeur et sur des terrains souvent gorgés d'eau. De telles formations écrètent les petites crues grâce à leur expansion. En ce qui concerne la biodiversité, elles apportent une grande variété d'espèces et d'habitats naturels. Enfin, elles captent du carbone de l'air et jouent ainsi un rôle dans l'atténuation du changement climatique (figure 2.6).

Figure 2.6. Végétalisation des berges du Guiers, en Savoie, pour recréer une ripisylve.



■ Les actions par aménagement des cours d'eau

Reméandrer un cours d'eau

À partir d'une rivière rendue droite par la main de l'homme, on recrée des méandres, c'est-à-dire une sinuosité du cours d'eau. Cela favorise le ralentissement de l'eau et contribue ainsi à diminuer l'impact de l'inondation en aval. De tels aménagements permettent de redonner de l'espace de liberté à la rivière et la rapprochent de son fonctionnement naturel. En parallèle, les quantités de poissons sont favorisées avec de meilleures conditions de ponte et une diversification des habitats.

Le cours d'eau de l'Olon, en Isère, a fait l'objet en 2022 d'une telle restauration morphologique par le Syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère. Le ruisseau se trouvait perché le long d'une voie ferrée, tandis que le fond de talweg se situait en rive droite, beaucoup plus bas. Cette situation entraînait des débordements fréquents et accentuait les risques d'inondation (figure 2.7). L'objectif était alors double : redonner un fonctionnement plus naturel à la rivière, en lui faisant faire des méandres et en végétalisant ses abords, et protéger les biens et les personnes contre les inondations. Grâce à cet aménagement, la ligne SNCF est ainsi mieux sécurisée face à la montée des eaux lors des crues du cours d'eau. Ce dernier présente un faciès hydromorphologique plus diversifié propice à la faune piscicole, et les berges offrent une forte diversité végétale.

Supprimer les obstacles transversaux au cours d'eau

La suppression d'obstacles transversaux au cours d'eau, tels que les seuils, les barrages ou les buses trop étroites, est citée ici, même si on se situe à la limite de la définition même de SfN, étant donné le faible recours à un « moyen écologique ». Elle permet tout de même de redonner un fonctionnement plus naturel au cours d'eau. Cette action contribue à limiter les risques liés à une rupture de l'obstacle en cas de crue. C'est aussi et surtout une action qui permet de restaurer la continuité écologique des milieux aquatiques. La continuité concernée est autant celle de la faune aquatique, comme les poissons, que celle des sédiments (figure 2.8).

Elle n'est généralement pas invoquée comme une action permettant de prévenir contre les inondations. Toutefois, ce critère doit être considéré dans le sens où l'intervention ne doit pas remettre en cause la protection existante contre ce risque. En effet, ce type de projet peut et doit être réalisé dès lors qu'il prend en compte l'ensemble des usages de l'eau et ne remet pas en cause la stabilité du cours d'eau. Une telle considération a été abordée récemment dans la Politique apaisée pour la restauration de la continuité écologique (Parce)³. Il faut pour cela connaître la raison de l'existence d'un seuil en travers du cours d'eau. Bien souvent, il s'agit de l'existence ancienne d'un moulin ou d'une installation hydroélectrique, qui ont pu disparaître entretemps.

3. <https://www.landes.gouv.fr/index.php/Actions-de-l-Etat/Eau.-Environnement.-Risques-Naturels-et-Technologiques/Eau-et-Peche/Politique-de-l-Eau/Autres-politiques/PARCE-Politique-Apaisee-pour-la-Restauration-de-la-Continuite-Ecologique>, consulté le 20/02/2025.

Figure 2.7. Exemple de reméandrage dans le bassin versant de l'Olon, en Isère ; (a) en 2019, (b) en 2022 et (c) en 2023.



Figure 2.8. Contournement de seuil sur le Guiers, en Savoie. La pente du cours d'eau, adoucie, permet aux poissons de circuler de part et d'autre du seuil.



Dans ce cas, selon le Centre de ressources sur les cours d'eau de l'OFB⁴, la suppression du seuil peut être envisagée. Mais les seuils ont aussi pu être créés pour stabiliser le profil en long du cours d'eau, notamment pour casser sa pente et dissiper l'énergie du cours d'eau lors des crues, l'objectif étant d'éviter son incision et son enfoncement. Ce type d'action a été largement développé il y a plus de cent ans par les services de « restauration des terrains en montagne ». Même si leur action était très ciblée sur les torrents de montagne, des réalisations ont également concerné des rivières torrentielles et des rivières. Ainsi, la suppression de ces seuils doit être planifiée en toute connaissance de cause, afin de ne pas redonner au cours d'eau son énergie et sa force d'incision, qui peuvent aller jusqu'à déchausser des piles de ponts et réenclencher la déstabilisation des berges.

Citons également ici le contournement des obstacles, par exemple grâce à une rivière de contournement. Les bénéfices vis-à-vis des inondations comme de la biodiversité sont les mêmes que ceux énumérés pour la suppression des obstacles (figure 2.8).

Dans la basse vallée de la Saône, en Normandie, c'est un épi-buse, trop étroit pour laisser passer l'eau lors des crues, qui a été supprimé⁵. Cela a permis de mieux reconnecter le fleuve à la mer. Le résultat ? Une division par deux des risques d'inondation, mais aussi de submersion. Cet aménagement est en même temps bénéfique pour la biodiversité, puisqu'il s'agit d'une véritable « ré-estuarisation » de la Saône, avec la création spontanée de zones de repos pour les poissons et les oiseaux.

Supprimer les ouvrages longitudinaux au cours d'eau

La suppression d'ouvrages longitudinaux au cours d'eau permet de redonner à ce dernier plus d'espace de liberté. Les ouvrages concernés sont essentiellement les digues et les merlons. Ainsi, le cours d'eau peut s'étaler et recréer des méandres. Son énergie et la hauteur de sa lame d'eau s'en trouvent réduites, ce qui permet de limiter l'impact de l'inondation. Les habitats sont également plus diversifiés, autorisant un enrichissement de la biodiversité faunistique et floristique, ce qui présente un gain naturel certain.

Remettre les cours d'eau couverts à ciel ouvert

La remise à ciel ouvert de cours d'eau busés ou enterrés permet de leur redonner plus d'espace. On réduit ainsi l'effet d'engorgement, qui peut être source de débordements. L'apport pour la biodiversité peut être créé par un aménagement végétal des abords du cours d'eau, la végétation étant initialement inexistante dans sa partie enterrée.

4. <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1222>, consulté le 20/02/2025.

5. <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/s-inspirer/ils-le-font-deja/reportages/montee-lamer-et-inondations-choix-ose-la-saane-creer-estuaire>, consulté le 20/02/2025.

I Les actions par aménagement et reconnexion de milieux humides

Zones humides

D'après le Code de l'environnement, les zones humides se définissent comme des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Il est unanimement reconnu que, lorsqu'on reconstitue des zones humides, on génère de l'habitat pour la faune et la flore (Thorslund *et al.*, 2017). La recherche d'espèces cibles dans ces réservoirs de biodiversité doit être favorisée. Mais en plus, en (re)connectant une zone humide à un cours d'eau, on va permettre, lors de crues, que ce cours d'eau s'y décharge, ce qui réduira aussi l'impact de l'inondation en aval. La connectivité des zones d'eau concorde bien entendu avec la connectivité des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants. Et comme l'eau stagne dans cette zone humide, on favorise les échanges avec le sous-sol, et les nappes se rechargent (voir chapitre 3) (figure 2.9).

Figure 2.9. Zone humide permettant de tamponner des crues et abritant faune et flore riches, dans un parc urbain de Stockholm, Suède.



Bras morts de cours d'eau

Un bras mort est un reste d'ancien méandre de cours d'eau qui a été isolé à la suite d'un aménagement. Il peut être encore en eau ou asséché, alternant entre les deux selon les pluies et les crues.

Les anciens bras morts de cours d'eau peuvent être avantageusement reconnectés avec celui-ci, afin de faciliter le débordement de l'eau lors des crues. Ce sont des milieux riches au niveau faunistique et floristique, marqués par une facilitation de la circulation de la faune piscicole et une diversification des habitats, qui bénéficieront

Figure 2.10. Bras mort reconnecté à la rivière, le long de l'Isère.



de cet apport d'eau régulier. Enfin, la stagnation de l'eau favorise les échanges avec les nappes et participe à sécuriser la ressource en eau (figure 2.10).

I Les actions par aménagement de bassins

Zones d'expansion de crues

Les zones d'expansion de crues sont des dépressions créées ou valorisées sur les terrains qui bordent les cours d'eau. Elles laissent place à l'étalement de l'eau lors des fortes pluies, faisant ainsi baisser la lame d'eau dans les cours d'eau pour lutter contre les inondations. L'apport régulier d'eau permet au milieu de retrouver une flore et une faune spécifiques à ces espaces, notamment une végétation aquatique spontanée (figure 2.11).

Une partie de l'eau peut aussi être restituée aux cours d'eau de manière étalée dans le temps, ce qui participe au soutien de l'étiage. Les zones d'expansion de crues peuvent également favoriser l'infiltration de l'eau de manière temporaire, contribuant ainsi à recharger les nappes (voir chapitre 3).

Bassin de rétention végétalisé

Le bassin de rétention végétalisé est un aménagement créé en travers d'un cours d'eau (figure 2.12). Ce dernier est donc barré à son aval. Il est essentiellement destiné à stopper temporairement l'écoulement du cours d'eau, mais aussi celui des eaux de pluie, afin de favoriser leur écoulement progressif vers l'aval, jouant ainsi un rôle dans l'écrêtement des crues. Avec un aménagement adéquat du fond du bassin, il est possible aussi de lui donner un rôle dans la préservation de la ressource en eau, en favorisant un fond perméable qui permette à l'eau de s'infiltrer (principe du bassin d'infiltration qui sera traité au chapitre 3).

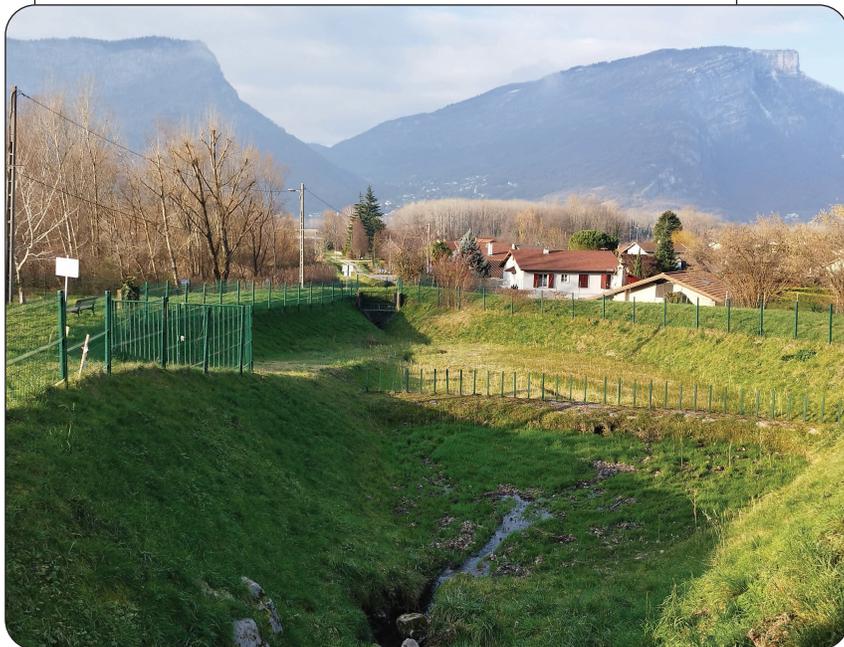
Figure 2.11. Plaine alluviale forestière utilisée comme zone d'expansion de crue, le long de l'Isère.



Le caractère « végétalisé » du bassin est ici essentiel, puisque, pour prétendre à une appellation de SfN, la composante biodiversité doit être présente et marquée. La végétalisation du bassin ne suffit donc pas. Il faut que l'aménagement permette la création d'habitats diversifiés, tout en soutenant la qualité de la végétation grâce à l'augmentation de la disponibilité en eau, même temporaire. Cette végétalisation lui confère également un rôle dans la captation du carbone et donc dans la lutte contre le changement climatique.

Notons également que, autant que possible, de tels aménagements ne doivent pas se faire au détriment de zones naturelles préexistantes. Précisons enfin que certains aménagements ont une fonction hybride et permettent de retenir l'eau en même temps que des matériaux solides (graviers ou bois).

Figure 2.12. Bassin de rétention d'eau et de matériaux végétalisés, sur la commune de Voreppe, au pied du massif de la Chartreuse.



■ Les actions par infiltration de l'eau

Comme indiqué précédemment, toutes les solutions visant à infiltrer l'eau de pluie dans le sol et les nappes participent à ce qu'il y ait moins d'eau en surface lors des crues. Elles permettent ainsi indirectement de limiter les apports d'eau dans les cours d'eau et donc de contribuer à atténuer les risques d'inondation. Nous les verrons en détail au chapitre 3.

■ Récapitulatif des co-bénéfices et des multi-bénéfices par type d'action ou d'aménagement

Le tableau 2.1 présente un récapitulatif des co-bénéfices et des multi-bénéfices des types d'actions ou d'aménagements présentés dans ce chapitre et répondant principalement au défi de la prévention des risques d'inondation. Il indique s'ils présentent également un gain pour la biodiversité (avec un aménagement adéquat), et/ou un gain pour la préservation de la ressource en eau (voir chapitre 3), et/ou un gain en termes d'atténuation ou d'adaptation au changement climatique (voir chapitre 5, section « Atténuation et adaptation au changement climatique »).

Tableau 2.1. Récapitulatif des co-bénéfices et des multi-bénéfices par type d'action ou d'aménagement répondant principalement au défi de la prévention des risques d'inondation, selon qu'ils présentent également un gain pour la biodiversité et d'autres défis sociétaux.

Type d'action	Action ou aménagement	Co-bénéfices et multi-bénéfices			
		Gain pour la biodiversité	Prévention des risques	Préservation de la ressource en eau	Atténuation du changement climatique
Végétalisation	Végétalisation des versants du bassin versant	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Végétalisation des ravines du bassin versant	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Végétalisation des berges du bassin versant	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Aménagement de ripisylves et de forêts pluviales	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
Aménagement des cours d'eau	Reméandrage d'un cours d'eau	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Suppression d'obstacles transversaux au cours d'eau	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Suppression d'ouvrages longitudinaux au cours d'eau	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Remise à ciel ouvert de cours d'eau couverts	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
Aménagement et reconnexion de milieux humides	Zones humides	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Bras morts de cours d'eau	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
Aménagement de bassins	Zones d'expansion de crues	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation
	Bassin de rétention végétalisé	Gain	Prévention	Préservation	Atténuation

Risques gravitaires

Les milieux dégradés, théâtres d'aléas gravitaires non négligeables

Les risques gravitaires que sont les chutes de blocs, les avalanches, les glissements de terrain, les coulées de boue et l'érosion superficielle (vu à la section « Risques liés à l'eau ») touchent essentiellement les milieux dégradés (figure 2.13). Ces aléas concernent des surfaces très importantes en France et sont amplifiés par les perturbations climatiques de plus en plus intenses. Environ 18 000 communes françaises sont exposées aux risques gravitaires, soit près de la moitié des communes du pays. Les zones les plus touchées sont les massifs montagneux (Alpes, Pyrénées, Massif central) et certaines régions à forte pente. D'après le ministère de la Transition écologique⁶, les dommages liés aux risques gravitaires sont estimés à plus de 100 millions d'euros par an, incluant les dégâts matériels et les coûts de prévention et de réparation des infrastructures endommagées.

Figure 2.13. Des milieux dégradés parfois destructeurs, comme ici un glissement de terrain dans les Hautes-Alpes.



La lutte contre les risques gravitaires

Pour lutter contre les risques gravitaires, la structure végétale utilisée peut aller de la forêt (arbres) à la prairie ou la pelouse (herbacées), en passant par la lande (arbustes), selon l'aléa considéré.

6. <https://www.ecologie.gouv.fr>, consulté le 20/02/2025.

Ainsi :

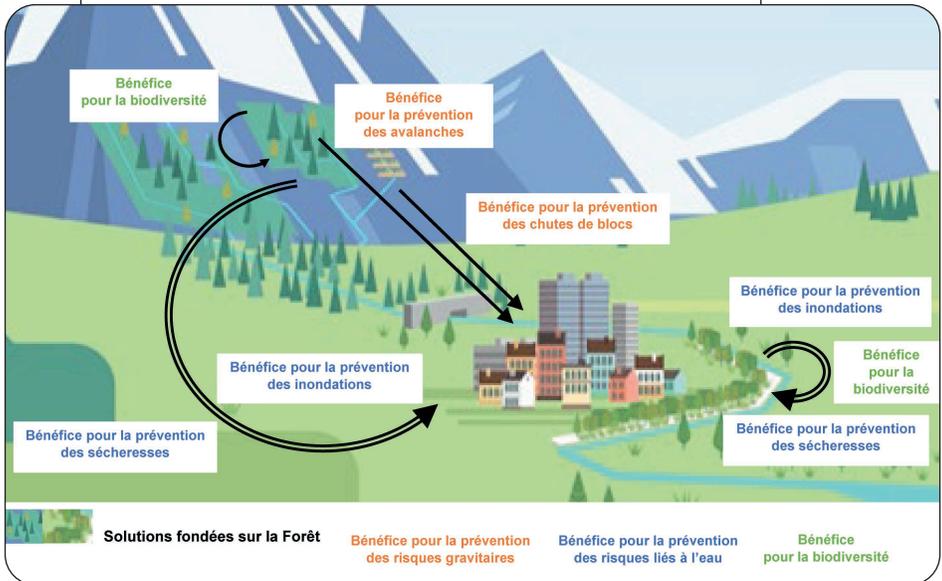
- pour les chutes de blocs et les avalanches, on privilégiera l’arbre, plus efficace pour arrêter les projectiles rocheux et ancrer le manteau neigeux (de Jesús Arce-Mojica *et al.*, 2019 ; Dupire *et al.*, 2020) ;
- pour l’érosion, on utilisera toute la palette végétale à disposition, selon l’effet recherché pour le végétal (régulation hydrologique, fixation des sols et/ou piégeage de sédiments).

Lorsqu’une couverture végétale arbustive ou herbacée est utilisée, on se situe dans le domaine du génie végétal ou du génie biologique.

Lorsqu’une couverture végétale arborée est utilisée, on entre dans le domaine de la gestion des forêts et de la sylviculture. On parle alors volontiers de Solutions fondées sur la Forêt (Rey *et al.*, 2024). Ainsi, en plus de leur rôle dans la lutte contre les inondations, les forêts peuvent permettre de lutter efficacement contre les risques gravitaires. Les Solutions fondées sur la Forêt doivent alors privilégier (UICN Comité français, 2022a) (figure 2.14) :

- des milieux diversifiés et avec des espèces locales efficaces contre les risques concernés ;
- une mosaïque de milieux intraforestiers pour les forêts ;
- une présence de vieux bois et de bois mort.

Figure 2.14. Les co-bénéfices des Solutions fondées sur la Forêt.



Source : d'après Rey *et al.*, 2024.

Attention toutefois à ne pas considérer toute installation ou restauration de forêt comme une SfN. En effet, les plantations monospécifiques ou l'introduction d'espèces exotiques potentiellement envahissantes ne répondent pas aux critères d'utilisation d'écosystèmes sains et diversifiés, et ne doivent donc pas être considérées comme des SfN.

■ Les actions par la forêt

Au niveau de la gestion, les peuplements matures à structure irrégulière sont ceux proposant le meilleur compromis entre, d'une part, l'efficacité de la lutte contre les risques gravitaires, et, d'autre part, l'offre de biodiversité la plus riche (figure 2.15). Ces peuplements, les plus diversifiés possibles en espèces, montrent une certaine stabilité vis-à-vis des perturbations tant climatiques que pathogènes, tout en offrant les garanties de protection les plus efficaces contre les aléas naturels concernés (Dupire *et al.*, 2016). La régénération des arbres après perturbation est également facilitée par la diversité des espèces présentes.

Figure 2.15. Plus de biodiversité forestière permet d'accroître l'efficacité du rôle de protection de la forêt vis-à-vis des risques de chutes de blocs, comme ici dans cette forêt de Chartreuse, en Savoie. Il faut pour cela des individus appartenant à la strate arborée, présentant un certain diamètre pour amortir efficacement les blocs.



L'ouverture de petites trouées pour régénérer la forêt permet le renouvellement progressif des peuplements, en particulier pour les feuillus, ce qui contribue à assurer le rôle de protection de la forêt malgré son ouverture. Dans tous les cas, le maintien

d'un couvert forestier permanent dans le temps doit être recherché. Tout ceci mène également à une meilleure considération paysagère, en évitant les coupes rases. Notons que des peuplements de protection peuvent éviter l'installation de filets de protection lorsque les enjeux sont faibles. Enfin, la gestion durable de ce type de peuplement doit permettre la pérennité des protections (UICN Comité français, 2022a).

Le maintien de bois mort, de souches, de troncs et de branches au sol ainsi que de vieux bois peut contribuer à diminuer les risques gravitaires comme les chutes de blocs, car il crée une rugosité au sol s'opposant aux écoulements. Cela permet également la diminution des risques d'avalanches en contribuant à l'ancrage du manteau neigeux. Son rôle pour la biodiversité est en outre bien connu, jouant le rôle de substrat de décomposition pour les jeunes plantules, en composant des microhabitats pour un grand nombre d'espèces animales et végétales ou bien en protégeant la faune du sol. Ce double bénéfice en fait une évidente SfN. Finalement, combiner la présence d'îlots de sénescence et de bois mort ou de vieux bois apparaît comme la solution optimale pour garantir une protection élevée contre les risques gravitaires, tout en favorisant la biodiversité.

Concernant la régénération naturelle, il s'agit de l'orienter vers la couverture forestière souhaitée (figure 2.16). On recherchera dès ce stade la diversification en essences forestières autochtones, tout en favorisant celles qui montrent la plus grande aptitude à contrôler les aléas naturels présents.

Des plantations sont à envisager là où la régénération naturelle peut faire défaut, ou sur des sites sur lesquels il n'y a pas de couvert forestier. Il s'agit de favoriser une certaine diversité spécifique et génétique des plants et des peuplements forestiers. Par exemple, le Syndicat des eaux et d'assainissement d'Alsace-Moselle a mis en œuvre un projet de plantation de 60 000 arbres pour limiter l'érosion des sols en Alsace, sur plus de 2 000 km²⁽⁷⁾. Il s'agissait d'espèces végétales variées et locales. Des actions d'assolement concerté et des aménagements d'hydraulique douce sont venus compléter le dispositif. En matière de gain pour la biodiversité, les plantations sous forme de haies ont permis de restaurer des trames vertes, avec pour conséquence une augmentation des surfaces d'habitat naturel. La connexion entre les îlots de biodiversité a également été améliorée.

Comme nous l'avons déjà vu, la préservation, la restauration et la gestion des ripisylves peuvent contribuer à la protection des berges de cours d'eau, notamment en les stabilisant et en les protégeant des processus érosifs, tout en favorisant la biodiversité grâce à la fourniture d'habitats piscicoles en plus de la diversité végétale. D'autres services, comme la fourniture de bois, le ralentissement des eaux en cas de crue et l'épuration des eaux en cas de pollution, peuvent également être cités.

7. https://www.trophees-adaptation-life-artisan.com/wp-content/uploads/2022/03/TROPHEE_LIFE_ARTISAN_FICHE_SDEA.pdf, consulté le 20/02/2025.

Figure 2.16. Pilotage après une coupe de la régénération naturelle d'une forêt de pin noir d'Autriche à rôle de protection contre l'érosion, dans les Préalpes de Digne (Alpes-de-Haute-Provence). Les espèces spontanées feuillues, telles qu'elles apparaissent au premier plan, sont favorisées lors des dépressages pour faciliter le retour aux peuplements d'origine (chêne pubescent et hêtre notamment).



De nombreux guides de sylviculture existent, notamment pour la gestion des forêts à rôle de protection contre les aléas naturels (Rey *et al.*, 2009 ; Ladier *et al.*, 2011 ; Gauquelin et Courbaud, 2006). Ce sont des guides méthodologiques et pratiques, déclinés par aléa et par type de formation végétale. Rey *et al.* (2009) proposent notamment de classer les espaces soumis à des aléas naturels en zones d'interventions prioritaires, afin de hiérarchiser l'urgence des interventions. Cela peut être réalisé par exemple à l'échelle d'un bassin versant pour l'aléa inondations. La méthode repose essentiellement sur un diagnostic de l'état de l'écosystème forestier. Les deux principaux critères choisis pour ce diagnostic sont d'une part la stabilité du peuplement forestier, et d'autre part la lithologie, qui étudie la nature des roches et leur capacité à fournir des sédiments lors des crues. La caractérisation, puis la combinaison de ces critères permettent alors de déterminer les priorités d'interventions forestières sur les peuplements. Chaque critère est pour cela cartographié à l'échelle 1/25 000.

La recherche est sollicitée en parallèle, notamment parce que les dépérissements de peuplements forestiers se multiplient, appelant une adaptation de leur gestion et de leurs fonctions, surtout en milieux contraints. Par ailleurs, le changement climatique induit des changements dans nos repères : les valeurs seuils changent, les espèces inféodées à un milieu donné évoluent, des espèces résistantes et « efficaces » aujourd'hui ne le seront plus demain. Il faut donc réfléchir à la répartition et à la migration géographique des espèces forestières, anticiper les dépérissements des espèces devenues inadaptées et s'affaiblissant, ainsi que s'intéresser aux modifications du cycle de développement des arbres, les périodes de germination et de floraison étant souvent avancées. Par exemple, en matière d'action, le recours à la « migration assistée » des espèces doit être étudié, car il peut permettre d'accompagner au mieux ces mutations (UICN Comité français, 2024).

■ Les actions par le génie végétal

L'une des grandes finalités des aménagements de génie végétal est la protection contre l'érosion. Et ils ont par ailleurs une plus-value écologique, puisqu'on intègre une composante naturelle sur des milieux dégradés. Il existe trois types de matériel végétal : les plants, les boutures et les semences. On peut les utiliser seuls, combinés entre eux ou mélangés avec des matériaux inertes tels que du bois mort ou des supports métalliques.

Les ouvrages de génie végétal présentent une grande variété, de la fascine aux clayonnages, en passant par les palissades ou les lits de plants et de plançons (figure 2.17). Les choix à opérer concernent tout d'abord le type de matériel végétal : faut-il plutôt utiliser des plants, des boutures, des semences, ou bien un mélange des deux ou des trois ? Le choix des espèces végétales arrive généralement après, selon le type de végétalisation retenu. Il faut ensuite choisir son ouvrage de génie végétal et sa végétation en fonction de leur résistance vis-à-vis des contraintes hydriques, sédimentologiques et gravitaires. Des apports complémentaires de matière organique, ou la pose de géofiles, peuvent être envisagés.

Il existe plusieurs guides pratiques de génie végétal pour la protection contre les risques gravitaires, dont celui de *Génie biologique contre l'érosion torrentielle* (Rey, 2011). Il aide les praticiens à choisir les ouvrages à mettre en place dans les bassins versants torrentiels, en se référant à un diagnostic précis des conditions de milieu. S'appuyant sur des connaissances scientifiques solides, il présente un panorama des ouvrages utilisables, tout en fournissant des méthodologies pour une application pratique sur le terrain. Citons également les *Règles professionnelles du génie végétal* pour des applications plutôt orientées vers les berges de rivières (Crosaz et al., 2014).

Figure 2.17. La palissade, ouvrage de génie végétal, installée ici dans le massif du Vercors (Drôme).



Risques d'incendie

I De la nécessaire protection des forêts contre l'incendie

Les risques d'incendie sont un phénomène qui touche essentiellement les milieux forestiers. Ils sont en forte croissance de par le monde et en France, que ce soit dans l'Hexagone ou sur les territoires ultra-marins. En moyenne, 10 000 à 15 000 hectares de forêts brûlent chaque année en France. Selon l'Office national des forêts⁸, en 2022, une année particulièrement intense, plus de 72 000 hectares ont été ravagés par les flammes, soit la pire saison depuis trente ans. Les régions à risque sont bien sûr le sud de la France, notamment la région Sud-Ouest, l'Occitanie et la Corse. Cependant, le risque s'étend de plus en plus vers le centre et l'ouest du pays en raison du changement climatique (figure 2.18). Environ 90 % des incendies sont d'origine humaine, dont 30 % sont causés volontairement (actes criminels) et 60 % par imprudence (barbecues, mégots, etc.). Plus de 30 000 pompiers sont mobilisés chaque année pour lutter contre les incendies de forêt, avec un renforcement en été par des unités spécialisées et des moyens aériens (Canadairs, hélicoptères). Les incendies coûtent des dizaines de millions d'euros chaque année en pertes économiques directes (habitations, forêts) et en frais d'intervention. En 2022, les dommages ont été estimés à plus de 500 millions d'euros.

8. <https://www.onf.fr/onf/%2B/1847::ete-2022-retrospective-dune-mobilisation-hors-norme.html>, consulté le 20/02/2025.

Figure 2.18. Incendie de forêt dans le massif de la Chartreuse, en 2022. Son extinction a nécessité, fait rare dans cette région, l'intervention de plusieurs Canadiens.



■ La lutte contre les risques d'incendie

Les SfN pour lutter contre les risques d'incendie recouvrent de grands types d'actions devant mener à des milieux présentant une atténuation du risque d'incendie, à savoir (UICN Comité français, 2022a ; figure 2.19) :

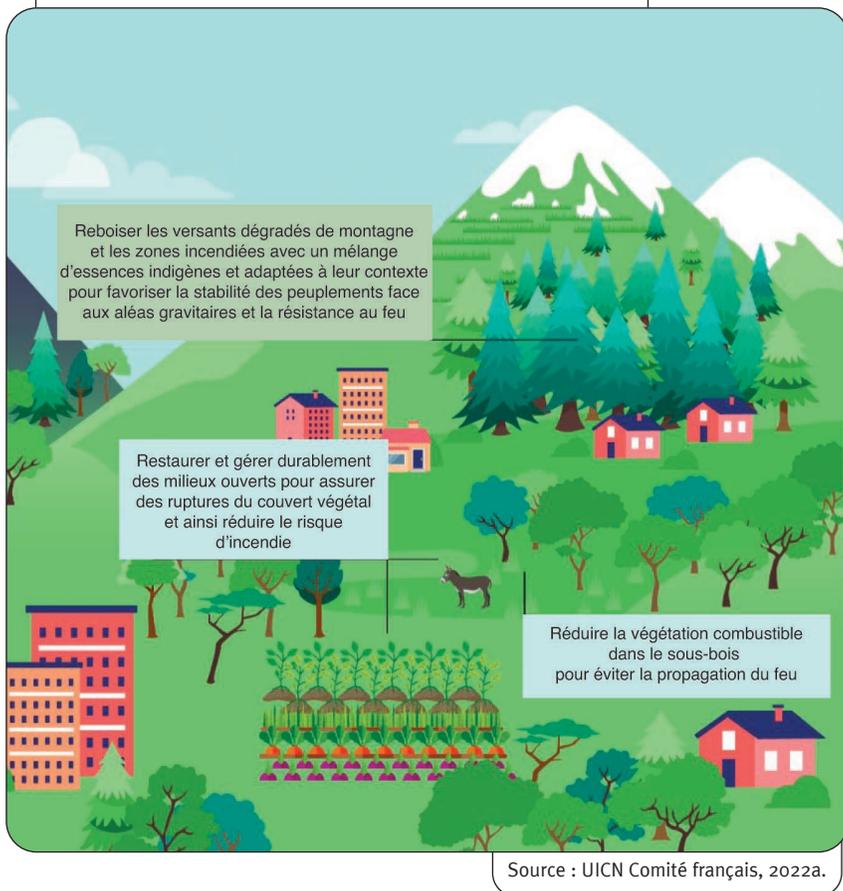
- des forêts diversifiées, avec des espèces les moins inflammables et combustibles possibles ;
- une faible végétation combustible dans le sous-bois ;
- des milieux ouverts afin d'assurer une rupture du couvert végétal.

Là encore, les plantations monospécifiques, ou l'introduction d'espèces exotiques potentiellement envahissantes et présentant parfois un risque d'inflammabilité plus élevé que les espèces autochtones, ne répondent pas aux critères d'utilisation d'écosystèmes sains et diversifiés, et ne doivent donc pas être considérées comme des SfN.

■ Les actions pour la forêt

Des forêts diversifiées en structure et en âge permettent de mieux limiter la propagation du feu, là où un peuplement monospécifique ou peu diversifié, composé d'essences combustibles et/ou inflammables, présenterait un risque accru vis-à-vis de l'incendie (figure 2.20). Dans les milieux forestiers fermés, la présence d'une canopée dense, caractéristique des forêts matures, aide à limiter la présence de sous-bois et donc de combustible. Le mélange d'espèces à faible inflammabilité contribue également à réduire le risque d'incendie, tout en misant sur des strates végétales diversifiées.

Figure 2.19. Différents grands types de Solutions fondées sur la Nature pour les risques d'incendie.



La régénération naturelle et les éventuelles plantations tendront à favoriser une diversification en essences forestières autochtones, tout en protégeant celles qui montrent la plus grande résistance au feu.

Bien entendu, la diversité et la complexité de tels peuplements sont plus que favorables à la biodiversité, en plus d'autres services tels que l'attractivité paysagère et touristique, ou les services d'approvisionnement pour le bois ou d'autres ressources naturelles.

La réouverture des milieux réduit le risque d'incendie tout en apportant des bénéfices pour la biodiversité. Ces milieux ouverts peuvent être des prairies, des pelouses, des zones humides, des vergers ou encore des clairières. Des activités de débroussaillage,

d'entretien par brûlage dirigé ou par pastoralisme pour les milieux herbeux peuvent préserver ces espaces ouverts et instaurer ainsi une mosaïque de paysages, véritables « pare-feu » moins inflammables car éloignés des feux de cimes, et moins combustibles en l'absence de bois sur une certaine surface. Cela engendre en parallèle la restauration d'habitats naturels pour des espèces végétales mais aussi animales, notamment des oiseaux (figure 2.21).

Par exemple, dans le département du Var, le Parc national de Port-Cros a mené un projet de restauration post-incendie du massif forestier du cap Lardier, ravagé par les flammes en 2017⁹. Il visait à accompagner la régénération des espaces naturels dégradés, avec un double objectif de rendre le milieu à la fois plus résilient aux risques d'incendie et plus diversifié au niveau de ses espèces végétales. Sur près de 300 hectares, il s'est agi d'accompagner la dynamique naturelle des essences indigènes les mieux adaptées au passage du feu. Ainsi, le chêne vert, le chêne-liège et d'autres feuillus ont été favorisés. Ceci permet d'enclencher une transition vers la chênaie, plus résistante au passage du feu, contrairement au pin d'Alep et au pin maritime, qui ont tendance à se régénérer spontanément après le passage du feu. Ces dispositifs ont permis à quelques espèces végétales supplémentaires de s'installer. Des espèces animales, comme la tortue d'Hermann et le lézard ocellé, ont également été sauvées grâce aux opérations d'ouverture des milieux.

Figure 2.20. Peuplement forestier monospécifique de niaouli de Nouvelle-Calédonie présentant une faible résistance vis-à-vis de l'incendie.



9. https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2025-02/18_CapPhoenix_UICN_OFB_VF_WEB.pdf, consulté le 10/03/2025.

Figure 2.21. Maintien d'espaces ouverts au sein de la forêt du massif des Maures, dans le Var. Un tel réseau d'espaces ouverts, dont la richesse et l'importance écologique sont avérées, permet de limiter la fréquence et la propagation des incendies, jouant un rôle de « pare-feu ».



Risques littoraux

Le littoral se modifie

Les risques littoraux, principalement liés à la submersion marine, l'érosion côtière et la mobilité dunaire, concernent tous les pays avec une composante maritime (figure 2.22). Selon le ministère de la Transition écologique¹⁰, en France, environ 1,5 million de personnes vivent dans des zones côtières à risque, qui incluent les littoraux de l'Atlantique, de la Manche et de la Méditerranée. Plus de 850 communes françaises sont directement exposées à la montée des eaux et à l'érosion côtière, soit 23 % des communes littorales. Ainsi, près de 20 % du littoral français (environ 1 700 km) subissent une érosion progressive, avec un recul moyen de 0,5 à 1 mètre par an dans certaines zones. Certaines plages peuvent perdre jusqu'à plusieurs mètres de terrain chaque année. Les dégâts liés aux risques littoraux sont estimés à plusieurs centaines de millions d'euros par an, notamment dans les zones touristiques, où les infrastructures et l'immobilier sont particulièrement vulnérables.

10. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-mer-littoral-2024/49-population-et-logements-exposes-aux>, consulté le 20/02/2025.

Figure 2.22. Plage touristique soumise à érosion dans la péninsule du Yucatan (Mexique).



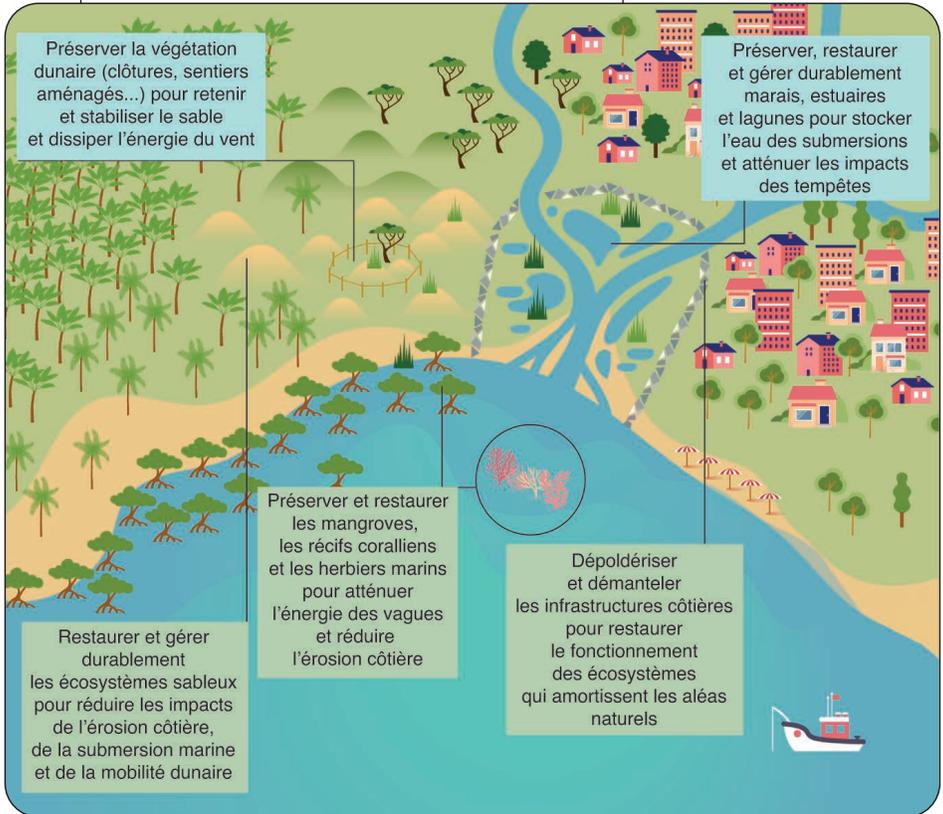
■ La lutte contre les risques littoraux

Les SfN pour lutter contre les risques littoraux peuvent recouvrir plusieurs grands types d'actions, illustrés sur la figure 2.23 (UICN Comité français, 2022b). La lutte contre la mobilité dunaire représente un grand pan du savoir-faire en SfN, avec des techniques de préservation de la végétation de ces milieux pour retenir et stabiliser le sable grâce à la dissipation de l'énergie du vent. Ces écosystèmes sableux réduisent également les impacts de l'érosion côtière et des submersions marines. L'aménagement des mangroves, des récifs coralliens et des herbiers marins atténue l'érosion côtière grâce à la diminution de l'énergie des vagues. Enfin, marais, estuaires et lagunes sains et résilients atténuent les submersions marines grâce au stockage d'une partie de l'eau. Ils limitent également l'impact des tempêtes.

La plus-value écologique de tels milieux n'est plus à démontrer, et les actions doivent aller dans le sens de leur préservation, leur restauration ou leur gestion durable, comme toute SfN qui se respecte.

Enfin, la désartificialisation, la dépollérisation et le démantèlement d'infrastructures côtières grises donnent l'occasion de redonner plus d'espaces à la mer et un fonctionnement plus naturel aux milieux, barrant ainsi l'effet de la houle et des vagues. Si ces mesures sont accompagnées d'un relèvement de la biodiversité des sites, elles peuvent éventuellement se prévaloir d'être des SfN.

Figure 2.23. Différents types de Solutions fondées sur la Nature pour les risques littoraux.



Source : UICN Comité français, 2022b.

I Les actions par aménagement des milieux terrestres

Fixation dunaire

La fixation des écosystèmes sableux représente un type d'action bien développé de SfN, grâce à l'équilibre sédimentaire inhérent au système dune-plage (figure 2.24). Il peut s'agir de plages, de dunes ou de forêts dunaires. Ces écosystèmes sableux constituent un rempart face aux submersions marines. En parallèle, ces actions apportent un fonctionnement plus naturel des milieux dunaires, avec le rétablissement des équilibres sédimentaires, entre apports et érosion. Elles permettent également la réinstaurer d'une faune et d'une flore locales adaptées.

Ce processus de fixation dunaire s'observe facilement sur les dunes de la Slack, un espace naturel situé entre Wimereux et Ambleteuse, sur la Côte d'Opale, dans le Nord. Ici, le milieu est préservé en tant que site Natura 2000¹¹ pour offrir des paysages de dunes présentant une riche biodiversité (figure 2.24).

Figure 2.24. Fixation dunaire sur la Côte d'Opale, dans le Nord. La fixation de la dune est assurée grâce à l'installation de plantes ayant l'aptitude de piéger les particules de sable lors des vents, ou de fixer le sable piégé grâce aux systèmes racinaires. Elle est également assurée dans le temps par la colonisation naturelle des sables par le couvert végétal spontané.



La fixation des dunes s'effectue par des espèces de divers types, de l'herbacée à l'arbre en passant par les arbustes. L'oyat est un exemple d'espèce couramment utilisée, mais il convient d'insister sur la diversité des espèces nécessaires à une plus grande résilience du milieu. La fixation dunaire est assurée par les racines des plantes. En même temps, la partie aérienne des plantes piège les sédiments sableux et reconstitue les stocks de sable, participant ainsi à leur maintien ou à leur restauration. Par ailleurs, ces actions permettent de restaurer des habitats d'intérêt pour la faune locale.

Les actions de fixation des dunes peuvent éventuellement s'accompagner de la pose de branchages brise-vent, de rechargements sédimentaires, de la suppression ou du remodelage de structures inertes comme des enrochements ou des digues qui nuisent à la dynamique naturelle du système dune-plage, et bien entendu de la mise en défens des espaces concernés.

Le guide pratique le plus approprié est celui de Gouguet (2018), qui traite de la gestion des dunes et des plages.

11. <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR3100479>, consulté le 20/02/2025.

Aménagement de la végétation de mangroves ou de récifs

Face aux submersions marines, l'aménagement des mangroves (figure 2.25), des récifs coralliens et des herbiers marins permet de briser la force des vagues et de réguler les courants, tout en réduisant l'érosion côtière. Ces milieux sont essentiels à la préservation ou à la restauration de la faune aquatique, et plus largement à la diversité végétale et spontanée qu'ils sont susceptibles d'abriter. Il est par ailleurs prouvé que les mangroves favorisent le stockage du carbone et participent ainsi en parallèle à l'atténuation du changement climatique (Ahmed *et al.*, 2022 ; Sidik *et al.*, 2021).

Au niveau des mangroves, les actions consistent, d'une part, à protéger les zones sur lesquelles une régénération naturelle est jugée favorable, et, d'autre part, à restaurer les zones déstabilisées, notamment par des boisements appropriés des sites dégradés. On peut pour cela avoir recours à des semis, collecter des propagules ou des sauvagions, ou encore transplanter des plants produits en pépinières.

Figure 2.25. Aménagement de la végétation de mangroves en Nouvelle-Calédonie : des remparts face à la force érosive des vagues et des courants.



Pour les récifs coralliens, plusieurs techniques existent, parmi lesquelles la transplantation de corail. Il s'agit de prélever des coraux sur des sites sains, de les transporter et de les fixer sur les sites à restaurer grâce à un cimentage, en les plaçant parfois sur des blocs de récifs artificiels (Léocadie *et al.*, 2020).

Pour la restauration des récifs coralliens et des écosystèmes associés, on se référera aux guides pratiques dédiés de Léocadie *et al.* (2020) et de Nicet *et al.* (2019). Pour la gestion des mangroves, il faut consulter l'ouvrage du Pôle-relais zones humides tropicales (PRZHT, 2018).

I Les actions par aménagement des milieux aquatiques

L'aménagement des marais, des estuaires et des lagunes consiste à protéger, restaurer et/ou gérer durablement des zones humides côtières, situées souvent derrière les milieux dunaires. Il s'agit de reconnecter ces espaces entre eux ainsi qu'avec la mer, voire des cours d'eau. De tels étangs et marais jouent le rôle de zones tampons face aux submersions marines, en éloignant les zones à enjeux du littoral, mais aussi en stockant une partie de l'eau¹² (figure 2.26). Ces reconnexions peuvent se faire par dépoldérisation, démantèlement ou abandon d'infrastructures, comme des routes ou des digues. Elles s'accompagnent d'actions de végétalisation afin d'augmenter la rugosité des fonds de ces espaces en bordure de côte, de diminuer l'énergie des vagues et de piéger des sédiments. L'apport pour la biodiversité doit être significatif. On peut y répondre en utilisant plusieurs espèces adaptées à plusieurs profondeurs par exemple. Et il doit être vérifié grâce à un suivi, en considérant le contexte spécifique à chaque nouvelle situation.

Figure 2.26. Marais restauré en Camargue, dans les Bouches-du-Rhône, permettant de tamponner les risques de submersion marine et abritant une faune et une flore riches. On utilise couramment des espèces adaptées aux conditions locales, telles que le tamaris, les salicornes ou encore les scirpes.



12. <https://www.lifeadapto.eu>, consulté le 20/02/2025.

3. La sécurité de l'approvisionnement en eau

Sécurisation de la quantité d'eau

Des sécheresses record

Les deux tiers de notre eau du robinet proviennent de nappes, qui peuvent être souterraines et que nous allons chercher *via* des puits ou des forages, sous la forme de captages d'eau, ou bien gravitaires, et qui surgissent alors sous forme de sources. L'autre tiers provient d'eaux de surface, comme des lacs ou des cours d'eau.

Depuis plusieurs années, la France connaît des problématiques de déficit d'eau et de périodes de sécheresse préoccupantes. Selon Météo-France¹³, en 2022, les records historiques de sécheresse ont été battus sur l'ensemble du territoire. Une sécheresse hivernale inédite s'est même produite début 2023, avec des nappes phréatiques à des niveaux très bas au printemps suivant. Le niveau et la permanence d'écoulement de nos cours d'eau s'en sont ressentis, avec des étiages très sévères par endroits. Ces derniers menacent notamment notre biodiversité aquatique, mais aussi les activités humaines liées à l'usage de l'eau des rivières (hydroélectricité, tourisme fluvial, loisirs d'eau vive, etc.).

D'un autre côté, les épisodes de crues et d'inondations sont croissants et plus irréguliers. Ce paradoxe, entre déficit d'eau à certains moments de l'année et excès d'eau à d'autres, peut et doit être mis à profit pour atténuer l'impact des aléas météorologiques sur nos concitoyens. Il s'agit de penser la problématique de la sécheresse météorologique, due au manque de précipitations par rapport à la normale, en distinguant son impact sur la sécheresse hydrologique d'une part et la sécheresse agricole d'autre part. Dans le premier cas, les cours d'eau et les nappes phréatiques sont affectés. Dans le deuxième cas, qui n'est pas incompatible avec le premier, les sols manquent d'eau et ne permettent pas d'assurer sereinement les activités agricoles.

L'approvisionnement quantitatif en eau

Les écosystèmes aquatiques et terrestres jouent un rôle très important pour la préservation des ressources en eau (Gutry-Korycka, 2019). Ils permettent en effet de favoriser l'infiltration de l'eau en rechargeant les nappes phréatiques et les aquifères. Il existe

13. <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/secheresse-32-jours-sans-pluie-en-france-record-battu>, consulté le 20/02/2025.

de multiples exemples d'actions co-bénéfiques qui autorisent la sécurisation de l'approvisionnement en eau, tout en apportant des bénéfices pour la nature (figure 3.1) :

- favoriser les zones humides ;
- aménager des zones d'expansion de crues ;
- aménager une zone de rejet végétalisée ;
- aménager un bassin d'infiltration végétalisé ;
- planter des arbres d'espèces diversifiées ;
- aménager une noue végétalisée ou un jardin de pluie.

Ce sont même bien souvent des actions « triple effet » que celles qui permettent, en plus, de contribuer à réduire les risques d'inondations. Parmi celles que nous avons vues dans le chapitre 2, on peut citer la reconnexion du cours d'eau avec des zones humides, ou encore l'aménagement de zones d'expansion de crues au niveau des forêts alluviales.

On peut distinguer deux principaux types de solutions selon qu'elles permettent d'infiltrer soit les eaux de pluie, soit les eaux ruisselantes, courantes ou stagnantes. Ce second aspect de la recharge des nappes, qui relève du grand cycle de l'eau, est certainement trop peu considéré aujourd'hui en France. Pourtant, il doit être mis au crédit de certaines de ces actions de contribuer à la recharge des nappes souterraines (Ramirez-Agudelo *et al.*, 2020).

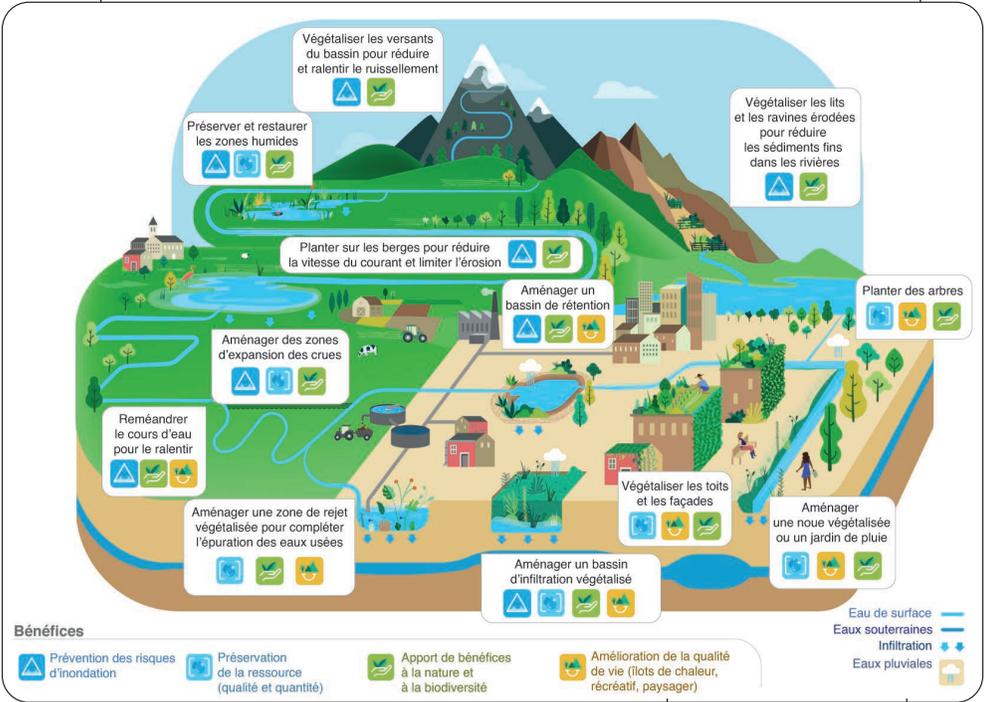
■ Les actions par infiltration des eaux de pluie

Bassin d'infiltration végétalisé

Le bassin d'infiltration végétalisé est un aménagement en forme d'entonnoir dans lequel l'eau de pluie qui tombe directement dedans est retenue (figure 3.2). L'eau peut également être amenée *via* des collecteurs depuis des terrains plus éloignés. Il est spécifiquement destiné à collecter les eaux de pluie afin de favoriser leur infiltration dans le sol. Comme nous l'avons déjà mentionné, la désignation de ce dispositif en tant que SfN nécessite de justifier de l'instauration d'une forte biodiversité par des choix adaptés d'espèces végétales. Le gain pour la biodiversité peut se trouver sur la végétalisation des abords du bassin en facilitant la création d'habitats faunistiques et piscicoles, mais aussi en améliorant les déplacements d'espèces *via* une meilleure continuité écologique entre les habitats.

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, cet aménagement permet aussi de lutter contre les risques d'inondation. En milieu urbain, cela valorise l'eau, vue comme une ressource et non plus comme un vecteur de crainte vis-à-vis des inondations. Enfin, il existe également une plus-value paysagère : l'attrait de tels aménagements est évident, par leur beauté mais aussi par leur ambiance, qui s'ajoute à la sensation de confort thermique en été.

Figure 3.1. Les Solutions fondées sur la Nature pour la gestion globale de l'eau.



Source : Rey *et al.*, 2023.

Figure 3.2. Bassin d'infiltration végétalisé juste après une forte pluie, situé dans le Bas-Dauphiné.



Noue végétalisée, fossé végétalisé et jardin de pluie

La noue végétalisée, le fossé végétalisé ou encore le jardin de pluie sont de petites dépressions ou creusements au niveau du sol. Plus spécifiquement, la noue est un fossé peu profond et large, généralement placé en bordure d'un aménagement, par exemple une cour d'école ou une route (figure 3.3). Le fossé est une dépression plus profonde et plus étroite que la noue. Enfin, le jardin de pluie est une dépression peu profonde et végétalisée avec une fonction paysagère.

Ces aménagements recueillent l'eau de pluie et la stockent temporairement, facilitant son infiltration dans le sol. Ce ne sont pas réellement des SfN, même si elles présentent de multiples bénéfices. On peut en effet considérer que le gain pour la nature n'est pas significatif. Toutefois, on peut tendre vers une SfN si on est dans un projet réfléchi à large échelle, avec une connectivité entre ces aménagements, qui constituent alors des trames vertes. Dans tous les cas, il serait dommage de ne pas citer et recommander ces types d'aménagements, plus vertueux que des milieux bétonnés. Ces dispositifs contribuent à l'amélioration des conditions de vie, par leur caractère paysager mais aussi, selon leur importance en surface, par leur plus-value en matière de rafraîchissement de l'air à proximité.

Figure 3.3. Noue végétalisée en contexte urbain, dans la ville de Voiron, en Isère.



Plantation d'arbres d'espèces variées

La plantation d'arbres permet de rendre le sol plus perméable à l'eau de pluie grâce aux systèmes racinaires des végétaux. Elle peut se faire sous la forme d'arbres isolés, de bosquets, voire de haies. Comme pour la noue végétalisée, cette action tend à s'approcher de la définition des SfN, tout en restant en marge, à moins de justifier d'une forte diversité d'espèces plantées, avec des espèces locales et une connectivité entre les espaces plantés permettant de créer des corridors pour la biodiversité. Dans tous les cas, aucune raison de se priver de ce type d'aménagement vertueux, qui apporte ombrage et qualité paysagère aux milieux, et donc une amélioration de la qualité de vie (figure 3.4).

Figure 3.4. Plantation d'arbres et d'arbustes de saules et de frênes le long d'une promenade en bordure du Rhône, dans le département éponyme. Cette structure végétale apporte de l'ombrage aux promeneurs et aux poissons, une continuité écologique sous forme de trame verte, et une certaine qualité paysagère au site.



On peut citer ici l'exemple du projet de plantation de haies dans le bocage bourbonnais, dans le département de l'Allier¹⁴. En 2021, la communauté de communes du bocage bourbonnais s'est lancée dans un projet visant à préserver le paysage bocager, tout en renforçant la biodiversité et en soutenant l'agriculture durable locale. Pour cela, 600 mètres linéaires de haies ont été plantés, en concertation avec les agriculteurs et des associations spécialisées. En plus de permettre une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, les haies assurent un ombrage pour le bétail et servent de refuge pour les chauves-souris et les oiseaux.

Autres actions : désimperméabiliser les sols, végétaliser les toits et les façades...

Toutes les actions de désimperméabilisation des sols peuvent également contribuer à améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol.

La végétalisation des toits et des façades est une action qui peut se prévaloir d'être une SfN si elle justifie d'une forte plus-value en matière de biodiversité, notamment si elle entre dans un réseau à l'échelle d'un quartier ou d'une ville par exemple, permettant ainsi la mise en place de trames vertes favorables à la biodiversité. Le rôle de la végétalisation dans l'infiltration de l'eau reste bien entendu « local », puisqu'il permet quasi intégralement un apport d'eau de surface aux végétaux, mais pas aux nappes souterraines.

Attention cependant à ne pas tout qualifier de SfN : il faut qu'il y ait un gain pour la biodiversité et la nature dans ces actions. Aux ingénieurs de faire preuve d'ingéniosité pour que leurs interventions évoluent en vraies SfN !

I Les actions par infiltration des eaux ruisselantes, courantes ou stagnantes

Zones humides et tourbières

Des actions de ralentissement des écoulements et de recharge de zones humides ou de tourbières peuvent participer à favoriser l'infiltration d'une partie de l'eau ou à soutenir l'étiage des cours d'eau en aval, grâce à un allongement de la période où l'eau est disponible dans le sol. C'est le cas dans une tourbière, qui est une zone humide colonisée par la végétation dans un milieu saturé en eau et dans laquelle on trouve de la tourbe, matière végétale fossile. Par leur nature même, les zones humides en général, et les tourbières en particulier, sont favorables à l'infiltration de l'eau dans le sol, puisque l'eau est ralentie et même stoppée dans son écoulement. La forte composante biodiversité de ces milieux valide leur statut de SfN pour répondre au défi de l'approvisionnement en eau. Les tourbières jouent également un rôle important dans

14. <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/s-inspirer/ils-le-font-deja/focus-terrain/dialogue-au-coeur-ladaption-climatique-lexemple-du-bocage-bourbonnais>, consulté le 20/02/2025.

le stockage du carbone atmosphérique, apportant ainsi une plus-value pour l'atténuation du changement climatique.

Dans la réserve naturelle régionale des tourbières de Frasnes-Bouverans, dans le département du Doubs, un sentier pédagogique créé en 2023 permet de découvrir ce refuge d'une biodiversité rare et remarquable. Il explique également son rôle dans la préservation de la ressource en eau et dans l'adaptation au changement climatique¹⁵. La préservation de ces écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique relève pleinement de SfN en contribuant à sécuriser notre approvisionnement en eau (figure 3.5).

Figure 3.5. Tourbière de Frasnes-Bouverans (Doubs), véritable éponge retenant l'eau lors des pluies. Elle abrite une diversité remarquable de plantes de milieux humides et acides telles que des sphaignes, des airelles et de la myrtille.



Actions de ralentissement des cours d'eau

Les actions de ralentissement des cours d'eau, allant idéalement jusqu'à une stagnation de l'eau et généralement utilisées pour lutter contre les risques d'inondation, participent également ponctuellement à la recharge des nappes. On peut ainsi citer le reméandrage, l'aménagement de bassins de rétention, de zones d'expansion de crues, de ripisylves et de forêts alluviales, ou encore la reconnexion avec des bras morts (tableau 2.1). On cherchera bien entendu à tirer parti de la présence d'une végétation la plus diversifiée possible.

15. <https://www.montagnes-du-jura.fr/sit/reserve-naturelle-regionale-tourbieres-de-frasne-bouverans-4>, consulté le 20/02/2025.

Par exemple, le bassin de rétention végétalisé, que nous avons vu précédemment, est un aménagement créé en travers d'un écoulement de cours d'eau. S'il est initialement destiné à stopper temporairement les écoulements du cours d'eau, il favorise aussi la collecte temporaire des eaux de pluie, afin de leur permettre de s'écouler progressivement vers l'aval. Un aménagement adapté du fond du bassin, le rendant perméable, peut favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol. Et, bien entendu, le choix des espèces végétales, les plus diversifiées possibles, doit être envisagé pour que l'on puisse prétendre parler d'une Sfn.

Citons enfin la zone de rejet végétalisée, qui présente avant tout une fonction principale d'épuration des eaux usées traitées. Elle constitue cependant une action triple effet permettant également de favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol, participant ainsi potentiellement à la sécurisation de l'approvisionnement en eau des nappes.

Sécurisation de la qualité de l'eau

Des pollutions multiples

L'eau peut subir de nombreux dommages aux différents maillons de son cycle, depuis l'atmosphère, où elle est sous forme de pluie, jusqu'aux réservoirs naturels que sont principalement les nappes, en passant par les écoulements divers en surface ou souterrains. Elle peut notamment être très fortement polluée par les usages de l'homme : rejet des eaux usées sous forme de rejets localisés, ou des eaux consommées au titre d'activités comme l'agriculture en milieu rural, ou lavage en milieu urbain sous forme de rejets diffus. Les polluants sont donc potentiellement nombreux dans ces rejets et peuvent prendre la forme de matières organiques, de nutriments, d'hydrocarbures, de substances chimiques ou encore de matières en suspension. Les eaux usées ou collectées (de pluie) peuvent ainsi être chargées en polluants de types chimique (pesticides, nitrates, phosphates, hydrocarbures, métaux, PCB), physique (matières en suspension), bactériologique (agents pathogènes et micro-organismes) ou organique (Chocat, 2013).

La sécurisation de l'approvisionnement en eau dépend en grande partie de la qualité de l'eau dans les milieux naturels. Bien entendu, la première des solutions pour bénéficier d'une eau de qualité, dès lors que la pluie nous l'a fournie, est de ne pas la souiller ou la polluer. Mais il n'est malheureusement pas rare que l'eau des cours d'eau, ou même celle collectée après la pluie, subisse des pollutions. Par ailleurs, nos eaux usées nécessitent d'être traitées par des techniques d'assainissement, afin d'assurer des rejets les plus sains possibles dans nos milieux naturels. Elles sont acheminées vers les stations d'épuration afin d'y connaître un traitement. Les eaux pluviales peuvent également être acheminées vers ces stations, notamment lorsque le système est unitaire (eaux usées et eaux pluviales sont transportées en même temps), sinon elles sont rejetées directement dans les milieux aquatiques, sans traitement.

■ L'approvisionnement qualitatif en eau

Les techniques d'épuration naturelle des eaux usées traitées sont regroupées, en France, sous le vocable de phytotechnologies. L'appartenance de ces techniques aux Sfn ne doit pas être trop hâtive. N'oublions pas que le gain pour la nature et la biodiversité doit être bien présent.

Les phytotechnologies regroupent un ensemble de techniques qui utilisent des espèces végétales pour extraire, immobiliser ou dégrader des polluants organiques ou inorganiques. Elles font appel à un panel de végétaux mixant graminées, plantes herbacées et halophytes. Ces techniques s'appliquent aux milieux aquatiques (eaux) qui nous intéressent, mais aussi aux milieux terrestres (sols) (Crosaz *et al.*, 2014). Il existe principalement trois techniques de phytotechnologies adaptées aux eaux polluées : la phytostabilisation, la phytoextraction et la phyto-rhizodégradation, qui ont chacune des objectifs de traitement et de gestion ainsi que des enjeux propres :

- la phytostabilisation utilise des plantes pour fixer des polluants au sein même de leur biomasse, en particulier dans leurs racines. Elle ne donne pas véritablement lieu à une dépollution des eaux, mais constitue un mode de gestion destiné à maîtriser les risques présentés par les eaux polluées, grâce à la stabilisation des éléments-traces présents dans l'eau ;
- la phytoextraction utilise des plantes qui accumulent les polluants dans leurs tiges ; ces dernières sont alors récoltées, ce qui permet une exportation des éléments polluants en dehors du milieu ;
- la phyto-rhizodégradation utilise des plantes (phytodégradation) et des micro-organismes (rhizodégradation) pour dégrader les polluants en éléments plus simples et moins toxiques.

Ces principes sont mis en œuvre à travers divers aménagements. Concernant les pollutions d'origine locale, les techniques de phytotechnologies ne sont pas des alternatives suffisamment efficaces pour suppléer les stations d'épuration. Cependant, elles peuvent être mises à profit en complément des traitements des stations d'épuration, entre la sortie de celles-ci et le lieu de leur rejet dans le milieu naturel (Boano *et al.*, 2020). On se trouve ici dans le domaine des zones de rejet végétalisées (voir section suivante).

À l'échelle des écosystèmes et des paysages, ces Sfn peuvent avantageusement contribuer à limiter les pollutions d'origine agricole ou industrielle, qualifiées de diffuses (Jessup *et al.*, 2021 ; Grison et Le Blainvaux, 2021). On se référera pour cela aux zones tampons humides artificielles ainsi qu'aux zones humides, ripisylves et haies (voir section « Les actions pour limiter les pollutions diffuses »).

■ Les actions pour limiter les pollutions locales

Pour lutter contre les pollutions locales, on peut faire appel aux « zones de rejet végétalisées ». Ce sont des espaces aménagés sous forme de prairie, de bassin ou

de fossé, présentant des végétaux à même de dépolluer les eaux, par exemple des filtres plantés de roseaux (Chocat, 2013).

Grâce aux plantes et selon leurs propriétés biologiques d'épuration, ces aménagements permettent une épuration complémentaire des eaux usées issues des stations d'épuration, aidant ainsi les traitements des eaux usées et leurs rejets dans le milieu naturel. Elles facilitent en effet la réduction de certaines substances chimiques et de germes, et réduisent les nutriments et les matières en suspension au niveau des eaux rejetées dans le milieu naturel (Penru *et al.*, 2017).

On imagine bien la plus-value écologique de tels dispositifs, surtout au niveau de la biodiversité aquatique. Les zones de rejet végétalisées peuvent ponctuellement présenter d'autres bénéfices, tels que la production de biomasse ou la fourniture d'espaces paysagers (figure 3.6).

Figure 3.6. Zone de rejet végétalisée, à rôle épuratoire des eaux et de production de biomasse, ici dans la région Auvergne-Rhône-Alpes.



■ Les actions pour limiter les pollutions diffuses

Pour lutter contre les pollutions diffuses, on peut faire appel aux « zones tampons humides artificielles ». Ce sont des milieux humides sous la forme de microbassins de rétention, de prairies de bas fond ou encore de ripisylves. Elles jouent un rôle dans le traitement des écoulements traversants ou issus de zones agricoles utilisant des intrants. De tels milieux sont à même de transformer bio-géochimiquement les polluants issus d'agrosystèmes. Cela se traduit par une sédimentation des matières en suspension, une dénitrification de l'azote ainsi qu'une dégradation des produits phytosanitaires. Les bandes enherbées, les haies et les talus végétalisés, qualifiés parfois de zones « sèches », participent également à l'effort d'amélioration de la qualité de l'eau des milieux aquatiques à l'interface périurbain-agricole (Chocat, 2013).

Au niveau de la biodiversité aquatique, le gain écologique est certain. Par exemple en Seine-et-Marne, le dispositif expérimental dit de « la mare de Rampillon » est étudié depuis de nombreuses années par Tournebize *et al.* (in INRAE, 2024a). Ces derniers ont montré l'efficacité épuratoire de la mare végétalisée vis-à-vis de transferts de polluants agricoles, réduisant ces derniers de 40 % grâce à l'activité microbienne. La biodiversité du site y a également gagné, avec l'installation de plusieurs centaines d'espèces végétales et animales. De plus, le potentiel épuratoire est d'autant plus élevé que la zone tampon est écologiquement active au niveau de sa faune et de sa flore (Tournebize *et al.*, 2015). De quoi décrocher la désignation de SfN.

Les zones sèches associées aux zones tampons humides artificielles augmentent le potentiel écologique de ces milieux grâce à la constitution de réseaux bocagers favorables aux déplacements de la faune.

Par ailleurs, les zones humides, les ripisylves et les haies peuvent avoir une action biologique positive sur les polluants d'origine diffuse. Ces zones, où l'eau ralentit, voire stagne, sont propices aux échanges entre le cours d'eau et les biodiversités bactérienne, végétale et animale de ces milieux.

4. Le développement économique et social

Agriculture durable

I L'agriculture se cherche

L'agriculture en France fait face à plusieurs problématiques majeures qui doivent être résolues pour assurer une transition réussie vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement et économiquement viables.

Puisqu'on s'intéresse aux défis environnementaux dans cet ouvrage, indiquons tout d'abord que, selon le Centre national de la recherche scientifique (CNRS)¹⁶, l'intensification de l'agriculture et l'utilisation excessive de pesticides peuvent contribuer à une perte significative de biodiversité. L'agriculture conventionnelle en France repose encore souvent sur l'utilisation de produits phytosanitaires (pesticides, herbicides, engrais de synthèse) néfastes à la nature. Pour y remédier, la réduction de ces intrants représente un enjeu majeur, tout en garantissant au mieux la rentabilité des exploitations. La diversification des espèces végétales, tant au niveau de celles qui sont cultivées que de celles aux abords des exploitations, constitue une solution à envisager.

La gestion de la ressource en eau est un autre défi auquel notre agriculture est confrontée. L'irrigation des cultures est menacée par les épisodes de sécheresse de plus en plus fréquents. L'agriculture durable doit donc intégrer des pratiques plus économes en eau, et qui permettent de maintenir la productivité des exploitations. Les agriculteurs doivent s'adapter aux nouvelles conditions climatiques (sécheresses, gelées tardives, pluies intenses), tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote) issues de l'élevage et des fertilisants.

Les agriculteurs ne font pas exception aux autres acteurs économiques, et la question de la rentabilité reste au cœur de leurs préoccupations. Ils sont soumis à de lourdes contraintes (climatiques, cadrages européens, adjonctions au rendement, etc.) qui rendent la recherche — cruciale — d'un équilibre entre viabilité économique et durabilité environnementale épineuse.

16. <https://www.cnrs.fr/fr/presse/lintensification-de-lagriculture-est-lorigine-de-la-disparition-des-oiseaux-en-europe>, consulté le 20/02/2025.

I Pour une agriculture plus durable

Si des projets d'exploitation agricole veulent se prévaloir d'être des SfN, ils doivent afficher et mettre en œuvre leur objectif de concilier le développement agricole avec la préservation de la biodiversité. Il s'agit plus précisément d'assurer une production agricole qui repose sur les fonctionnalités écologiques de l'agrosystème, tout en minimisant la consommation des ressources (eau, intrants et énergie), en préservant les sols et la nature et en limitant la production de gaz à effet de serre.

Des SfN peuvent ainsi apporter une réponse à bénéfices multiples pour répondre aux défis actuels et futurs de l'agriculture et de l'élevage durables. En effet, elles soutiennent une production durable et adaptée à chaque contexte environnemental et social. Elles prônent la résilience agricole, en adaptant les systèmes agricoles au changement climatique, tout en bénéficiant à la biodiversité à différentes échelles (habitats, espèces, parcelle agricole, communauté) (figure 4.1). Avec des pratiques fondées sur la biodiversité, on peut réduire le processus de dégradation des écosystèmes qui nuit aux rendements, rendre les cultures moins vulnérables aux perturbations climatiques, enfin diminuer l'utilisation d'intrants ou de produits phytopharmaceutiques potentiellement nuisibles pour la santé. En parallèle, il s'agit de favoriser les circuits courts et locaux, de garantir le bien-être animal, de rémunérer les agriculteurs à leur juste valeur et d'assurer la compétitivité économique des exploitations, tout en garantissant des produits abordables pour les consommateurs.

Les principaux types de SfN pour une agriculture durable sont les projets de gestion des écosystèmes agricoles en phase avec les principes de l'agroécologie (Wynberg *et al.*, 2023). Selon la définition ministérielle, il s'agit d'un « ensemble de pratiques variées et de systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes : recyclage des éléments de la nature, maximisation de l'efficacité de la photosynthèse, dynamisation de la vie du sol, etc. ». L'agroécologie fait appel aux connaissances de l'écologie et de l'agronomie. Elle vise à améliorer l'activité agricole tout en cherchant à diminuer les pressions sur l'environnement, à préserver les ressources naturelles et à limiter les intrants. Elle fait en sorte que les systèmes de production, tout comme les pratiques culturales et d'élevage, favorisent le stockage du carbone dans le sol. La nature est ainsi utilisée au maximum comme facteur de production, tout en maintenant ses capacités de renouvellement. L'agroécologie comprend un ensemble de techniques issues de l'agriculture biologique, de la biodynamie, de la permaculture, de l'agriculture naturelle ou encore de l'agriculture de conservation. Toutes ces pratiques agroécologiques mobilisables à différents niveaux d'organisation (parcelle, exploitation ou territoire) contribuent à la fondation d'une sécurité alimentaire et nutritionnelle et d'une gestion de l'eau agricole durable, en combinant le respect de l'environnement, la performance économique et la meilleure acceptabilité sociale possible (UICN Comité français, 2025).

L'agroforesterie constitue un autre grand pan des pratiques pouvant se revendiquer des SfN. Elle consiste à assurer la présence d'arbres autour des parcelles agricoles,

notamment sous forme de haies diversifiées, mais aussi à l'intérieur même des parcelles. Toutes les pratiques d'agroforesterie ne constituent pas pour autant systématiquement des SfN. Il faut pour cela regarder de près l'importance des critères de « rentabilité » et de « viabilité », le second étant majeur pour que l'on puisse parler réellement de SfN.

Figure 4.1. La diversification des prairies, telle qu'elle apparaît ici sur un territoire de montagne, permet de garantir une biodiversité élevée du milieu, d'assurer sa plus grande résilience aux aléas climatiques tels que la sécheresse, mais aussi de fournir un fourrage de qualité aux ruminants. En outre, les prairies permanentes pâturées favorisent le stockage de carbone et l'attractivité des paysages.



L'agriculture urbaine et ses jardins partagés sont des domaines également mentionnés comme relevant ou s'approchant de SfN.

Rajoutons que plusieurs des SfN, abordées dans les chapitres 2 et 3 et répondant à d'autres défis sociétaux, participent indirectement à la sécurisation d'une agriculture plus durable. Ainsi, les actions de prévention et de protection contre les inondations contribuent à assurer la protection des terres agricoles contre les crues qui pourraient leur être préjudiciables. Les interventions pour diminuer le risque d'incendie profitent aux terrains agricoles menacés, comme certaines vignes en milieu méditerranéen. Les actions de préservation de la ressource en eau fondées

sur la nature concourent à économiser l'eau, ce qui facilite son partage entre les différents usagers, dont les agriculteurs.

Inversement, l'agroécologie participe à répondre à d'autres défis sociétaux, notamment celui déjà abordé de la prévention des risques d'inondation et des risques gravitaires, puisqu'elle contribue à la réduction des ruissellements et à la réduction de l'érosion des sols grâce aux réseaux racinaires des végétaux.

Précisons que les agriculteurs peuvent être des acteurs majeurs de la préservation des sols et de la biodiversité, dès lors que leurs pratiques évoluent dans le sens de la durabilité et de la transition agroécologique. Certains territoires et filières font d'ailleurs preuve d'exemplarité, tout en ayant conscience que la rentabilité économique reste au cœur des préoccupations des agriculteurs.

Enfin, il apparaît ici important de préciser que les SfN ne constituent pas la solution ultime pour éradiquer l'utilisation des intrants en agriculture. Elles apparaissent comme une manière de réduire ces derniers, avec des résultats prometteurs au niveau des expérimentations menées. Il est donc dommage de se priver de ce type d'actions, tout en gardant à l'esprit que les contraintes économiques pour les agriculteurs sont énormes, auxquelles s'ajoutent les contraintes climatiques et les normes.

■ Les actions par l'agroécologie

L'agroécologie préconise de nombreuses pratiques vertueuses autant pour la production agricole que pour la préservation de la nature¹⁷.

Ainsi, la culture d'espèces et de variétés locales, plus diversifiées et plus adaptées aux fortes chaleurs, est encouragée. Elle s'accompagne de la mise en place de cultures intermédiaires et d'inter-rangs, parfois aussi de l'installation de bandes enherbées. L'augmentation du nombre de rotations culturales, l'absence de labour et le paillage du sol sont également souvent convoqués. On peut citer l'exemple des actions menées en 2021 par Saint-Flour Communauté, qui a piloté la restauration de milieux agropastoraux par des semences locales issues de prairies naturelles (UICN Comité français, 2025). L'utilisation de ces dernières devait permettre d'assurer une production fourragère des éleveurs qui réponde aux sécheresses récurrentes. Un suivi de plusieurs placettes expérimentales a permis de comparer la biomasse produite de parcelles ainsi semées avec d'autres modes de récolte, montrant le bien-fondé de ce type de pratiques. Un suivi botanique de l'évolution de la diversité floristique au travers de la flore dominante des parcelles restaurées a quant à lui montré le retour d'une diversité tant floristique que faunistique.

Il faut favoriser les auxiliaires de culture qui facilitent la pollinisation, et rechercher l'abondance d'espèces nectarifères et pollinifères. En gros : il faut plus de fleurs pour les abeilles ! Dans la plaine et le val de Sèvres, Gaba *et al.* (in INRAE, 2024a) ont

17. <https://www.arb-idf.fr/nos-travaux/publications/agriculture-et-biodiversite>, consulté le 20/02/2025.

testé l'efficacité de changements de pratiques pour favoriser le développement de fleurs messicoles, qui sont des espèces poussant naturellement dans les parcelles de plantes cultivées. Ces changements visaient, pour la culture de céréales à paille, la diminution des herbicides et celle des apports d'azote. Les études ont montré que ces changements de pratiques pouvaient avoir des effets positifs sur les résultats économiques, et qu'il était possible de réduire ponctuellement les apports en intrants sans perte économique systématique.

Une diversification des cultures, et donc du fourrage pour les bovins, peut faire rimer préservation de la biodiversité avec réduction des émissions de méthane par les animaux. Ainsi, par exemple, des chercheurs d'INRAE (2024b) ont montré que des animaux nourris avec un fourrage diversifié, mêlant céréales et oléagineux, émettaient jusqu'à 20 % de méthane en moins. Plus globalement, des systèmes agricoles associant productions animales et végétales diversifiées s'avèrent rentables économiquement et bénéfiques pour l'environnement, avec moins de pesticides et une gestion économe en eau.

En parallèle, qui dit agriculture durable, notamment par rapport à la préservation de la ressource en eau, dit aussi actions et choix « à la source » de l'activité : privilégier des cultures moins consommatrices d'eau, n'arroser qu'en tant que de besoin et au bon moment, maintenir une couverture minimale du sol, qui capte et conserve un maximum d'eau dans les sols tout en favorisant la nature, etc. Par exemple, INRAE (2024b) développe des modes de maraîchage économes en eau pour des cultures en pleine terre sous abri, avec une gamme variée de légumes tels que salade, blette et épinard. Par ailleurs, certaines SfN à rôle de sécurisation de l'approvisionnement en eau, que nous avons vues au chapitre 3, participent aux économies d'eau pour l'agriculture. Pour des éléments techniques et pratiques, en particulier concernant les cultures irriguées, on propose de se référer à l'ouvrage de Bouarfa *et al.* (2020).

Avec l'agroécologie, il est également possible de proposer des alternatives aux pesticides pour la lutte contre les insectes ravageurs et les plantes adventices. Il s'agit essentiellement de mesures préventives fondées sur la régulation naturelle des écosystèmes, qui favorisent la résistance des cultures aux maladies en stimulant leur immunité. Elles reposent sur la diversification des cultures, autant au niveau structurel (paysages) qu'au niveau fonctionnel (rotations), ainsi que sur des alternatives mécaniques, physiques et biologiques aux pratiques classiques. On démontre ainsi que la combinaison de prairies permanentes et de cultures diversifiées favorise la régulation des insectes ravageurs et des plantes adventices (INRAE, 2024b). Plusieurs dispositifs expérimentaux, portant sur les grandes cultures, l'arboriculture et la vigne, expérimentent jusqu'au « zéro pesticide » avec des résultats prometteurs. Par exemple, les chercheurs préconisent de faciliter la culture de variétés et d'espèces résilientes aux bioagresseurs. Ainsi, associer des espèces ou des variétés au sein d'une même parcelle agricole se traduit par des complémentarités et des interactions entre plantes, ce qui les rend plus résistantes ou tolérantes vis-à-vis des bioagresseurs (figure 4.2).

Les plantes sauvages de prairies situées à proximité de cultures céréalières peuvent jouer un rôle certain dans la régulation des ravageurs de cultures, montrant ainsi l'intérêt de conserver ou de restaurer une biodiversité, tout en mettant en place des cultures. Jouer sur la facilitation naturelle de l'installation de prédateurs naturels aux insectes ravageurs peut aussi être une solution avantageuse. Les insectes ravageurs de milieux viticoles sont aussi mieux régulés lorsque les vignes sont contiguës à des surfaces arborées ou herbacées, qui favorisent les prédateurs de ces insectes. On peut aller jusqu'à une réduction de plus de 80 % des traitements fongicides pour certaines vignes résistantes (INRAE, 2024a ; 2024b). Ces approches participent au domaine de la vitiforesterie, une pratique agroécologique associant arbre et vigne¹⁸.

Pour un bilan des stratégies de protection des cultures fondées sur la diversification végétale des parcelles et des paysages agricoles, on peut consulter l'ouvrage de Tibi *et al.* (2023).

Enfin, pour aider l'agriculture durable, on peut préconiser la préservation, la restauration et la gestion durable des zones humides aux alentours sous forme de prairies humides diversifiées, qui régulent mieux l'eau tout en favorisant la biodiversité. Le maintien de zones enherbées entre les cultures et les cours d'eau, tout comme celui de zones arborées et de milieux rivulaires, diversifient également le milieu, facilitant la formation de corridors écologiques pour la faune (figure 4.2).

Figure 4.2. La diversification des milieux au service de l'agroécologie, comme ici dans la Valdaine, en Isère. Les cultures alternent avec des zones enherbées, des zones arborées et des milieux rivulaires. Tout ceci favorise la connectivité des milieux, propice aux déplacements des animaux.



18. <https://www.agroforesterie.fr/vitiforesterie-etat-de-lart-des-connaissances-scientifiques/>, consulté le 20/02/2025.

I Les actions par l'agroforesterie

L'aménagement des haies est une action majeure de l'agroforesterie. De telles communautés arbustives ou arborées rendent de multiples services tels que la préservation de la biodiversité, bien sûr, puisqu'elles servent de refuge aux oiseaux et attirent les insectes pollinisateurs, tout en facilitant la diversification de la faune du sol. Mais elles assurent aussi la fourniture d'ombrage, la limitation du ruissellement et des pertes de sols associées, l'enrichissement du sol, l'atténuation des effets du vent ou encore la captation du carbone. Avec les haies, cela peut aller jusqu'à la création d'un réseau bocager à forte plus-value écologique. Par ailleurs, la présence d'arbres, si possible feuillus, peut faciliter l'infiltration de l'eau grâce à leurs racines, et participer ainsi à répondre aux défis sociétaux de la prévention des risques d'inondation et de sécurisation de l'approvisionnement quantitatif en eau (figure 4.3).

La gestion durable d'un agrosystème avec l'installation d'arbres à l'intérieur même des parcelles agricoles constitue un autre type d'action relevant des SfN, si bien entendu on installe des essences autochtones diversifiées. La canopée permet alors de créer un microclimat favorable aux rendements agricoles en même temps qu'une biodiversité accrue.

Figure 4.3. Agroforesterie aux alentours de Carcassonne, dans l'Aude. Restaurer des haies entre les parcelles agricoles, comme laisser ou planter des arbres en leur sein, apporte ombrage et habitat sous la canopée ainsi installée.



Cette diversification végétale permet également de réduire l'usage des pesticides. Au sein d'une même parcelle, les chercheurs d'INRAE (2024b) ont montré une diminution possible de 60 % de pesticides avec l'association de plusieurs espèces végétales, de 40 % grâce à l'agroforesterie, et de 84 % par l'implantation de haies.

Citons également le sylvopastoralisme, qui concilie des objectifs forestiers et pastoraux. Il consiste à faire pâturer la forêt par du bétail, à fonction de production de

viande et de lait, pour exploiter les ressources fourragères spontanées situées sous les arbres. Les arbres sont quant à eux exploités pour la production de bois.

Foresterie durable

Les forêts à la croisée des services rendus

La forêt est multifonctionnelle et doit être gérée de manière équilibrée en conciliant les approches de production de bois (y compris la fourniture de bois-énergie), de protection des biens et des personnes contre les risques naturels, de stockage de carbone pour lutter contre le changement climatique, d'activités récréatives et de maintien de la biodiversité forestière.

Certaines pratiques sylvicoles favorisent des monocultures pour maximiser la production de bois, ce qui peut nuire à la biodiversité et rendre les forêts plus vulnérables aux maladies et aux tempêtes (figure 4.4). Les forêts sont également affectées par des phénomènes comme la sécheresse, les incendies et les invasions d'insectes. Ces stress fragilisent la santé des forêts et compromettent leur capacité à stocker du carbone. Par ailleurs, l'expansion urbaine et l'agriculture intensive entraînent la fragmentation des forêts, perturbant les écosystèmes et réduisant les habitats naturels.

Figure 4.4. Certaines forêts d'aujourd'hui, comme ici un mélèzin dans les Hautes-Alpes, sont souvent peu diversifiées car elles répondent à une fonction de production. Cela les rend vulnérables aux perturbations comme les attaques parasitaires, qui concernent souvent une espèce ciblée. Le mélèze peut ainsi être affecté par la tordeuse grise du mélèze. Si le peuplement est constitué d'une seule espèce forestière, c'est l'intégralité de la forêt qui est touchée.



I Pour une foresterie plus durable

Les SfN peuvent apporter une réponse à bénéfices multiples aux défis actuels et futurs de la foresterie durable. En effet, elles soutiennent une production de bois durable et adaptée à chaque contexte environnemental et social. Elles prônent la résilience forestière, en adaptant les systèmes forestiers aux changements climatiques tout en bénéficiant à la biodiversité, à différentes échelles (habitats, espèces, parcelle forestière, communauté).

Ces actions peuvent être de différents types. Il peut notamment s'agir de gestion durable, de gestion de la régénération naturelle ou encore de plantations. Ces actions, au-delà de la simple présence d'arbres, doivent veiller à instaurer une diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers (figure 4.5).

Figure 4.5. Forêt de pins noirs d'Autriche dans les Alpes-de-Haute-Provence, gérée de manière à concilier la production de bois, la protection contre les risques d'érosion et les crues, et le stockage de carbone. Pour diversifier la forêt, on favorise la régénération feuillue, appelée à remplacer complètement par endroits les pins, tout en maintenant une future fonction de production de bois.



Par exemple, dans le *living-lab* du Bocage de la forêt des Landes, les chercheurs ont montré que les haies de feuillus permettaient de renforcer la résilience des forêts de pins face aux défis environnementaux : ces haies favorisent en effet une plus grande diversité d'espèces et réduisent ainsi les infestations par la chenille processionnaire du pin (INRAE, 2024a).

Les actions de gestion de la biodiversité sont également convoquées, car elles peuvent concilier l'approche écologique avec l'approche forestière. Sur le site-atelier des Vallées et coteaux de Gascogne (INRAE, 2024a), les chercheurs ont montré que la biodiversité des abeilles était préservée grâce au maintien d'une diversité de formations végétales, tant au niveau herbacé (prairies) qu'arbustif (haies) et arboré (lisières forestières). La floraison étalée dans le temps offre en effet plus d'opportunités aux pollinisateurs de les butiner.

Pour savoir comment mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière, on se référera avantagusement au guide pratique de Gosselin et Paillet (2017).

Mobilités durables

Les infrastructures de déplacement, des lignes cassantes

Dans le cadre des mobilités durables, il est question de réduire l'impact des infrastructures de déplacement, qu'elles soient douces, routières ou ferroviaires (figure 4.6). En effet, elles divisent les habitats naturels, ce qui réduit la connectivité des écosystèmes. Cela limite les déplacements des espèces animales, empêchant la reproduction et l'accès à certaines ressources, et conduit à l'isolement génétique des populations. Les infrastructures grises sont par nature constituées de matériaux inertes, et leurs abords ne sont parfois pas végétalisés, ceci pouvant laisser la place à l'installation d'espèces végétales envahissantes.

Figure 4.6. Les infrastructures de déplacement peuvent fragmenter les milieux, ou encore imperméabiliser les sols, comme ici dans le vignoble alsacien.



I Pour des mobilités plus durables

Les SfN peuvent être mobilisées sur les infrastructures grises (Langemeyer et Baro, 2021). Il s'agit principalement de la végétalisation des abords des voiries, voire celle des rues et des parkings, que l'on rend ainsi perméables et plus accueillants pour la biodiversité. Cela fait appel à un savoir-faire établi de longue date dans le cadre du génie végétal.

Même si elles ne méritent pas toutes d'être considérées comme des SfN, le gain pour la biodiversité n'étant souvent que trop faible, toutes les actions visant à rendre les voiries et les parkings perméables à l'eau, notamment grâce à des revêtements végétaux, sont à encourager.

Il peut être question d'aller jusqu'à élaborer une « trame verte ». On touche ici au domaine des « infrastructures vertes », qui ne consistent pas seulement à mettre en place des espaces verts, mais à créer des connexions entre espaces végétalisés et aires naturelles, en milieu rural comme urbain, afin de favoriser notamment le déplacement des animaux (Agence européenne pour l'environnement, 2015 ; Bonin, 2024). Et comme notre objet est celui des SfN, il faut aussi que les espaces considérés soient diversifiés. De manière concrète, il peut s'agir d'une ceinture verte autour d'une métropole, d'un réseau de parcs urbains, ou encore de systèmes de haies le long d'infrastructures de transport terrestres ou maritimes (figure 4.7). Pour une application efficace, il faut penser à identifier les bonnes échelles et continuités spatiales d'implantation des solutions (Babi Almenar *et al.*, 2021).

Figure 4.7. Concomitance de haies (au premier plan) et de bandes enherbées (au second plan) le long d'une voie navigable en Écosse.



Le franchissement des infrastructures de transport constitue un autre volet, qui ne relève en général pas des SfN, puisqu'il s'agit surtout d'ouvrages de passage à faunes qui sont des ouvrages inertes, même s'ils peuvent être eux-mêmes végétalisés à leurs abords et participer à améliorer la continuité écologique des milieux.

Chaleur de l'air

La ville, lieu de concentration des îlots de chaleur

L'évolution démographique, la métropolisation ou encore la transition vers une économie à faible émission de carbone sont autant de défis économiques et sociaux aux multiples dimensions, interconnectés et complexes. La ville en particulier subit de plein fouet les effets du changement climatique : 75 % de la population urbaine est concernée par le phénomène d'îlot de chaleur urbain (figure 4.8). C'est aussi dans les villes que les effets de pénurie d'eau sont les plus évidents, et qu'à l'inverse le trop-plein d'eau touche la plus grande population lors des inondations.

Figure 4.8. Dans beaucoup de grandes villes, comme ici à Sydney, en Australie, la canopée urbaine, synonyme d'ombrage, peut faire défaut dans les espaces non artificialisés.



Plus de fraîcheur en ville

Les SfN pour rafraîchir l'air en ville sont globalement des actions de végétalisation, avec une gestion de l'eau appropriée. Elles peuvent être utilisées pour multiplier les espaces verts et la présence de l'eau en ville, favoriser l'infiltration de l'eau au niveau

de ces espaces, végétaliser les cours d'école et les toitures, restaurer les berges des cours d'eau, etc., tout en protégeant la biodiversité (Musy, 2014). La désimperméabilisation des sols est également une action qui contribue à toutes ces finalités, d'autant plus si les terrains sont ensuite végétalisés. Une fois encore, insistons sur ce dernier point portant sur le gain pour la nature, qui doit être significatif pour que l'on puisse parler de véritables SfN.

La résultante est un accroissement des îlots de fraîcheur, des possibilités accrues d'utiliser l'eau pour se rafraîchir, et donc une meilleure qualité de vie en ville (Simperler *et al.*, 2020). Concernant la lutte contre les îlots de chaleur, ceci a été démontré par Chrétien *et al.* (*in* Onerc, 2019). Les scientifiques du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) ont mis au point l'outil Sesame¹⁹, qui permet d'identifier les espèces d'arbres et d'arbustes à utiliser en milieu urbain, tout en tenant compte des services écosystémiques, mais aussi des disservices rendus par ces végétaux, tels que l'installation des espèces indésirables comme les moustiques ou les tiques. On peut également indiquer qu'avec moins de chaleur, il est moins nécessaire de recourir aux énergies de production de froid, et donc d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre.

Toutefois, ces actions n'ont pas toutes le même effet sur la réduction de la chaleur en ville. Celui-ci dépend des types de végétation utilisés, les arbres caducs étant les plus efficaces, mais le mieux restant de les combiner pour plus d'efficacité. Les arbres en général présentent de nombreux avantages, notamment celui de fournir de l'ombrage, de produire de l'oxygène, de stocker du carbone. Les plantes grimpantes sont à privilégier sur les façades. Sur les toits, il faut favoriser un sol d'une certaine épaisseur. À ce sujet, Masson (*in* Onerc, 2019) a mis au point un modèle urbain appelé TEB (*Town energy balance*) qui permet de calculer les échanges d'énergie et d'eau entre les villes et l'atmosphère, ce qui contribue à mieux évaluer la performance globale des SfN pour le rafraîchissement du système urbain.

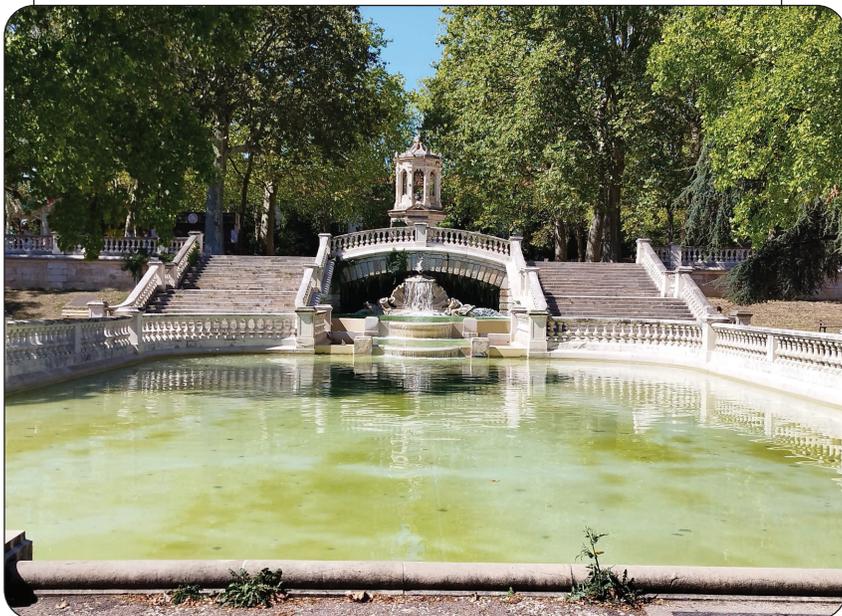
Beaucoup d'actions présentées plus avant dans cet ouvrage, et qui s'appliquent à la prévention des risques naturels et à la sécurisation de l'approvisionnement en eau, sont pertinentes pour la ville et l'habitat durable (Hérivaux et Le Coent, 2021). Cela illustre le côté « multi-bénéfices » de certaines SfN, sujet que nous aborderons plus loin.

En parallèle, l'arrosage joue beaucoup sur la capacité des végétaux à évapotranspirer et donc à rafraîchir l'air, ce qui peut paraître contradictoire avec l'impérieuse nécessité d'économiser l'eau lors des épisodes de chaleur. Dans tous les cas, une considération conjointe du développement végétal en ville et de la gestion durable de l'eau est à privilégier, notamment en récupérant les eaux de pluie (de Munck *et al.*, *in* Onerc, 2019) (figure 4.9).

19. <https://sesame.cerema.fr/>, consulté le 20/02/2025.

Il existe de nombreux guides pratiques pour installer ou favoriser la nature en ville, que nous ne citerons pas ici mais qui sont listés dans la synthèse du Cerema (2021).

Figure 4.9. La ville de Dijon, en Côte-d'Or, a depuis très longtemps opté pour une récupération d'eau de pluie, stockée dans des bassins comme celui-ci, pour l'arrosage de ses espaces verts.



Qualité de l'air

I De l'air !

La qualité de l'air en France est une problématique majeure, notamment dans les zones urbaines. La pollution atmosphérique, principalement due au trafic routier, aux industries et au chauffage résidentiel, entraîne des concentrations élevées de particules fines et de dioxyde d'azote (figure 4.10). Ces polluants sont responsables d'impacts sur la santé pouvant provoquer des maladies respiratoires et cardiovasculaires.

L'amélioration de la qualité de l'air demeure un défi important pour les collectivités. De ce fait, de nombreux types d'actions sont possibles, par exemple la sobriété des déplacements émettant des gaz à effet de serre ou le développement des énergies renouvelables.

Figure 4.10. La ville de Pékin, en Chine, est souvent citée comme le paroxysme de la dégradation de l'air en milieu urbain.



■ Pour une meilleure qualité de l'air

Les SfN s'avèrent une bonne manière d'améliorer la qualité de l'air. En milieu périurbain, la présence de milieux humides contribue à cette amélioration de la qualité de l'air, tout en favorisant la présence d'une biodiversité élevée, et couplée pourquoi pas à des sentiers pédagogiques. Il en résulte une réduction de l'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

La végétation forestière, arbustive et herbacée, mais aussi les eaux de surface, et particulièrement les zones humides, sont des moyens efficaces de purifier l'air et de séquestrer le carbone. Les forêts, surtout les forêts matures et âgées, mais aussi les tourbières ou encore les mangroves en milieu ultra-marin, sont particulièrement efficaces (UICN Comité français, 2022a ; figure 4.11).

Figure 4.11. La forêt tropicale de Nouvelle-Calédonie, ou comment séquestrer de grandes quantités de carbone tout en conservant une très forte biodiversité végétale et animale. La Nouvelle-Calédonie fait en effet partie des 34 *hotspots* reconnus dans le monde, en raison d'une faune et d'une flore particulièrement riches.



Tourisme durable

Toujours plus de tourisme

Le tourisme de masse est un nouveau mal qui s'est emparé de nos sites patrimoniaux, tant naturels qu'historiques (figure 4.12).

Le tourisme durable en France cherche à équilibrer développement économique, préservation de l'environnement et bien-être des populations locales. Face à la surfréquentation de certaines destinations et à la dégradation des écosystèmes, il devient crucial de repenser les pratiques touristiques. Promouvoir des modes de voyage moins polluants, favoriser les circuits courts et sensibiliser les visiteurs à la protection des sites culturels et naturels sont des priorités. Le défi réside dans l'adoption de modèles de tourisme qui profitent aux populations locales tout en réduisant l'empreinte écologique, garantissant ainsi la pérennité des ressources pour les générations futures.

Il s'agit également de penser l'usage et l'économie d'eau afin de répondre à sa demande croissante lors des périodes touristiques.

Figure 4.12. Pour accéder à des sites emblématiques, comme ici au château de Versailles, dans les Yvelines, les touristes sont prêts à passer des heures dans des files d'attente, sans ombre.



I Pour un tourisme plus durable

Les écosystèmes naturels préservés et restaurés peuvent être mis à profit comme de véritables attractions touristiques. Les récifs coralliens, par exemple, peuvent être valorisés *via* des « sentiers immergés », à découvrir avec masque et tuba (figure 4.13). Les forêts diversifiées sont source d'accueil de pratiques récréatives et touristiques, comme le ski de fond et la randonnée. La qualité paysagère de milieux restaurés et gérés avec un maximum de diversité attire également les touristes en recherche de beauté des milieux naturels.

Les parcs urbains peuvent également répondre aux attentes sociales des villes, et notamment aux enjeux relatifs au paysage. Ils sont un bon moyen de préserver une certaine biodiversité dans les villes, tout en favorisant l'accueil de visiteurs à la recherche de milieux agréables et frais.

Figure 4.13. Un sentier sous l'eau pour découvrir les fonds marins, matérialisé par des bouées visibles au centre de la photo, sur l'île de Port-Cros, dans le Var.



5. Les défis sociétaux transverses

Sécurité alimentaire

I Une nourriture saine et équilibrée ?

La sécurité alimentaire en France pose la question de l'accès à une alimentation suffisante, saine et abordable pour tous. Malgré une production agricole robuste (figure 5.1), des inégalités subsistent, exacerbées par la précarité économique. On estime ainsi que 8 millions de Français n'ont pas accès à une nourriture saine et équilibrée en quantité suffisante. Renforcer les circuits courts et promouvoir une agriculture durable sont autant de défis pour assurer la sécurité alimentaire de tous en France. L'enjeu qualitatif est notamment important dans les territoires ultra-marins, avec un recours croissant et préoccupant aux produits transformés (UICN Comité français, 2025).

Figure 5.1. Monoculture céréalière dans le Trièves, en Isère.



I Sécuriser notre alimentation

Les SfN peuvent apporter une réponse aux défis actuels et futurs de l'alimentation. Pour cela, on peut se référer aux grands types d'actions qui ont été abordés dans les chapitres précédents et qui ont concerné d'autres défis sociétaux. Ici encore, cela met en exergue la faculté des SfN à présenter un caractère multi-bénéfices.

Ainsi, tout d'abord, on doit bien entendu se pencher sur les pratiques agricoles, et se référer aux préconisations d'agroécologie et d'agroforesterie (voir chapitre 4, section « Agriculture durable »). Toutes les SfN qui amènent à concilier production et qualité des cultures participent à notre sécurité alimentaire. On renvoie donc aux guides pratiques qui concernent l'agroécologie et qui ont été cités dans le chapitre 4. On mentionnera toutefois ici plus particulièrement la synthèse sur la *Durabilité des systèmes pour la sécurité alimentaire*, réalisée par Thomas et al. (2024).

Plusieurs SfN répondant au défi sociétal de la sécurisation de l'approvisionnement en eau, notamment au niveau quantitatif, peuvent également être convoquées pour permettre l'irrigation des champs. Si les agriculteurs sont amenés à puiser l'eau dans les rivières, l'aménagement et la gestion de milieux et d'ouvrages qui stockent l'eau de pluie lors des crues pour la restituer de manière étalée dans le temps leur seront utiles pour disposer d'eau sur de plus longues périodes. S'ils puisent l'eau dans les nappes, toutes les mesures permettant d'infiltrer l'eau dans ces nappes les soutiendront également. Quant à l'aménagement de « bassines », sans doute existe-t-il une possibilité d'en aménager qui récupèrent uniquement l'eau de pluie lors des crues, sans puiser dans les nappes afin de ne pas pénaliser l'approvisionnement en eau potable pour les populations.

N'oublions pas la demande en produits de la mer et la surexploitation des stocks naturels, qui sont croissantes en France. Par ailleurs, il nous faut surmonter des défis liés à l'impact environnemental, comme la pollution des eaux, la surutilisation des ressources et la préservation de la biodiversité. Le développement de pratiques plus respectueuses, comme l'aquaculture durable, est essentiel pour garantir une production à la fois rentable et écologiquement durable de ces produits issus de la mer et de l'océan (Plateforme Océan & Climat, 2024).

À ce titre, on peut citer les progrès de l'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI) comme SfN, dès lors qu'elle apporte bien des bénéfices concrets pour la biodiversité. Il s'agit d'une méthode durable d'élevage aquacole qui associe plusieurs espèces provenant de différents niveaux trophiques dans un même système (figure 5.2), afin de reproduire des interactions écologiques naturelles. L'objectif est d'améliorer la productivité tout en réduisant l'impact environnemental : réduction des déchets aquacoles, préservation des écosystèmes marins et utilisation durable des ressources naturelles. Plusieurs projets de recherche, tels que le projet Amima (Évaluation de méthodes de monitoring environnemental dédiées à l'aquaculture multi-trophique intégrée en mer)²⁰, ont permis des avancées significatives dans ce domaine.

20. <https://umrsas.rennes.hub.inrae.fr/recherche/axe-evaluation-integree/amima>, consulté le 07/04/2025.

Figure 5.2. En associant des espèces complémentaires comme les poissons, les algues et les invertébrés, l'AMTI est une approche intégrée d'aquaculture qui combine efficacité économique et respect de l'environnement. Elle se développe notamment en région Bretagne, et se met au service de l'élevage des huîtres, comme ici à Cancale, en Ille-et-Vilaine.



Santé humaine

Écosystèmes et santé humaine, même destin

La santé humaine dépend directement de la qualité de vie des personnes. Or celle-ci est menacée par divers phénomènes tels que les risques naturels, les dangers de pénurie d'eau, le défaut de qualité alimentaire, le développement des ravageurs et des nuisibles, ou encore les pollutions des milieux, que ce soit celles de l'eau, de l'air ou des sols. La problématique de la santé humaine repose donc sur une meilleure réponse à tous ces défis sociétaux.

Améliorer la santé humaine

Le défi sociétal de l'amélioration de la santé humaine est sans doute celui pour lequel il est le plus difficile d'identifier un lien direct avec l'action d'une Sfn.

Parmi les actions répondant spécifiquement à la santé humaine, on peut citer la lutte contre les espèces végétales exotiques envahissantes et allergisantes, qui se développent aux abords des cours d'eau ou le long des infrastructures de transport, et qui relèvent directement d'enjeux de santé. Il existe des approches d'ingénierie écologique qui consistent à installer une couverture végétale d'espèces locales et diversifiées

qui concurrencent les espèces exotiques afin de limiter leur installation et leur développement. Les projets mettant en place de telles interventions peuvent se revendiquer d'être des SfN à co-bénéfices de restauration écologique de milieux dégradés et de contribution à la santé humaine.

Mais plus largement, pour des SfN répondant à des défis sociétaux abordés précédemment dans ce livre, on peut établir un « impact positif collatéral » sur la santé humaine (van den Bosch et Ode Sang, 2017 ; figure 5.3). Ainsi, les actions de prévention des risques naturels (voir chapitre 2), celles qui permettent de sécuriser notre approvisionnement, notamment qualitatif (voir chapitre 3, section « Sécurisation de la quantité d'eau »), et même certaines solutions classées dans le défi sociétal du développement socio-économique, comme l'agroécologie (voir chapitre 4, section « Agriculture durable »), participent à améliorer la santé humaine.

Figure 5.3. Sur le site de l'hôpital de Voiron, en Isère, un espace de biodiversité a été aménagé en concertation avec des associations naturalistes. Il s'agit de mettre à profit le côté naturel du site pour aider les patients à se rétablir dans les meilleures conditions.



De manière globale, l'utilisation des SfN pour améliorer la santé humaine peut être considérée à travers le concept « une seule santé » (ou *One Health*). D'après ce dernier, il existe une interdépendance entre tous les êtres vivants, avec un lien fort entre la santé humaine et la santé des écosystèmes (Gardon *et al.*, 2022). Il s'agit donc de réduire l'ensemble des pressions qui pèsent sur la biodiversité pour obtenir un effet positif sur la santé humaine. Les exemples sur la réduction de la diffusion des maladies émergentes sont nombreux, surtout dans les tropiques. Citons par exemple la protection des forêts tropicales par la limitation de la déforestation, cette dernière pouvant être génératrice de l'émergence de maladies zoonotiques comme le virus Ebola²¹. Un ouvrage de référence qui peut servir de guide est celui de Zinsstag *et al.* (2020).

21. <https://www.inrae.fr/actualites/CP-analyse-lien-foret-deforestation-maladie>, consulté le 20/02/2025.

Atténuation et adaptation au changement climatique

Le climat se dérègle

Le dérèglement climatique se manifeste par des phénomènes extrêmes comme les vagues de chaleur, les sécheresses, les inondations et la montée des eaux. Il est visible à de nombreux endroits en France et dans des contextes très variés (figure 5.4). Ces impacts touchent nombre de domaines comme l'agriculture, la biodiversité ou encore les infrastructures. Face à ces défis, la France doit accélérer sa transition énergétique, réduire ses émissions de gaz à effet de serre et renforcer l'adaptation des territoires. Des réponses apportées à plusieurs défis sociétaux déjà abordés dans cet ouvrage peuvent aussi participer indirectement à cette lutte contre le dérèglement climatique, ou à l'adaptation à celui-ci.

Figure 5.4. Le retrait glaciaire, comme ici sur la Mer de Glace, en Haute-Savoie, l'un des marqueurs les plus frappants du réchauffement climatique.



Le défi du changement climatique

Les SfN peuvent être une réponse efficace contre le changement climatique (Kabisch *et al.*, 2016). En effet, l'atténuation du changement climatique, et notre adaptation à celui-ci, sont une sorte de fil rouge derrière ce concept (Seddon *et al.*, 2020).

En fait, on pourrait dire que quasiment l'ensemble des SfN répondant aux défis sociétaux de la réduction des risques naturels, de la sécurité de l'approvisionnement en eau, de la sécurité alimentaire, de la santé humaine et du développement économique et social, participent peu ou prou au défi sociétal de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique.

Parce qu'en matière d'atténuation du changement climatique, chaque individu végétal, au sein d'une communauté végétale diversifiée, elle-même incluse dans un écosystème sain, participe à la séquestration du carbone, tout en améliorant la biodiversité.

Parce qu'en matière d'adaptation au changement climatique, ce même individu végétal, au sein de cette même communauté végétale diversifiée, elle-même incluse dans un écosystème sain, participe à la création d'îlots de fraîcheur (voir chapitre 4, section « Plus de fraîcheur en ville ») (figure 5.5), à l'infiltration de l'eau dans les nappes (voir chapitre 3, section « Les actions par infiltration des eaux de pluie »), à l'atténuation des crues (voir chapitre 2, section « La lutte contre les risques liés à l'eau ») et à la gestion du trait de côte (voir chapitre 2, section « La lutte contre les risques littoraux »), tout en améliorant la biodiversité (Onerc, 2019).

Or les SfN convoquent quasi systématiquement le végétal !

Figure 5.5. Îlot de fraîcheur dans une cour d'école, dans le village de Saint-Nicolas-de-Macherin, en Isère, associant plantation d'arbres et d'arbustes, engazonnement et installation de noues. La diversité végétale est recherchée, sur des espaces les plus continus possibles, afin de tendre vers une Solution fondée sur la Nature.



On pourrait rajouter ici le rôle majeur joué par les aires naturelles protégées. Au-delà du rôle que ces espaces peuvent avoir pour les différents défis sociétaux abordés précédemment, et même si leur gestion n'est souvent pas orientée pour y répondre spécifiquement, ils contribuent de manière forte à la séquestration du carbone, et donc à l'atténuation du changement climatique. La gestion durable de ces milieux, bien souvent exceptionnels du point de vue de la biodiversité, doit donc à ce titre retenir toute notre attention (figure 5.6). Attention cependant, puisque les actions mises en œuvre dans les aires protégées peuvent (sous conditions) être des SfN, sans que les aires protégées en elles-mêmes en fassent partie. En effet, elles ne constituent pas littéralement des « projets » et n'ont pas été créées pour répondre à un défi sociétal listé dans la définition du concept, mais pour protéger la biodiversité.

Figure 5.6. Les aires naturelles protégées, telles que le Parc national de la Vanoise, en Savoie, font la part belle aux espaces végétalisés, notamment forestiers, et aux milieux humides, qui permettent de capter le carbone de l'air, comme illustré ici au lac du Monal.



Ajoutons un mot pour les océans, non mentionnés jusqu'ici dans cet ouvrage, alors que la France possède le deuxième domaine maritime mondial avec ses territoires ultra-marins. Leur rôle dans la séquestration du carbone est majeur, puisqu'ils sont les plus gros capteurs de chaleur et de gaz à effet de serre (UICN Comité français,

2016). À nous donc de veiller à leur sauvegarde, par la recherche d'un équilibre entre instauration d'aires marines protégées pour optimiser leur diversité faunistique et floristique, restauration de massifs côtiers à double rôle d'équilibre écologique et de protection contre l'érosion, et activités économiques durables telles que la pêche ou le tourisme maritime (figure 5.7).

Figure 5.7. La restauration de massifs côtiers, comme ici à la pointe des Sardinaux, sur la commune de Sainte-Maxime, dans le Var, permet de favoriser le retour d'une biodiversité, gage de santé des mers et des océans. La posidonie en particulier est protégée, car elle oxygène l'eau et permet le développement de la faune en petit fond, offrant abri et nourriture pour des milliers d'espèces, tout en amortissant la force de la houle.



Au niveau des guides pratiques, il est compliqué d'en identifier un en particulier, du fait que la réponse au changement climatique tient, comme nous l'avons vu, à quasiment l'intégralité des SfN utilisant le végétal. On se reportera donc ici aux guides cités dans ce livre et dédiés à chaque défi sociétal abordé. La brochure du Comité français de l'UICN (2016) aborde la question du changement climatique de manière globale. L'ouvrage collectif de l'Onerc (2019) met particulièrement l'accent sur l'adaptation au changement climatique. L'ouvrage de Pellerin *et al.* (2021) permet d'en savoir plus sur le cas particulier des sols agricoles et forestiers et de leur potentiel de stockage de carbone. Pour la séquestration du carbone en forêt, l'ouvrage à consulter est celui de Roux *et al.* (2020).

6. Les acteurs de la mise en œuvre des Solutions fondées sur la Nature

La chaîne d'acteurs

La mise en œuvre effective des SfN repose sur la mobilisation d'une chaîne d'acteurs très variés : chercheurs, formateurs, ingénieurs, entrepreneurs de travaux, donneurs d'ordres, associations, citoyens (Lupp *et al.*, 2021). Aucun des maillons de cette chaîne ne doit être négligé, au risque de voir cette mise en œuvre échouer. Et chacun doit trouver sa place.

Il faut que tous ces acteurs soient facilement identifiables par les porteurs de projets. Pour cela, nous allons, dans ce chapitre, tenter d'aider le lecteur à identifier une « cartographie des compétences » pour la mise en œuvre des SfN.

La place de la recherche

De la recherche fondamentale à la recherche finalisée

Beaucoup de recherches ont trait aux SfN, sans que le terme soit forcément employé, d'autant que, comme nous l'avons vu, ce concept en chapeaute d'autres tels que la restauration écologique, l'ingénierie écologique ou les infrastructures vertes. Ces recherches visent globalement à mieux connaître la structure, le fonctionnement et la fonction des écosystèmes soumis — ou pouvant être soumis — à des projets de SfN (INRAE, 2024a). Les approches se veulent autant disciplinaires que pluridisciplinaires, voire interdisciplinaires (Eggermont *et al.*, 2015 ; Nesshöver *et al.*, 2017 ; Rey *et al.*, 2023).

À INRAE en particulier, les scientifiques réalisent de belles avancées sur la recherche finalisée, ce qui signifie produire du savoir pour améliorer les savoir-faire des gestionnaires et la prise de décision des acteurs. Les recherches, très diverses²², visent notamment à évaluer la pertinence des solutions, à identifier et quantifier les bénéfices, notamment par des approches coûts-bénéfices, ou encore à apprécier leur

22. Un dossier spécial « Futurs » de la revue *Ressources* d'INRAE a été consacré aux Solutions fondées sur la Nature en 2024.

acceptabilité et leur appropriation par les pouvoirs publics. Les incitations et les initiatives scientifiques en faveur des SfN sont très nombreuses. Sans prétendre être exhaustif, on peut citer les programmes de recherche européens tels que ceux financés dans le cadre d'Horizon Europe pour la période 2021-2027. En France, grâce aux nombreux plans stratégiques mis en place pour le climat, la biodiversité ou l'eau, le financement de la recherche s'est accéléré et a donné lieu à des projets majeurs comme le Programme et équipement prioritaire de recherche (PEPR) SoluBioD. Ce PEPR s'étale de 2023 à 2032 et doit favoriser le développement de leviers pour faciliter la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de SfN sous un angle interdisciplinaire (Duffaut *et al.*, 2022).

Les scientifiques travaillent sur des sujets très divers comme le suivi des bénéfices apportés par les projets de SfN, selon le type d'actions, et avec une évaluation dans le temps et dans l'espace spécifique au défi sociétal à relever. Bien entendu, le suivi de la biodiversité est primordial, surtout en contexte de changement climatique, afin d'adapter les actions au fur et à mesure de l'importance des dérèglements.

Il subsiste de nombreuses pistes de recherche à explorer, tant les défis environnementaux et sociétaux sont immenses. Il est primordial pour les scientifiques de formaliser des articles de recherche, mais aussi des articles de synthèse, d'opinion et conceptuels, afin d'assurer une valorisation scientifique de haut niveau dans les domaines scientifiques inhérents aux SfN. Il leur faut également s'attacher à vulgariser leurs résultats et leurs travaux pour une meilleure compréhension par les différents acteurs impliqués dans le développement des SfN et par le grand public.

I Des scientifiques pleinement mobilisés

Les scientifiques occupent une place de choix dans le processus de mise en œuvre des SfN. Pour la simple et bonne raison que la diversité de nos milieux naturels, mais aussi semi-naturels, voire anthropiques, sur lesquels s'appliquent les SfN, fait que chaque projet est un cas particulier ! Et ce en dehors des recettes toutes faites de restauration des milieux dégradés, des applications standards de mélanges grainiers et des valeurs seuils de résistance des ouvrages en contexte de dérèglement climatique. Nos repères changent, notamment ceux de l'ingénierie et de ses outils, et les chercheurs doivent être mobilisés pour répondre à ces changements.

Par ailleurs, n'oublions pas que les échelles de temps ne sont pas les mêmes pour les décideurs, les ingénieurs, les citoyens et les chercheurs. Il faut parfois faire preuve de patience pour comprendre les milieux et prendre les bonnes décisions.

Enfin, comment diffuser efficacement les recherches ? L'important, c'est d'« aller vers » pour transmettre les connaissances sur la chaîne de décision et d'intervention des projets. Cela passe par des actions de sensibilisation, en veillant à faire le lien avec les concepts existants comme l'ingénierie écologique. Le maître mot est la conciliation : où placer le curseur pour que chacun avance et s'y retrouve dans ces co-bénéfices ?

■ Les outils pédagogiques, exemples de transfert des connaissances vers la pratique

De plus en plus d'outils pédagogiques sont mis en place avec l'intervention de scientifiques. Citons par exemple la SandBox, dispositif interactif de médiation autour des paysages topographiques élaboré sous forme de bac à sable (figure 6.1). Il s'agit d'un système qui peut projeter une carte ou des représentations d'objets (forêt, rivière, etc.) sur des volumes fictifs, grâce à du sable manipulable à souhait. On peut y observer le comportement de l'eau, accompagné d'explications sur un écran, afin d'expérimenter l'impact des phénomènes de crue ou de fortes précipitations sur un bassin versant. Ce support s'apparente aux maquettes et aux modèles utilisés par les chercheurs, qui représentent la réalité de manière simplifiée. Pour aller plus loin, le dispositif pourrait gagner en complexité : c'est l'enjeu aujourd'hui, dans les choix de décision comme d'action. Si j'agis sur un paramètre, j'en modifie un autre, et un troisième... Ce bac à sable pourrait d'ailleurs être employé à d'autres usages dès lors qu'il y a une topographie à représenter. On peut citer en particulier les milieux littoraux. Peut-être pourrait-on représenter l'effet des vagues et de la remontée du niveau des mers en inversant le sens de déplacement des eaux, cette fois-ci du bas vers le haut.

Pour concevoir un tel dispositif, deux mondes se sont côtoyés : celui des scientifiques, spécialistes de la question, et celui des vulgarisateurs, novices de la question. La collaboration est alors faite d'échanges, d'allers-retours, pour trouver l'équilibre entre une représentation à la fois réaliste, simplifiée et accessible au jeune public. Et le jeune public d'aujourd'hui, ce sont les décideurs de demain. Il n'est jamais trop tôt pour leur donner, aujourd'hui, les clés de la réussite pour l'aménagement, demain, de nos territoires. Et c'est à travers ce type de support, pédagogique et ludique, que l'on peut les sensibiliser dès à présent.

Figure 6.1. Bac à sable interactif.



Il illustre un milieu de montagne avec des cours d'eau en fortes pentes, et on peut représenter une crue ou une inondation en faisant pleuvoir de manière virtuelle. Il permet notamment de montrer en quoi le végétal peut amener à réduire une crue ou une inondation, ce que rend compte une manipulation sur ce bac à sable.

Il existe également de plus en plus de « jeux sérieux » qui mettent en situation les divers acteurs de la gestion des milieux, en les incitant à prendre des décisions et à mettre en place des actions sous un format ludique. Par exemple, le jeu *Sim-Mana* a été mis au point pour accompagner les acteurs d'un projet à concevoir et à mettre en œuvre collectivement un projet de SfN, couplé à du génie civil, pour la lutte contre les inondations. Il existe également des jeux de cartes comme *Meteeau*²³ d'INRAE pour les sujets sur l'eau, ou encore des jeux de rôle avec l'exemple de *Reseau'lution*²⁴ (INRAE, 2024a). Le jeu sérieux *Causerie* propose quant à lui une mise en situation pour visualiser différentes stratégies de systèmes de culture pour réduire la contamination des cours d'eau par les produits phytosanitaires²⁵.

La place de la formation

Importance de la formation pour l'essor des Solutions fondées sur la Nature

La formation est un pilier essentiel pour une gestion efficace et durable des milieux naturels *via* des SfN. Elle autorise l'acquisition des connaissances théoriques et des compétences pratiques nécessaires, la promotion des pratiques s'appuyant sur des preuves et l'assurance d'une adaptation continue face aux défis environnementaux émergents. Investir dans la formation des gestionnaires de milieux naturels, par exemple, est crucial pour la protection et la conservation des écosystèmes et des ressources naturelles.

L'enseignement agricole doit notamment s'adapter en formant les futurs agriculteurs à même d'accompagner l'adaptation des exploitations, afin qu'elles répondent aux principes des SfN en général et de l'agroécologie en particulier.

Enfin, n'oublions pas notre besoin de compétences en communication. L'application des SfN implique souvent la coordination de projets complexes — en particulier ceux qui présentent un caractère multi-bénéfices — et la communication avec diverses parties prenantes, y compris les populations locales, les décideurs politiques et les autres professionnels de l'environnement. Les programmes de formation doivent développer ces compétences essentielles pour une appropriation globale du concept et de ses avantages.

Les formations initiales

En écoles d'ingénieurs ou à l'université, on enseigne depuis longtemps les approches de conception des projets d'ingénierie écologique, et aujourd'hui de SfN. Aujourd'hui, ceux et celles formés à ces approches sont les meilleurs ambassadeurs pour créer

23. <https://www.inrae.fr/actualites/meteeau-outil-faire-dialoguer-autour-leau>, consulté le 19/02/2025.

24. <https://www.inrae.fr/dossiers/solutions-fondees-nature/defis-dune-application-reussie>, consulté le 19/02/2025.

25. <https://www.inrae.fr/actualites/causerie-jeu-serieux-visant-accompagner-demarches-collectives-damelioration-qualite-leau-bassins-versants>, consulté le 19/02/2025.

des projets de SfN. L'université doit également mettre l'accent sur la formation de doctorants à même de produire de nouvelles connaissances dans ces domaines.

En matière de formation, il nous faut bien sûr des profils spécialisés. La mise en œuvre des SfN nécessite une compréhension approfondie des écosystèmes, des espèces qui les habitent et des interactions écologiques. La formation initiale spécialisée doit donner l'occasion de fournir les bases théoriques nécessaires pour comprendre ces concepts complexes. Les SfN sont souvent enseignées dans des modules ayant trait à l'ingénierie écologique ou la restauration écologique, par exemple dans les formations d'ingénieurs d'AgroParisTech à Nancy, de l'institut UniLaSalle à Beauvais, ou encore dans des cursus universitaires comme il en existe à l'université Savoie-Mont-Blanc.

Cependant, les approches co-bénéfiques étant de plus en plus demandées, il faut encourager les jeunes (et les moins jeunes) à ne pas oublier de rester des généralistes de la nature. La vision interdisciplinaire est en effet essentielle et, même si on ne peut pas être un spécialiste de tout, il faut maîtriser un minimum de concepts et de connaissances génériques. Dans le domaine de l'eau par exemple, des savoirs en écologie, en hydrologie, en hydraulique ou encore en géomorphologie sont les ingrédients indispensables pour concevoir ou réaliser des projets réussis de gestion globale de l'eau. Ne pas oublier également que chaque projet impliquant des milieux naturels et/ou faisant appel au vivant en général, et au végétal en particulier, est unique. Pas de recette standard donc, et une multitude d'actions possibles, d'autant plus si l'on cherche à satisfaire plusieurs bénéfices à la fois !

Enfin, il nous faut aussi de futurs « ouvriers de la nature », qui doivent maîtriser diverses techniques de gestion, comme la restauration écologique, la gestion des espèces envahissantes et les approches de conservation. Des programmes de formations techniques spécialisées, notamment autour du génie écologique et du génie végétal, permettent d'acquérir ces compétences (figure 6.2).

Figure 6.2. Visite de site naturel avec des étudiants en région Auvergne-Rhône-Alpes.



■ Les formations continues

Les cours en ligne, tels que les MOOC (pour *Massive open online course*, que l'on peut traduire par « cours en ligne ouvert et massif »), permettent aux professionnels de mettre à jour leurs connaissances et leurs compétences²⁶. Des formations existent, axées sur des sujets spécifiques comme la gestion des ressources en eau ou la conservation des espèces.

Les formations pratiques sont également essentielles. Les stages et les programmes de formation sur le terrain offrent une expérience pratique inestimable. Ils permettent aux jeunes professionnels de travailler directement sur des projets de SfN et d'appliquer leurs connaissances théoriques.

■ La place de l'ingénierie et des entreprises

■ Conception et réalisation des projets de Solutions fondées sur la Nature

Les bureaux d'études sont des acteurs majeurs de la mise en œuvre des projets de SfN. On est ici dans le domaine de l'ingénierie, et plus particulièrement de l'ingénierie écologique. Ces ingénieurs feront ensuite appel à des entreprises de travaux qui pourront concrétiser ces projets. Nous voici alors dans le domaine du génie écologique. Rappelons ici que des associations, telles que l'Association française de génie biologique ou génie végétal (AGéBio²⁷), peuvent également être de bon conseil, de même que des établissements publics et autres agences nationales et régionales, comme les agences régionales pour la biodiversité (ARB).

Pour se représenter l'ingénierie écologique, on peut faire un parallèle avec la construction d'une maison, qui nécessite l'intervention d'un architecte qui va concevoir le projet de maison. Eh bien, l'ingénieur écologue, c'est l'architecte de la nature ! Il va ainsi chercher comment servir la nature (la préserver, la restaurer, etc.), mais aussi comment se servir de la nature. Et l'un des grands avantages de l'ingénierie écologique, c'est d'être multi-bénéfices, par exemple en préservant la biodiversité tout en protégeant les biens et les personnes. Ce que prônent les SfN !

Sur la thématique spécifique des SfN, les métiers liés à la réalisation (« génie ») et ceux de la fourniture de matériel végétal semblent moins sensibilisés à ce concept et à ses pratiques (Ademe, 2021a). Les salons professionnels prennent alors toute leur importance. Par exemple, au Carrefour des gestions locales de l'eau à Rennes, en janvier 2024, il a été fortement question de l'identification de solutions préventives et

26. Un MOOC sur les SfN doit voir le jour en 2025.

27. <https://www.agebio.org/>, consulté le 10/04/2025.

fondées sur des mécanismes naturels pour une gestion durable de l'eau. Un espace complet du salon a même été dédié aux SfN (figure 6.3).

Les entrepreneurs (bureaux d'études et entreprises de travaux) doivent donc être en mesure d'adapter et d'améliorer leur savoir-faire pour répondre à des situations dans lesquelles il faut concilier restauration et préservation de la biodiversité avec un bénéfice pour la société.

Figure 6.3. Au Carrefour des gestions locales de l'eau à Rennes, en Ille-et-Vilaine en janvier 2024, sur un espace dédié du salon, les Solutions fondées sur la Nature ont été mises en avant : stands pour divers organismes, présentations thématiques et ateliers de réflexion ont permis de riches échanges autour de cette thématique.



■ Les outils de la conception et de la réalisation

On trouve plusieurs guides et démarches permettant d'aider à la conception et à la réalisation de SfN (Ademe, 2021c). Ils ont été énoncés au fil de l'eau dans cet ouvrage. Ils rendent compte de l'importance des compétences à mettre en œuvre dans ce domaine. Souvent, la conception et la réalisation de SfN reposent sur des spécialistes détenteurs d'un savoir-faire en la matière. Ils ont toute légitimité pour choisir et dimensionner les ouvrages adaptés à la problématique rencontrée. Mais parfois, des non-spécialistes peuvent se lancer dans de tels projets, par exemple les agriculteurs soucieux de modifier leurs pratiques agricoles.

N'oublions pas que les guides pratiques ne sont là que pour orienter et expliquer les choix, tout en décrivant les réalisations d'ouvrages, mais n'évitent souvent pas l'intervention d'un ingénieur-conseil. Le choix et le dimensionnement des aménagements représentent le principal défi à relever. Cela est d'autant plus vrai que les projets de SfN sont la plupart du temps pluridisciplinaires, car nécessitant une vision élargie des projets, empreints d'écologie et de biologie, mais aussi de géomorphologie, d'hydraulique ou de sociologie, à diverses échelles d'espace et de temps.

Quant à la réalisation concrète des aménagements, elle doit elle aussi être confiée à des spécialistes. La manipulation du vivant, végétal essentiellement mais parfois

aussi animal, nécessite de comprendre le fonctionnement de ce vivant pour éviter les mauvaises actions. Les Règles professionnelles, comme celles sur le génie végétal ou le génie écologique (UNEP-AITF-FFP-Hortis-A-IGÉco, 2019), prônent notamment de bonnes pratiques et soulignent les erreurs à ne pas commettre. Par exemple, la récolte, le stockage et la mise en terre d'une bouture appellent à une haute vigilance à toutes ces étapes, au risque de voir le chantier échouer.

Notons enfin l'aide apportée par les centres de ressources. Ils sont déclinés par milieux et il est compliqué de les inféoder à un défi sociétal en particulier. Nous les citerons donc ici en laissant le soin au décideur de consulter celui qui lui semblera le plus adéquat à sa problématique : génie écologique, cours d'eau, zones humides, trame verte et bleue.

I Quel intérêt pour les entreprises ?

Les entreprises sont identifiées dans la chaîne d'acteurs définie pour une application effective des SfN. Elles constituent un des maillons qui apparaît comme indispensable pour la conception et la réalisation des projets.

Mais cette appropriation du concept n'est pas seulement à réaliser « par » les entreprises. Elle doit aussi l'être « pour » les entreprises (UICN Comité français, 2022c). Ainsi, les entrepreneurs peuvent y voir plusieurs avantages.

Tout d'abord, cela leur permet d'afficher leurs ambitions environnementales. Les consommateurs, mais aussi les actionnaires et les investisseurs, sont de plus en plus vigilants envers la responsabilisation environnementale des entreprises qui produisent des biens et des services, et celles-ci ont tout intérêt à le faire savoir. Certaines misent même sur leur propre innovation et souhaitent servir d'exemple de développement économique, tout en respectant l'environnement. Dans tous les cas, les entreprises, qu'elles le veuillent ou non, seront de plus en plus soumises à des normes et à des réglementations contraignantes en matière d'environnement. Autant donc anticiper et se différencier des autres ! Et pour aller au bout du « faire-savoir », les entreprises peuvent décrocher des labels tels que celui d'Entreprise engagée pour la nature, ou bien concourir à des trophées comme les Trophées Life Artisan de l'OFB.

Ensuite, l'application des SfN aide certaines activités à être elles-mêmes plus résilientes au changement climatique et à d'autres perturbations du milieu. En ce sens, cela peut permettre de diminuer les risques que peuvent rencontrer certaines entreprises vis-à-vis de la nature, notamment celles pour lesquelles le développement de l'activité repose sur la biodiversité et le bon fonctionnement des écosystèmes au sens large. Par exemple, les fournisseurs d'eau et les entreprises utilisant de l'eau ont besoin que l'on sécurise l'approvisionnement en eau. Les constructeurs utilisant du matériau bois ont besoin que l'on maintienne la production et la qualité des bois. Les assureurs ont besoin d'une réduction des risques naturels pour ne pas avoir trop de dégâts à assurer. La liste est très longue ! Bien souvent d'ailleurs, les entreprises

et les collectivités peuvent trouver un intérêt commun dans la mise en œuvre de SfN. Enfin, il faut ajouter l'intérêt de s'appuyer sur des infrastructures vertes plutôt que des infrastructures grises, les écosystèmes étant en mesure de s'adapter eux-mêmes au changement climatique, contrairement aux infrastructures inertes.

Les entreprises ont donc, pour nombre d'entre elles, intérêt à favoriser, voire même à financer des projets de SfN.

La place des associations et des citoyens

Le rôle particulier des associations

Le monde associatif, y compris les gestionnaires d'espaces naturels, est constitué d'acteurs essentiels de la chaîne de compétences à mobiliser pour la mise en œuvre concrète de SfN. Les associations peuvent en effet jouer un rôle important grâce, par exemple, à de l'animation locale, pour une meilleure sensibilisation et une éducation des citoyens. Leur implication permet également de capter spécifiquement des financements collaboratifs comme les mécénats privés.

Les associations locales possèdent souvent une connaissance approfondie de leurs environnements naturels, acquise par des générations d'interactions avec ces milieux. En intégrant ces connaissances traditionnelles aux efforts de préservation des milieux, on peut développer des stratégies de gestion plus efficaces et adaptées aux réalités locales.

Les associations interprofessionnelles

Grâce au tissu associatif interprofessionnel, on peut s'appuyer aujourd'hui sur les filières existantes, et particulièrement sur celle de l'ingénierie et du génie écologiques — car force est de constater que la filière des SfN n'existe pas en tant que telle. Grâce à une structuration solide de ses acteurs ces quinze dernières années, elle est aujourd'hui disponible, visible et accessible, notamment au travers de l'Association fédérative des acteurs de l'ingénierie et du génie écologique (A-IGÉco²⁸). Cette dernière s'est affirmée comme une structure incontournable en France pour la diffusion du savoir et du savoir-faire en ingénierie et en génie écologiques, avec de riches implications comme l'organisation du Prix national du génie écologique.

Les gestionnaires d'espaces naturels

Parmi les gestionnaires d'espaces naturels, on peut citer les conservatoires d'espaces naturels, qui sont fortement mobilisés sur la question des SfN, notamment au niveau de la restauration fonctionnelle des zones humides et des cours d'eau. Ils sont parfois maîtres d'ouvrage d'actions opérationnelles dans le cadre de procédures gémapiennes, en lien avec les agences de l'eau. Par leurs actions, ils contribuent à

28. <https://www.a-igeco.fr/>, consulté le 10/04/2025.

l'intégration croissante de la biodiversité dans les politiques sectorielles, facilitant ainsi la mobilisation des SfN auprès des collectivités.

■ L'implication des citoyens

La gestion des milieux naturels est une entreprise complexe et multifacette qui nécessite la participation active de nombreux acteurs. Parmi eux, les citoyens occupent une place de plus en plus prépondérante. En tant qu'acteurs à part entière, ils jouent un rôle important dans la préservation, la restauration et la gestion durable de ces espaces (Venkataramanan *et al.*, 2020).

Par exemple, dans les intercommunalités, les services liés au cycle de l'eau et les conseils de développement peuvent s'engager de concert dans un travail autour des enjeux de la gestion de l'eau pour le territoire. Il peut s'agir pour la collectivité de mieux faire connaître aux citoyens ses activités menées dans le domaine de l'eau. En retour, le conseil de développement peut faire remonter les attentes et la perception des citoyens quant à ces enjeux (Anderson *et al.*, 2021). Il peut par exemple s'agir de réaliser une mise en récit des sensibilités de l'eau sur le territoire concerné. La végétalisation urbaine est un autre bon exemple de projets participatifs de quartier, pour lesquels les habitants peuvent avoir un grand rôle à jouer. Les programmes éducatifs dans les écoles, les ateliers et les activités de volontariat écologique encouragent les citoyens à s'engager activement dans la protection de leur environnement (figure 6.4).

Figure 6.4. Les citoyens, acteurs à part entière de la gestion des milieux naturels, ici lors d'un chantier participatif d'installation de boutures pour la restauration écologique de terrains dégradés, dans les Alpes-de-Haute-Provence.



L'implication citoyenne dans la gestion des milieux naturels présente ainsi de nombreux avantages. Elle permet une meilleure acceptabilité des projets de SfN, qui répondent aux demandes spécifiques des populations locales. Ces dernières apportent leurs connaissances locales, leur vécu et leurs avis sur les projets planifiés (Hérivaux et Le Coent, 2023).

La place des décideurs

I Une position prépondérante

Les décideurs occupent une place clé dans la chaîne des acteurs à mobiliser pour la mise en œuvre des SfN. Ils disposent en effet d'une vision stratégique nécessaire pour définir les bons cadres d'application de tels projets. Ce sont les acteurs qui vont faire les choix, notamment dans la priorisation des enjeux : quel équilibre trouver entre le gain pour la biodiversité et le ou les défis sociétaux considérés ? Ce sont eux qui vont être à même d'insérer le projet dans les bons cadres réglementaires, autrement dit les « outils de la décision » que nous verrons plus loin. Ils ont la main sur les leviers qui permettront d'intégrer les SfN dans les politiques publiques, tant locales que générales. Ils sont les mieux placés pour établir des plans de financement pluriannuels, en allant capter des financements locaux, nationaux, mais aussi européens, avec toute la complexité que revêtent ces derniers.

I Des acteurs à convaincre de la pertinence des Solutions fondées sur la Nature...

Une certaine méfiance des décideurs persiste cependant autour du concept de SfN (Schanze, 2017 ; Drapier *et al.*, 2023 ; 2024). Ainsi en France, certains freins relèvent de perceptions erronées du concept et de mauvaises compréhensions de ce type de solutions (Anderson *et al.*, 2021). Même si force est de constater que les SfN sont prônées dans de nombreux domaines relevant des stratégies publiques (Plan national d'adaptation au changement climatique, Plan biodiversité, Stratégie nationale bas-carbone, etc.), avec des documents stratégiques dédiés, il apparaît que la définition même et le contenu de ce type de solutions restent très méconnus. Il y a plus largement des inégalités dans le degré d'acculturation du concept selon les domaines d'application, comprenez les défis sociétaux considérés (Guerrin *et al.*, 2023).

Il faut donc qu'une certaine confiance soit accordée aux SfN. Une incitation par nos décideurs publics peut y aider, *via* par exemple l'écriture de projets de loi, ou encore la formalisation de politiques publiques, comme celle prônée par le Plan eau et ses 53 mesures, présenté par le président de la République en 2023. Ce dernier mentionne les SfN à trois reprises. Citons ici le rôle des organismes nationaux et décentralisés comme l'OFB, le Cerema ou encore les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal), des partenaires stratégiques pour les appuis techniques et réglementaires.

L'appropriation du concept, mais surtout l'efficacité des SfN passent aussi par la démonstration. Des sites démonstratifs, basés sur le retour d'expérience et l'exemple, ont été un des piliers du projet Life Artisan de l'OFB, comme de celui du PEPR SoluBioD et de ses *living-labs*.

I ... Pour les aider dans leur mise en œuvre

Comment aider les décideurs à mettre en place des SfN ? Bien entendu, l'instauration de tels projets passe par une volonté politique forte et adaptée, même si ces approches apparaissent déjà plus ou moins dans le cadre politique mondial et français. On se référera au chapitre « Cadre politique, juridique et normatif » de l'ouvrage de l'Onerc (2019) pour un explicatif et un historique relativement complets.

Des aides financières en adéquation avec les objectifs affichés de mise en place et d'efficacité des SfN sont un moyen évident de pousser à leur mise en œuvre. Évaluer les diminutions de dépenses liées à l'utilisation de ces solutions, en alternative aux infrastructures grises par exemple, ou encore vis-à-vis de dommages évités, et qui peuvent se traduire éventuellement par moins d'impôts pour les collectivités, reste aussi un levier efficace pour justifier de l'utilisation de ces solutions. Cela peut être complété par la mise en place d'un meilleur suivi des réalisations, pour une amélioration continue des objectifs en matière d'efficacité des actions, que ce soit vis-à-vis du gain pour la biodiversité comme des bénéfices sociétaux (Farina *et al.*, 2024). On se référera pour cela au cadre méthodologique et à la liste d'indicateurs pour suivre la mise en œuvre des projets de SfN pour l'adaptation aux changements climatiques, proposés par Cerema-CDC Biodiversité-ENPC (2022).

L'un des points clés réside surtout dans la nécessité pour les décideurs d'avoir connaissance de ce type de solutions. Pour cela, de nombreux documents d'aide à l'utilisation des SfN existent (par exemple OFB, 2024a ; 2024b) et permettent aux élus de mieux appréhender ces projets. La chaîne d'acteurs indispensables à la mise en œuvre concrète du projet sera alors mobilisée : bureaux d'études, ingénieurs-conseils, entreprises de travaux, scientifiques, associations et société civile. Un enjeu majeur est donc de connecter tous les acteurs sollicités — et présentés dans ce chapitre — pour mettre en opérationnalité des SfN, en précisant les éléments de langage, en définissant le rôle que chacun est amené à jouer à travers sa compétence, et en donnant des outils pratiques aux décideurs pour faciliter la mise en œuvre concrète et à grande échelle de ce type de solutions (UICN Comité français, 2021).

Comme nous l'avons vu, penser une SfN, c'est se lancer le défi de gérer la complexité d'une situation à travers la volonté de « profiter » de plusieurs bénéfiques pour une seule et même action. Chaque acteur, selon son métier, doit pouvoir trouver les outils qui lui sont propres et l'aideront à participer à la mise en œuvre de SfN. Pour les savoirs, aux chercheurs les articles et les livres scientifiques. Pour les savoir-faire (conception et réalisation), aux entrepreneurs les guides de bonnes pratiques et les centres de ressources. Des pistes d'identification de ces outils ont été apportées dans ce livre

pour chaque défi sociétal abordé. Et pour les décideurs ? Ils ne sont pas directement concernés par ces documents et ces supports, qui ne relèvent pas de leur « métier » et parce qu'ils n'ont pas le temps de les connaître et de les assimiler. Le décideur doit en revanche connaître et utiliser les « bons outils de la décision ». Et comme être élu, c'est savoir gérer la complexité, il doit faire en sorte, par son propre investissement ou en impliquant d'autres spécialistes, de prendre en considération autant ces outils de la décision que les savoir-faire, les savoirs et les acteurs.

Il existe donc pour les décideurs et les collectivités des outils dédiés à chaque défi sociétal, que nous allons décrire sans forcément chercher à être exhaustifs.

■ Les outils de la décision pour chacun des défis

Préservation de la biodiversité

Les compétences stratégiques en matière de préservation de la biodiversité se situent avant tout au niveau de l'État, sous l'égide de l'OFB. Il élabore les grandes politiques nationales ainsi que les cadres réglementaires et législatifs en la matière, en accord avec les directives européennes et internationales. Il invite par exemple à l'utilisation de SfN grâce à la Stratégie nationale biodiversité 2030. Il met en place des financements dédiés, à travers par exemple le Fonds vert.

Ensuite, les collectivités territoriales jouent elles aussi un rôle important dans la préservation de l'environnement. Parmi leurs compétences, à une échelle régionale d'abord, on trouve la gestion des espaces naturels, comme celle mise en place par les parcs naturels régionaux (PNR) et leurs chartes, ainsi que celle des sites Natura 2000, qui permet de préserver les habitats et les espèces locales. Les régions sont ainsi en position de chefs de file sur la biodiversité. Les orientations en la matière sont déclinées dans les stratégies régionales pour la biodiversité (SRB), principal outil de préservation de la biodiversité, obligatoire depuis la loi pour la reconquête de la biodiversité de 2016. Elles le sont également dans les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (Sraddet), documents de planification qui précisent la stratégie, les objectifs et les règles fixés par la région dans plusieurs domaines de l'aménagement de leur territoire. Les thématiques abordées concernent la préservation des continuités écologiques, des corridors écologiques, des milieux agricoles et forestiers en tant que supports de biodiversité, ou encore de la biodiversité ordinaire. La déclinaison opérationnelle du Sraddet et des objectifs affichés à travers ses règles est ensuite reportée au niveau des territoires et de leurs plans stratégiques : schéma de cohérence territoriale (SCoT), PNR et leur charte, pôles d'équilibre territoriaux et ruraux (PETR), syndicats mixtes de SCoT ou liés au cycle de l'eau (Cerema, 2022).

Les départements sont également impliqués, à travers la gestion des « espaces naturels sensibles » (ENS). Mais plus largement, la biodiversité est aussi présente à la marge dans leurs autres compétences telles que la voirie, l'eau ou le tourisme.

À l'échelle du bloc communal, c'est-à-dire des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) et leurs communes, les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) déclinent de manière opérationnelle les stratégies intercommunautaires, par exemple celles mises en place pour la gestion des ENS (Ademe, 2021b), ou encore pour les sujets des bâtiments, du cycle de l'eau ou de l'agriculture (Cerema, 2022). Les intercommunalités interviennent aussi dans l'aménagement du territoire à travers les plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi) et indirectement les plans locaux d'urbanisme (PLU) intégrant des critères écologiques.

Les SfN sont-elles citées dans tous ces documents ? Rien n'est moins sûr, et si ce n'est pas le cas, il faut s'assurer qu'elles sont bien prises en compte pour ce qu'elles sont : des approches co-bénéfiques fondées sur les écosystèmes.

Réduction des risques naturels

Dans le domaine des risques naturels liés à l'eau, appliquer une SfN, c'est agir autant pour limiter ces risques qu'en faveur de la biodiversité. En réponse aux enjeux de la gestion de l'eau par exemple, on peut ainsi envisager à la fois une restauration écologique de milieux dégradés et une protection des biens et des personnes. Une telle démarche est celle qui est attendue pour l'application de la compétence Gemapi, qui comprend la gestion des milieux aquatiques (GEMA) et la prévention des inondations (PI), processus d'érosion et de sédimentation compris. Afin d'illustrer le propos, le tableau 6.1 propose une liste d'actions répondant à la fois aux deux objectifs.

Tableau 6.1. Les Solutions fondées sur la Nature pour concilier la gestion des milieux aquatiques (GEMA) et la prévention des inondations (PI).

SfN		GEMA		PI
Reméandrer un cours d'eau...	permet de...	lui redonner un fonctionnement plus naturel...	tout en...	ralentissant les eaux
Planter sur les berges d'un cours d'eau...		installer une trame verte...		limitant la vitesse du courant
Végétaliser les versants d'un bassin...		favoriser la biodiversité...		réduisant et en ralentissant le ruissellement
Végétaliser les lits des ravines érodées...		réinstaller une couverture végétale...		réduisant les sédiments fins dans les rivières
Aménager des zones humides...		créer des habitats pour la faune...		instaurant des zones d'expansion des crues

À l'échelle des grands bassins hydrologiques du pays, les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eau (Sdage) et leurs plans de mesures (PDM) font bien souvent mention de l'utilisation souhaitée de SfN (OFB, 2023). Les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), qui planifient la gestion de l'eau à l'échelle d'un cours d'eau, sont de bons supports pour une déclinaison plus opérationnelle de ces solutions. Les nouveaux contrats Eau et Climat doivent saisir l'opportunité d'intégrer de manière plus visible ce type d'actions. Du côté de la PI, l'identification des SfN est faite dans les plans de gestion du risque inondation (PGRI), et leurs déclinaisons dans les stratégies locales de gestion du risque d'inondation (SLGRI) et les programmes d'action et de prévention des inondations (PAPI), jusqu'aux plans de prévention des risques (PPR), en particulier pour les inondations (PPRI). Les Sradet mériteraient de mentionner beaucoup plus l'opportunité des SfN pour la lutte contre les risques naturels. Les départements s'impliquent pour certains dans des stratégies et des financements pour la Gemapi. Notons qu'en termes de risques naturels liés à l'eau, la compétence de gestion des eaux pluviales urbaines (GEPU) est également concernée.

À propos du risque d'incendie, au niveau national, il existe une stratégie instaurée par l'État qui impose des travaux de prévention. Chaque département concerné doit mettre en place un plan départemental de protection de la forêt contre l'incendie (PDPFCI). Ce dernier définit les grandes orientations, les actions et les planifications en matière de prévention et de lutte contre les incendies. Il existe notamment une obligation légale de débroussaillage²⁹. Concernant l'identification possible des SfN, on se reportera plutôt aux plans de prévention des risques d'incendies de forêts (Pprif).

La lutte contre les risques littoraux répond quant à elle notamment à la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (SNGITC), adoptée en 2012 et consacrée par la loi Climat et Résilience du 22 août 2021. Les contrats de projet partenarial d'aménagement (PPA), passés entre l'État, les établissements publics ou les collectivités territoriales, doivent traduire cette stratégie de manière opérationnelle pour l'aménagement des milieux concernés³⁰. Là aussi, les SfN gagnent à être citées comme des projets à favoriser.

Sécurité de l'approvisionnement en eau

Au niveau national, l'État incite à sécuriser l'approvisionnement en eau à travers son plan Eau de 2023. Divers documents stratégiques tels que les Sdage, gérés par les syndicats intercommunaux et notamment gémapiens, intègrent aussi des recommandations en termes d'utilisation de SfN pour cette finalité.

29. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/2023.04.11_DP_Feux_foret_9EP_HD-2.pdf, consulté le 20/02/2025.

30. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/adaptation-territoires-aux-evolutions-du-littoral>, consulté le 20/02/2025.

Mais les actions qui favorisent la sécurisation de notre approvisionnement en eau relèvent de différents domaines pour lesquels ce sont surtout les collectivités qui sont compétentes : eau potable, assainissement, GEPU.

À l'échelle régionale, les Sraddet peuvent préconiser des stratégies pour la préservation de la ressource en eau. En parallèle, les conseils régionaux sont en mesure d'établir des plans Eau régionaux.

Les intercommunalités ou les syndicats dédiés sont chargés d'entreprendre des actions pour préserver notre ressource. Concernant l'eau potable, les documents stratégiques s'intéressant à l'usage et au partage de l'eau sont surtout les plans de gestion de la ressource en eau (PGRE) et les projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE). L'action à engager peut chercher à économiser l'eau, en prônant le prélèvement et l'utilisation de l'eau uniquement selon nos besoins réels : c'est la sobriété dans les usages de l'eau, la recherche et la réparation des fuites sur les réseaux, le stockage de l'eau. Elle peut aussi être de récupérer, stocker et utiliser les eaux de pluie, qualifiées parfois pour ces dernières d'« eaux perdues ». La réutilisation des eaux usées traitées (REUT), qui consiste à valoriser les eaux qui sortent des stations d'épuration pour différents usages comme l'arrosage des espaces verts, l'irrigation des cultures ou encore l'industrie, doit également être encouragée. L'eau étant généralement puisée dans les nappes pour de tels usages, la REUT doit permettre de réduire considérablement les prélèvements d'eau dans le milieu naturel.

Pour décliner ces compétences et notamment prévenir les risques de sécheresse, on peut bien entendu se servir de SfN. Ces approches faisant appel à la nature dans les projets d'aménagement, qu'ils soient en milieu urbain, périurbain ou rural, répondent aux enjeux majeurs posés aujourd'hui aux collectivités, ainsi qu'à la définition même des SfN. Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, les bénéfices de certaines actions peuvent être multiples, apportant, par-delà ceux déjà exposés, une économie d'eau grâce à la recharge des nappes phréatiques, une amélioration des paysages, notamment urbains, grâce à la présence visible de l'eau et l'amélioration de la végétation, mais aussi une lutte contre les îlots de chaleur urbains.

Développement économique et social

À l'échelle des régions, qui possèdent une forte compétence en économie, les Sraddet préconisent plus de nature en ville dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme, une agriculture durable ou encore une foresterie durable. Les SfN peuvent être convoquées à ce titre.

À l'échelle des intercommunalités, on peut relever l'existence de rapports d'activités, par exemple pour les mobilités et les déchets, mais on note souvent des lacunes dans l'existence de documents stratégiques et d'orientation formels. Citons tout de même les plans locaux alimentation durable (PLAD), qui peuvent promouvoir l'agroécologie et l'agroforesterie. Les plans de déplacements urbains (PDU) peuvent mentionner le recours aux infrastructures vertes. Les plans forestiers territoriaux (PFT) sont à même de

renseigner le recours attendu aux Solutions fondées sur la Forêt. Par contre, les plans locaux de l'habitat (PLH) n'abordent que trop peu les questions environnementales. Au niveau économique, il faut des structures intermédiaires permettant de sceller un partenariat gagnant-gagnant entre politique et économie, afin d'avoir l'opportunité de faire apparaître l'intérêt des SfN pour les entreprises. La possible implication de SfN dans les stratégies liées au développement social et économique des territoires n'est ainsi pas évidente. Sauf à ce que les élus concernés soient au fait de ce type de solutions, d'où l'importance de la sensibilisation des décideurs.

À l'échelle des communes, les PLU, ou bien les PLUi à l'échelle *supra*, sont des supports pouvant intégrer le recours aux SfN pour répondre aux défis du développement économique et social. Ainsi, il est possible d'inciter à l'instauration de trames vertes et bleues par des dispositions dans les PLU, en application de celles plus générales présentes dans le SCoT à l'échelle d'une région urbaine, et dans le Sradet à l'échelle d'une région. Cela est notamment possible au niveau de l'affichage des orientations d'aménagement et de programmation (OAP). Par exemple, on peut mettre en place, à l'échelle d'une commune, un coefficient de biotope par surface (CBS), qui décrit la proportion des surfaces favorables à la biodiversité par rapport à la surface totale d'une parcelle. Le maintien de surfaces en pleine terre aide à compléter le dispositif et à assurer le maintien d'une perméabilité du tissu urbain favorable aux déplacements de la faune (Bonin, *in* Onerc, 2019).

Le développement économique et la préservation de l'environnement apparaissant souvent opposés, n'oublions pas que la concertation et la conciliation restent deux maîtres mots pour établir des stratégies équilibrées de gestion des milieux naturels comme anthropisés, une certaine souplesse devant perdurer dans l'application des contraintes environnementales. Dans tous les cas, si on applique bien le concept des SfN, les compromis sont normalement bien équilibrés !

Sécurité alimentaire

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 5, le défi de la sécurité alimentaire est majoritairement lié à celui de l'agriculture durable. Les décideurs des collectivités pourront trouver des directives sur le lien entre ce défi et celui de l'agriculture et l'aquaculture durables, dans les différents outils décisionnels et incitatifs mentionnés pour ces domaines. On pense en particulier aux projets alimentaires territoriaux comme les PLAD (Banzo *et al.*, 2024).

Santé humaine

La santé humaine reste une compétence régaliennne. Ainsi, dans sa Stratégie nationale de biodiversité publiée en décembre 2024, l'État a proposé la mesure 21, qui vise à « ramener de la nature en ville pour s'adapter aux conséquences du changement climatique et améliorer le bien-être des citoyens » (Santé publique France, 2024).

Cela n'empêche pas l'implication des collectivités. En matière de SfN, il est compliqué d'identifier des outils stratégiques particuliers sur la santé permettant leur incitation. Inversement, il s'agit de mentionner autant que possible l'effet positif de quasiment l'ensemble des SfN, quel que soit le défi sociétal considéré, sur la santé humaine. Il est ainsi souhaitable, dans les Sraddet et les plans régionaux santé environnement (PRSE) par exemple, que ce lien soit établi, même indirectement, entre SfN et santé.

Atténuation et adaptation au changement climatique

À l'échelle nationale, il existe des stratégies telles que le Plan national d'adaptation au changement climatique (Pnacc), dont certaines mesures préconisent le recours aux SfN, ou encore les Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques (ONTVB).

À l'échelle régionale, les outils stratégiques concernés sont de prime abord les Sraddet. En matière de lutte et d'adaptation au changement climatique, outre les préconisations de gestion économe des ressources et du foncier, mais aussi de lutte contre la consommation d'espaces agricoles, naturels et forestiers, ils peuvent prescrire l'utilisation de SfN dès lors qu'elles permettent de répondre à un défi sociétal de manière couplée avec la préservation de la biodiversité. Celles-ci sont parfois citées au niveau des objectifs, parfois au niveau des règles, mais il manque de la cohérence dans l'appréhension du terme, placé bien souvent par « nécessité » mais sans rechercher plus avant ce qu'il renferme (Cerema, 2022). De plus, elles ne sont pas systématiquement envisagées pour répondre au défi de l'adaptation au changement climatique, alors qu'elles devraient être centrales. L'échelle régionale est également celle à laquelle ont été définies les SRB, pour lesquelles des agences éponymes (ARB) ont été instaurées.

À l'échelle des EPCI, l'amélioration de la qualité de l'air est partie intégrante du PCAET des intercommunalités. Ce document stratégique fait l'objet d'une évaluation régulière qui repose sur des critères comme les émissions de gaz à effet de serre et le développement des énergies renouvelables. Cependant, le PCAET délaisse quelque peu le rôle des forêts et autres formations végétales dans la séquestration du carbone. Il peut parfois ne pas prendre en compte le rôle des zones humides, alors que les syndicats de rivières et les associations environnementales sont souvent fortement mobilisées sur le sujet. Ce sont donc de grandes parties du territoire qui sont peu ou pas considérées dans le PCAET pour la lutte et l'adaptation contre le changement climatique.

7. Pour une innovation de l'action à la croisée entre plusieurs défis

Les vertus des approches multi-bénéfices

Appliquer une SfN, c'est faire coup double en agissant autant en faveur d'un défi sociétal qu'en faveur de la biodiversité. Mais on peut aller encore plus loin et rechercher le multi-bénéfices pour plusieurs défis sociétaux. Il faut alors repenser la manière de les aborder.

Pour cela, il faut regarder et considérer les choses dans leur globalité : pas d'action dans le domaine d'un défi sans considérer les autres. C'est la clé. Parce que souvent, en avançant dans un domaine, on recule dans l'autre, à cause des « dommages collatéraux » qui ne sont pas considérés. Plus que l'affichage d'« un des domaines qui doit prendre en compte l'autre », une prise de position forte et à l'amont du projet de territoire comme « toujours l'un avec l'autre » pourrait être vertueuse et permettre une meilleure transversalité des approches.

Concrètement, comment repenser la manière d'aborder les défis sociétaux ? Abordons-le d'abord à travers un exemple, celui de la réunification des cycles de l'eau (grand cycle et petit cycle), principalement à travers les défis « prévention des risques naturels » et « sécurisation de l'approvisionnement en eau ». Ensuite, tentons de voir quelques applications, qui sont tellement nombreuses qu'il n'est pas possible de les aborder toutes dans ce livre.

L'exemple de la réunification des cycles de l'eau

La sécurisation de notre approvisionnement en eau est fortement liée à l'infiltration de l'eau dans les nappes, qui relève du domaine de la « gestion intégrée des eaux de pluie ». Elle dépend en partie de la politique menée dans le cadre de la compétence GEPU. Les eaux de pluie apparaissent souvent comme un problème, dès lors qu'elles inondent nos rues ou engorgent nos stations d'épuration. Alors qu'elles sont plutôt une aubaine en ces temps de sécheresse à répétition ! Encore faut-il prendre le problème... à la source. Le devenir des eaux de pluie est primordial. L'idéal reste de favoriser au maximum leur infiltration dans le sol, et ceci le plus tôt possible après

la chute de pluie, comme cela se produit dans les bassins d'infiltration. On participe ainsi, tout au long de l'année, à la recharge des nappes phréatiques. Une autre partie est rejetée dans les rivières. Cet apport d'eau régulier est par ailleurs nécessaire pour assurer des débits suffisants aux cours d'eau lors des périodes de sécheresse. Enfin, le stockage d'une partie de cette eau, pour une utilisation étalée au cours de l'année, est bien entendu aussi une solution à mettre en œuvre.

Mais, comme nous l'avons également vu, l'infiltration peut être gérée au niveau des milieux aquatiques que sont les zones humides, les plans d'eau, les lacs et les cours d'eau, selon le principe que plus une eau est ralentie, plus elle peut s'infiltrer dans son sous-sol s'il est perméable. Elle dépend alors plus spécifiquement de la politique menée dans le cadre de la compétence Gemapi. Parmi ces actions, certaines s'appuient sur les milieux naturels et leur préservation, leur restauration et/ou leur gestion durable, depuis les écosystèmes jusqu'aux plantes. Elles favorisent la biodiversité et procurent un gain pour la nature. Étant donné qu'elles rendent également un bénéfice pour le défi sociétal de sécurité de l'approvisionnement en eau, elles relèvent pleinement des SfN. On peut alors établir que ces actions gémapiennes ne répondent pas uniquement à deux défis sociétaux, mais aussi à un troisième, puisque celui de la lutte contre les risques naturels liés à l'eau est également concerné, que ce soit vis-à-vis de l'inondation ou de la sécheresse.

Ceci montre l'importance de réunifier les cycles de l'eau, pour une gestion globale de l'eau. Qu'elle soit naturelle ou canalisée, potable ou usée, ruisselante ou pluviale, il faut qu'on (re)considère l'eau, qu'on la gère de manière globale et intégrée, qu'on la respecte et qu'on l'utilise, en l'empruntant au milieu naturel et en la lui restituant la plus propre possible, tout en conciliant les usages, c'est-à-dire sans oublier l'hydro-électricité ou encore le tourisme nautique et balnéaire.

Ainsi, une (ré)unification des cycles de l'eau à l'échelle des collectivités, associant grand cycle (celui des rivières et des milieux aquatiques) et petit cycle (celui de l'eau potable, de l'assainissement et de l'eau pluviale urbaine), est nettement avantageuse pour les décideurs. La distinction entre petit cycle et grand cycle de l'eau peut en effet engendrer un cloisonnement des compétences et de la prise en considération de l'élément « eau » (et plus globalement des processus associés sur les milieux terrestres), avec des compétences comme celle liée à la gestion des eaux pluviales, qui a du mal à trouver sa place entre grands et petits cycles, et celle de la gestion du ruissellement et de l'érosion, qui n'est ni dans l'une ni dans l'autre !

La gestion de l'eau doit donc aujourd'hui être pensée de manière intégrée et globale, en encourageant l'appréhension, la prévention et la lutte contre les phénomènes d'inondations, de sécheresse ou encore de dégradation des milieux aquatiques et de la ressource en eau.

La dimension temporelle est primordiale, étant donné que les sécheresses et les phénomènes météorologiques de recharge sont très souvent déconnectés dans le temps.

La dimension spatiale l'est tout autant. Ainsi, n'oublions jamais que l'eau fonctionne sous forme de cycle. Nous pouvons jouer sur les flux, mais au sens figuré, l'eau n'apparaît et ne « disparaît pas dans la nature », alors que c'est le cas au sens propre ! Ainsi, une fois utilisée, que ce soit pour les particuliers, l'agriculture ou l'industrie, l'eau retourne « dans la nature » et rejoint soit l'eau de surface, soit l'eau souterraine. Cette dimension spatiale doit impérativement être appréhendée, et notamment nous amener à relativiser les choses.

La réunification des cycles de l'eau apparaît donc comme une manière de répondre à plusieurs défis sociétaux et environnementaux par des solutions concertées et intégrées.

De nombreuses Solutions multi-bénéfiques fondées sur la Nature

Beaucoup de SfN, présentées dans cet ouvrage en réponse à un défi sociétal donné, s'appliquent indirectement à un autre, voire à plusieurs autres défis sociétaux.

Il existe une gradation des défis sociétaux, de ceux pour qui les SfN sont très spécifiques (approvisionnement en eau, réduction des risques naturels), vers ceux pour lesquels ces solutions ont un caractère multi-bénéfiques plus marqué (développement socio-économique), voire très marqué (santé humaine, sécurité alimentaire, changement climatique). Ces derniers correspondent aux défis qualifiés de « transverses » dans ce livre. On peut tenter de représenter cette gradation sur le schéma de la figure 7.1.

Ainsi, plusieurs des SfN à fonction de sécurisation de l'approvisionnement en eau sont pertinentes pour la prévention des risques naturels, mais aussi pour la ville et l'habitat durable (Hérivaux et Le Coent, 2021). On peut citer les noues et les jardins de pluie, notamment dans les cours d'école, les façades et les toitures végétalisées, la plantation d'une végétation diversifiée et avec des espèces locales et non allergènes, allant jusqu'à la création de parcs urbains et périurbains.

Par ailleurs, les aménagements permettant le ralentissement et le stockage d'eau, souvent utilisés pour prévenir et réduire les risques d'inondation, participent également au rafraîchissement de l'air, qui fait partie du défi sociétal du développement socio-économique.

Les SfN préconisées pour une agriculture durable, en réponse au défi sociétal du développement socio-économique, permettent également de relever celui de la sécurité alimentaire. Ce dernier est aussi servi par les actions relevant de la gestion de la qualité de l'eau.

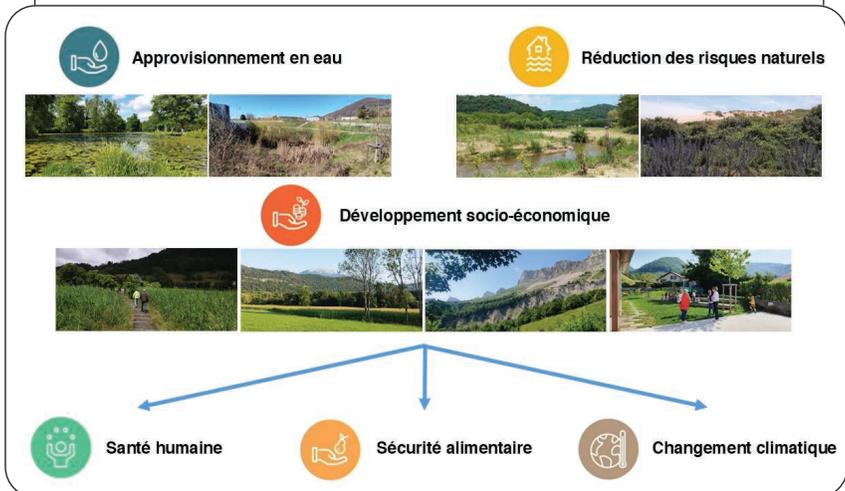
Les dispositifs naturels d'infiltration de l'eau dans les nappes phréatiques, comme ceux pour l'assainissement de nos eaux polluées par les plantes, qui contribuent à sécuriser l'approvisionnement en eau, ou encore l'agroécologie au service de la sécurité alimentaire, sont autant d'exemples de SfN avec un triple effet, puisqu'elles aident

chacune à répondre à un défi sociétal, tout en améliorant la santé humaine — et en préservant la biodiversité des écosystèmes bien sûr.

Enfin, si les actions qui permettent de stocker le carbone contribuent à la lutte contre le changement climatique, presque toutes les autres SfN, qui répondent avant tout à un autre défi sociétal que celui de la lutte contre le changement climatique, servent aussi cette dernière.

De manière globale, au sein d'un même défi sociétal, mais aussi à travers la considération de plusieurs défis au sein d'un même projet, il s'agira systématiquement de rechercher des équilibres dans les approches, afin d'éviter au maximum les désagréments d'une action dans d'autres domaines. Par exemple, infiltrer l'eau vers la nappe est un bénéfice, car les nappes rechargées de surface peuvent soutenir les étiages de cours d'eau en été. Mais il faut aussi s'assurer que ces mesures ne soient pas inversement préjudiciables à la présence d'eau dans les cours d'eau au moment des étiages. Autrement dit, il faut veiller à ce que la quantité d'eau infiltrée pour recharger les nappes ne porte pas préjudice à la quantité d'eau dans les cours d'eau lors de ces mêmes étiages. Et entre des défis sociétaux très divers, il faut que cette même eau infiltrée ne soustraie pas la capacité offerte aux agriculteurs de puiser l'eau dans les cours d'eau pour arroser leurs cultures.

Figure 7.1. Les défis de la santé humaine, de la sécurité alimentaire et du changement climatique peuvent être qualifiés de « transverses », en ce sens qu'ils présentent un caractère multi-bénéfices très marqué. Il en est de même, dans une moindre mesure, pour le défi du développement socio-économique.



Pour une gouvernance dédiée à l'approche multi-bénéfices

Une multitude d'approches multi-bénéfices est possible à l'échelle des collectivités. Ainsi, agriculture durable, sécurité de l'approvisionnement en eau et sécurité alimentaire sont liées. Qualité de l'air, chaleur de l'air et santé humaine le sont tout autant. Inutile de chercher à lister tous les liens tant ils sont nombreux.

Une gouvernance dédiée à l'approche globale multi-bénéfices peut alors être avantageusement mise en place dans les collectivités, avec une délégation et un service spécifiques pour cette tâche. Cela doit permettre d'intégrer les SfN en particulier, et les solutions multi-bénéfices en général, au cœur de leur action. Pour cela, pourquoi ne pas mettre en place des délégations « inter-silos » ? Par exemple, on pourrait avoir des élus dédiés aux approches co-bénéfices, chargés de vérifier que chaque projet sociétal passe sous la loupe de l'environnement, et que chaque projet environnemental soit analysé sous l'angle social et économique. La gouvernance doit être mise au service des attentes des citoyens, quel que soit le niveau de la collectivité. Celle qui est proposée ici reste une piste permettant de répondre à la diversité des attentes des gens.

Pour que cela puisse fonctionner, il faut aussi que l'on fasse confiance aux collectivités, car, bien souvent, la solution vient des territoires ! Elles sont capables de développer leurs propres stratégies, leurs propres politiques publiques, sans nécessairement attendre que l'État les prodigue. Cette impulsion doit naître d'une véritable volonté politique, d'un certain courage aussi. Elle ne peut certes pas s'accomplir seule. Il faut que l'ensemble de la chaîne d'acteurs monte en compétences. Car « multi-bénéfices » rime nécessairement avec « multi-compétences ». Et la proximité des collectivités avec leurs citoyens, leurs habitants, leurs professionnels, ou encore leurs associations, plaide pour une meilleure acceptabilité des projets de SfN.

Vers une réconciliation entre préservation de l'environnement et réponse aux défis sociétaux

L'un des messages de ce livre, c'est qu'il n'y a pas nécessairement opposition entre préservation de l'environnement et réponse aux défis sociétaux.

C'est particulièrement vrai dans l'aménagement du territoire et en urbanisme. Les politiques publiques de lutte contre l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols sont bien entendu concernées. On y voit trop souvent, et quasi systématiquement, une contradiction entre développement et croissance d'un côté, et protection et sobriété de l'autre. Ainsi, la maison ou le bâtiment d'entreprise sont synonymes d'artificialisation et d'imperméabilisation, jusqu'au jardin privé ! Si ce n'est bien évidemment pas faux, il faut nuancer l'interprétation et rester objectif.

Parce qu'aujourd'hui, il existe tout un savoir-faire qui permet d'aménager les territoires de manière respectueuse, sans faire du « tout ou rien ». Les SfN en sont la meilleure preuve. À l'échelle d'une maison et de sa parcelle, on sait récupérer l'eau sur le toit pour l'infiltrer dans le sol, on sait végétaliser le toit pour améliorer la biodiversité, on sait végétaliser une parcelle de terre avec des espèces résistantes aux sécheresses, on sait planter des haies diversifiées et des feuillus pouvant servir d'abri aux oiseaux...

Ainsi, avec les SfN en général et l'ingénierie écologique en particulier, les « dilemmes écologiques », tels qu'ils sont présentés par Brique *et al.* (2024), sont en partie levés. Cela permet de ne plus opposer frontalement la réduction de l'artificialisation avec la demande croissante de logements, la nécessité d'une agriculture productive avec la préservation de la qualité des sols, ou encore les besoins similaires de l'homme et des animaux de se déplacer sur un espace donné.

Les politiques publiques gagneraient à être pensées, conçues ou adaptées en ce sens.

Conclusion

La protection, la restauration et la gestion de notre environnement naturel sont devenues des leitmotifs qui doivent guider nos choix d'aménagement au sein de nos territoires. Ces approches peuvent être des finalités en elles-mêmes, par exemple en créant et en gérant des réserves naturelles. Mais plus largement, beaucoup de nos actions doivent aujourd'hui être pensées pour présenter un gain pour la nature et la biodiversité. Ou tout du moins chercher à éviter de les dégrader, à réduire leur dégradation ou bien à l'accepter jusqu'à un certain degré. Bien entendu, ce « degré d'acceptabilité » est le plus compliqué à déterminer. Selon la sensibilité et les objectifs de chacun, il ne sera forcément pas le même. C'est là qu'il faut faire des choix pour les décideurs.

Pour cela, nous avons besoin de partager nos espaces et nos territoires pour disposer d'écosystèmes diversifiés, de réserves naturelles tant terrestres qu'aquatiques ainsi que d'espaces végétalisés en ville. Et ces réalisations ne demandent pas de véritable privation, ni de rogner sur notre qualité de vie ou d'entraver notre développement économique et social. Les approches co-bénéfiques apparaissent alors comme les meilleures solutions, parce qu'elles font appel à la concertation et qu'elles cherchent à répondre à tous les enjeux.

Il faut donc miser sur les approches co-bénéfiques. Et paradoxalement, ce point de définition des SfN n'apparaît pas dans le terme lui-même ! Pourtant, c'est là que se situe la clé pour passer un cap, notamment dans l'acceptation de leur mise en œuvre. Parce que cela met l'accent sur le compromis, voire le consensus dans les choix, et que chacun se sent concerné et écouté. La préservation de l'environnement n'apparaît alors plus comme privative. Elle s'affiche comme une alliée qui ne s'oppose pas à la qualité de vie, mais la sert. Il faut expérimenter dans ce sens cette mise en avant des approches co-bénéfiques dans les collectivités, en revisitant ou en construisant chacun de leurs documents stratégiques, d'orientation mais aussi d'actions.

Et en osant la projection à long terme fondée sur une approche multi-bénéfiques.

Références bibliographiques

- Ademe, 2021a. L'offre des solutions d'adaptation au changement climatique (SAFN) : des filières économiques en émergence. Synthèse, 18 p. <https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2022-02/SAFN-filieres-economiques-2022-Synthese.pdf>
- Ademe, 2021b. L'adaptation au changement climatique dans les PCAET. Synthèse, 21 p. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/5027-l-adaptation-au-changement-climatique-dans-les-pcaet.html>
- Ademe, 2021c. Les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN) dans les référentiels. État actuel et perspectives d'amélioration du cadre normatif. Synthèse, 20 p. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/5278-les-solutions-d-adaptation-fondees-sur-la-nature-safn-dans-les-referentiels.html>
- Agence européenne pour l'environnement, 2015. Infrastructure verte : mieux vivre grâce à des solutions fondées sur la nature. Copenhague, 9 p. <https://www.eea.europa.eu/fr/articles/infrastructure-verte-mieux-vivre-grace>
- Ahmed S., Kamruzzaman M., Rahman M.S., Sakib N., Azad M.S. *et al.*, 2022. Stand structure and carbon storage of a young mangrove plantation forest in coastal area of Bangladesh: the promise of a natural solution. *Nature-Based Solutions*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100025>
- Anderson C.C., Renaud F.G., Hanscomb S., Munro K.E., Gonzalez-Ollauri A. *et al.*, 2021. Public acceptance of Nature-Based Solutions for natural hazard risk reduction: survey findings from three study sites in Europe. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.678938>
- Babi Almenar J., Elliot T., Rugani B., Philippe B., Navarrete Gutierrez T. *et al.*, 2021. Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy*, 100, 104898. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898>
- Banzo M., Beaurain C., Del'homme B., Lemarié-Boutry M. (coord.), 2024. *Les projets alimentaires territoriaux : vers des actions collectives*, Éditions Quæ, 172 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3788-3>
- Benyus J., 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, New York, Harper Perennial.
- Boano F., Caruso A., Costamagna E., Ridolfi L., Fiore S. *et al.*, 2020. A review of nature-based solutions for greywater treatment: applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of the Total Environment*, 711, 134731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>
- Bonin S. (coord.), 2024. *Infrastructures de transport créatives : mieux les intégrer aux écosystèmes, paysages et territoires*, Éditions Quæ, 252 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3813-2>
- Bouarfa S., Brelle F., Coulon C. (coord.), 2020. *Quelles agricultures irriguées demain ? Répondre aux enjeux de sécurité alimentaire et du développement durable*, Éditions Quæ, 212 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3133-1>
- Brique S., Jarry A., Manceau J.-L., Maserà C., Miscopein H. *et al.*, 2024. *Organiser la transition écologique des territoires. De la stratégie au pilotage*, Territorial éditions.
- Brueder P., Schleyer-Lindenmann A., Curt C., Taillandier F., 2023. Nature based solutions for flood risks: what insights do the social representations of experts provide? *PLoS Water*, 2 (11), e0000116. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000116>
- Castagneyrol B., Muller S., Paquette A. (coord.), 2024. *De l'arbre en ville à la forêt urbaine*, Éditions Quæ, 188 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3879-8>
- Cerema, 2021. Inventaire et analyse des outils de mise en œuvre de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature sur le territoire français, 48 p. https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2021-09/210903_Artisan_Livable_Final%20A1-3.pdf
- Cerema, 2022. SRADDET et Solutions d'adaptation fondées sur la Nature. État des lieux de la mobilisation des Solutions fondées sur la nature pour l'adaptation (SafN) aux changements climatiques dans les SRADDET, 30 p. <https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2022-05/Cerema-livrables-ARTISAN-SAFN-SRADDET-A3-20210920.pdf>
- Cerema-CDC Biodiversité-ENPC, 2022. *Suivi de projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)*, OFB, 296 p. <https://doc.cerema.fr/Default/digital-viewer/c-590977>
- Chocat B. (coord.), 2013. *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques. Pourquoi ? Comment ?*, ASTEE, 357 p. <https://www.astee.org/publications/ingenierie-ecologique-appliquee-aux-milieux-aquatiques-pourquoi-comment/>

- Cohen-Shacham E., Andrade A. *et al.*, 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science and Policy*, 98, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>
- Crosaz Y., Rey F., Huyghe G., Cassotti F., De Matos M. *et al.*, 2014. Règles professionnelles. Travaux de génie végétal. Paris, UNEP-AGÉBio, 32 p. <https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/content/uploads/2019/12/n-c-1-ro-regles-pro-travaux-de-genie-vegetal-28-04-16.pdf>
- de Jesús Arce-Mojica *et al.*, 2019. Nature-based solutions (NBS) for reducing the risk of shallow landslides: where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, 101293. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101293>
- Drapier L., Guerrin J., Rey F., 2023. Les modalités et enjeux de l'appropriation par les Agences de l'eau du concept de solutions fondées sur la nature appliqué à la gestion de l'eau : le cas en Rhône-Méditerranée-Corse. *Techniques Sciences Méthodes*, (9), 149-170. <https://hal.inrae.fr/hal-04221438v1>
- Drapier L., Guerrin J., Pelet J., Brochet A., Fournier M. *et al.*, 2024. Les Solutions fondées sur la Nature (SFN) pour la gestion des risques liés à l'eau : quelle institutionnalisation du concept en France ? *LHB Hydrosciences Journal*, 110 (1). <https://hal.inrae.fr/hal-04615180v1>
- Duffaut C., Frascaria-Lacoste N., Versini P.A., 2022. Barriers and levers for the implantation of sustainable nature-based solutions in cities: insights from France. *Sustainability*, 14, 9975. <https://doi.org/10.3390/su14169975>
- Dupire S., Toe D., Barré J.B., Bourrier F., Berger F., 2020. Harmonized mapping of forests with a protection function against rockfalls over European Alpine countries. *Applied Geography*, 120, 102221. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102221>
- Dupire S., Bourrier F., Monnet J.M., Bigot S., Borgniet L. *et al.*, 2016. The protective effect of forests against rockfalls across the French Alps: influence of forest diversity. *Forest Ecology and Management*, 382, 269-279. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.020>
- Eggermont H., Balian E., Azevedo J.M.N., Beumer V., Brodin T. *et al.*, 2015. Nature-based Solutions: new influence for environmental management and research in Europe. *GAI A*, 24, 243-248. <http://dx.doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>
- Farina G., Le Coent P., Neverre N., 2024. Multi-objective optimization of rainwater infiltration infrastructures along an urban-rural gradient. *Landscape and Urban Planning*, 242, 104949. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104949>
- Gardon S., Gautier A. Le Naour G., Morand S. (coord), 2022. *Sortir des crises. One Health en pratiques*, Éditions Quæ, 264 p.
- Gauquelin X., Courbaud B. (coord.), 2006. *Guide des sylvicultures de montagne (Alpes du Nord françaises)*, Paris, ONF-Cemagref-CRPF, 289 p. <https://www.onf.fr/vivre-la-foret/%2B%25f2::guide-des-sylvicultures-de-montagne-alpes-du-nord-francaises.html>
- Gosselin M., Paillet Y., 2017. *Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière*, Éditions Quæ, 160 p.
- Gouguet L., 2018. *Guide de gestion des dunes et des plages associées*, Éditions Quæ, 224 p.
- Grisin C., Le Blainvaux P., 2021. De la préservation des écosystèmes aquatiques à l'écocatalyse. *L'Actualité chimique, Sécurité de l'eau*, 465, 9-15. <https://hal.science/hal-03350424v1>
- Guerrin J., Serra-Llobet A., Barbier R., Bonnefond M., Brochet A. *et al.*, 2023. Que sont les solutions fondées sur la nature pour la gestion du risque inondation ? Appropriations d'un concept international en France et aux États-Unis. *Techniques Sciences Méthodes*, (10), 97-119. <https://doi.org/10.36904/tsm/202310097>
- Gutry-Korycka M., 2019. The influence of hydro-climatological balances and Nature-based solutions (NBS) in the management of water resources. *Meteorology, Hydrology and Water Management*, 8, 110415. <https://doi.org/10.26491/mhwm/110415>
- Hérivaux C., Le Coent P., 2021. Introducing nature into cities or preserving existing peri-urban ecosystems? Analysis of preferences in a rapidly urbanizing catchment. *Sustainability*, 13, 587. <https://doi.org/10.3390/su13020587>
- Hérivaux C., Le Coent P., 2023. Inégalités environnementales et hétérogénéité des préférences pour les solutions fondées sur la nature. *Développement durable et territoire*, 14, 23149. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.23149>
- Huang Y., Tian Z., Ke Q., Liu J., Irannezhad M. *et al.*, 2020. Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. *WIREs Water*, 7, e1421. <https://doi.org/10.1002/wat2.1421>
- INRAE, 2024a. Des solutions fondées sur la nature pour la biodiversité et la société. *Ressources*, (4). <https://www.calameo.com/inrae/read/006800896343cf4c51cbe?page=1>

- INRAE, 2024b. *Des recherches aux solutions pour une agriculture durable*, 36 p. <https://www.calameo.com/inrae/read/00680089613a6e0d13f93?page=1>
- Jessup K., Parker S.S., Randall J.M., Cohen B.S., Roderick-Jones R. *et al.*, 2021. Planting stormwater solutions: a methodology for siting nature-based solutions for pollution capture, habitat enhancement, and multiple health benefits. *Urban Forestry and Urban Greening*, 64, 127300. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127300>
- Kabisch N., Frantzeskaki N., Pauleit S., Naumann S., Davis M. *et al.*, 2016. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21, 39. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>
- Keesstra S., Nunes J., Novara A., Finger D., Avelar D. *et al.*, 2018. The superior effect of nature-based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 610-611, 997-1009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>
- Ladier J., Rey F., Dreyfus P., 2011. *Guide des sylvicultures de montagne (Alpes du Sud françaises)*, Paris, ONF-Irstea-Inra, 301 p. https://www.ofme.org/documents/Sylvi/Guide_des_sylv_de_montagne_Sud_2012_light.pdf
- Langemeyer J., Baro F., 2021. Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks: a cross-scale, co-creation approach. *Nature-Based Solutions*, 1, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100006>
- Le Coent P., Graveline N., Altamirano M.A., Arfaoui N., Benitez-Avila C., 2021. Is-it worth investing in NBS aiming at reducing water risks? Insights from the economic assessment of three European case studies. *Nature-Based Solutions*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100002>
- Léocadie A., Pioch S., Pinault M., 2020. *Guide d'ingénierie écologique : la réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés*, Édition Ifrecor, 114 p. <https://www.icrforum.org/wp-content/uploads/2020/09/2d636eb8f9730ed9d4a21bf395f37680.pdf>
- Levrel H., Frascaria-Lacoste N., Hay J., Martin G., Pioch S., 2015. *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement : analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité*, Éditions Quæ, 320 p.
- Liébault F., Piegay H., 2002. Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of south-eastern France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 425-447. <https://doi.org/10.1002/esp.328>
- Lupp G., Zingraff-Hamed A., Huang J.J., Oen A., Pauleit S., 2021. Living Labs: a concept for co-designing Nature-Based Solutions. *Sustainability*, 13, 188. <https://doi.org/10.3390/su13010188>
- Musy M. (coord.), 2014. *Une ville verte : les rôles du végétal en ville*, Éditions Quæ, 200 p.
- Nesshöver C., Assmuth T., Irvine K., Rusch G., Waylen K. *et al.*, 2017. The science, policy and practice of Nature-Based Solutions: an interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, 1215-1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- Nicot J.B., Hedouin L., Vii J., Adjerdou M., Benzoni F. *et al.*, 2019. Guide à l'attention des gestionnaires des Outre-mer français pour le suivi environnemental des épisodes de blanchissement corallien et l'évaluation de leurs impacts sur le peuplement corallien. Rapport Ifrecor/Marex/Criobe/Entropie/Espace-DEV, Saint-Leu-La Réunion, Marex (Expertise et conseil en environnement marin), 57 p. <http://ifrecor-doc.fr/files/original/e0ce836a4814364d7019e9d49a455b24.pdf>
- OFB, 2022a. Guide Cepri sur les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature pour prévenir les risques d'inondation, 76 p. https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2022-03/Guide_Safn.pdf
- OFB, 2022b. Le génie végétal sur les berges des cours d'eau : des techniques aux multiples bénéfiques, 27 p.
- OFB, 2023. État des lieux de la mobilisation des Solutions fondées sur la nature pour l'adaptation aux changements climatiques (SafN) dans les Schémas directeurs d'aménagement et de gestion de l'eau (Sdage), 24 p. <https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2023-05/SDAGE%20et%20Solutions%20fond%C3%A9es%20sur%20la%20nature.pdf>
- OFB, 2024a. Place aux Solutions fondées sur la nature pour adapter nos territoires au changement climatique. Publication spéciale, Vincennes, 24 p. https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2024-06/SAFN_OFB_PUBLICATION_SPECIALE_LIFE.pdf
- OFB, 2024b. Place aux Solutions fondées sur la Nature pour adapter nos territoires au changement climatique : méthode et ressources techniques. Vincennes, 8 p. https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2024-07/240627_RAMBOLL_SAFN_OFB_MALLETTE_PRINT_11_AG_BD.pdf
- Onerc, 2019. Des solutions fondées sur la nature pour s'adapter au changement climatique. Rapport au Premier ministre et au Parlement, 302 p. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/ONERC_Rapport_2019_sfn_WEB.pdf

- Parlement européen, 2022. P9_TA(2024)0089, Restauration de la nature, Résolution législative du Parlement européen du 27 février 2024 sur la proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif à la restauration de la nature (COM(2022)0304 – C9-0208/2022 – 2022/0195(COD)), paragraphe 17. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0089_FR.pdf
- Pellerin S., Bamière L., Savini I., Réchauchère O., 2021. *Stocker du carbone dans les sols français : quel potentiel et à quel coût ?*, Éditions Quæ, 232 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3149-2>
- Penru Y., Polard T., Amalric M., Cirelli C., Bacchi M. et al., 2017. L'ingénierie écologique appliquée aux zones de rejet végétalisées : élimination de micropolluants, biodiversité et intégration socio-territoriale. *Techniques Sciences Méthodes*, 12, 157-186. <https://dx.doi.org/10.1051/tsm/2017120157>
- Plateforme Océan & Climat, 2024. La pêche et l'aquaculture à l'épreuve du changement climatique : défis et perspectives, 32 p. https://ocean-climate.org/wp-content/uploads/2024/10/Peche-et-aquaculture-face-auc-CC-DIFCO2024_web.pdf
- PRZHT, 2018. La restauration de mangrove. Synthèse des éléments clés à considérer pour tout chantier de restauration, 32 p. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2022/12/guide-restauration-web-fr-avril2020.pdf>
- Ramirez-Agudelo N.A., Anento R.P., Villares M., Roca E., 2020. Nature-based solutions for water management in peri-urban areas: barriers and lessons learned from implementation experiences. *Sustainability*, 12, 9799. <https://doi.org/10.3390/su12239799>
- Rey F., 2011. *Génie biologique contre l'érosion torrentielle*, Éditions Quæ, 100 p.
- Rey F., 2018a. *Restaurer les milieux et prévenir les inondations grâce au génie végétal*, Éditions Quæ, 114 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2779-2>
- Rey F. (coord.), 2018b. *Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques : pour qui ? Pour quels bénéfices ?*, ASTEE, 136 p. <https://www.oieau.fr/eaudoc/system/files/34154.pdf>
- Rey F., 2021. Harmonizing erosion control and flood prevention with restoration of biodiversity through ecological engineering used as co-benefits Nature-based solutions. *Sustainability*, 13, 11150. <https://dx.doi.org/10.3390/su132011150>
- Rey F., Gosselin F., Doré A. (coord.), 2014. *Ingénierie écologique : action par et/ou pour le vivant ?*, Éditions Quæ, 165 p.
- Rey F., Breton V., Poulard C., Breil P., Mériaux P., 2018. Les Solutions fondées sur la nature pour accorder la prévention des inondations avec la gestion intégrée des milieux aquatiques. *Sciences, Eaux et Territoires*, 26 (2), n° spécial « Gemapi : vers une gestion plus intégrée de l'eau et des territoires à l'échelle d'un bassin versant », 36-41. <https://doi.org/10.3917/set.026.0036>
- Rey F., Bifulco C., Bischetti G.B., Bourrier F., De Cesare G. et al., 2019. Soil and water bioengineering: practice and research needs for reconciling natural hazard control and ecological restoration. *Science of the Total Environment*, 648, 1210-1218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.217>
- Rey F., Dupire S., Berger F. et al., 2024. Forest-based solutions for reconciling natural hazard control with benefits for biodiversity. *Nature-Based Solutions*, 5, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100114>
- Rey F., Fernandez S., Rulleau B., Pons M.-N., Bertrand-Krajewski J.-L. et al., 2023. Les solutions fondées sur la nature : quelles recherches pour répondre aux défis de la gestion de l'eau ? *Techniques Sciences Méthodes*, (9), 59-69. <https://doi.org/10.36904/tsm/202309059>
- Rey F., Ladier J., Hurand A., Berger F., Cales G. et al., 2009. *Forêts de protection contre les aléas naturels : diagnostics et stratégies*, Éditions Quæ, 111 p.
- Roux A., Colin A., Dhote J.F., Schmitt B., 2020. *Filière forêt-bois et atténuation du changement climatique : entre séquestration du carbone en forêt et développement de la bioéconomie*, Éditions Quæ, 152 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3121-8>
- Ruangpan L., Vojinovic Z., Plavsic J., Curran A., Rosic N. et al., 2024. Economic assessment of nature-based solutions to reduce flood risk and enhance co-benefits. *Journal of Environmental Management*, 352, 119985. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119985>
- Santé publique France, 2024. Préserver la nature pour protéger la santé des populations. *La Santé en action*, (467), 60 p.
- Schanze J., 2017. Nature-based solutions in flood risk management: buzzword or innovation? *Journal of Flood Risk Management*, 10, 281-282. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12318>

- Seddon N., Chausson A., Berry P., Girardin C.A.J., Smith A. *et al.*, 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375, 20190120. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>
- Sidik F., Wijaya Kusuma D., Priyono B., Proisy C., Lovelock C.E., 2021. Managing sediment dynamics through reintroduction of tidal flow for mangrove restoration in abandoned aquaculture ponds. In: *Dynamic Sedimentary Environments of Mangrove Coasts* (F. Sidik, D.A. Friess, eds), Elsevier, 563-582. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816437-2.00004-5>
- Simperler L., Ertl T., Matzinger A., 2020. Spatial compatibility of implementing Nature-based solutions for reducing urban heat islands and stormwater pollution. *Sustainability*, 12, 5967. <https://doi.org/10.3390/su12155967>
- Thomas A., Alpha A., Barczak A., Zakhia-Rozis N. (coord.), 2024. *Durabilité des systèmes pour la sécurité alimentaire : combiner les approches locales et globales*, Éditions Quæ, 246 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3853-8>
- Thorslund J., Jarsjo J. *et al.*, 2017. Wetlands as large-scale nature-based solutions: status and challenges for research, engineering and management. *Ecological Engineering*, 108, 489-497. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.012>
- Tibi A., Martinet V., Vialatte A., 2023. *Protéger les cultures par la diversité végétale*, Éditions Quæ, 132 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3733-3>
- Tournebize J., Chaumont C., Molina S., Berthault D., 2015. *Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles (ZTHA) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage : cas du département de la Seine-et-Marne*, Irstea, Groupe technique zone tampon, Onema, 35 p. <https://hal.inrae.fr/hal-02599350>
- UICN, 2020. *Standard mondial de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature. Cadre accessible pour la vérification, la conception et la mise à l'échelle des SFN*, 1^{re} édition, UICN, Gland, Suisse. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Fr.pdf>
- UICN Comité français, 2016. *Des solutions fondées sur la nature pour lutter contre les changements climatiques*, Paris, France. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/09/Plaquette-Solutions-FR-07.2016.web_.pdf
- UICN Comité français, 2018. *Les solutions fondées sur la nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France*, Paris, France. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/06/brochure-sfn-mai2018-web-ok.pdf>
- UICN Comité français, 2019. *Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France*, Paris, France. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2020/01/sfn-light-ok.pdf>
- UICN Comité français, 2021. *8 questions à se poser pour mettre en œuvre les Solutions fondées sur la Nature : un guide d'appropriation du Standard mondial de l'UICN*, Paris, France. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2021/07/questions-sfneau-web.pdf>
- UICN Comité français, 2022a. *Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques gravitaires et incendie en France*, Paris, France. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2023/03/sfn-foret-web.pdf>
- UICN Comité français, 2022b. *Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques littoraux en France*, Paris, France. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2022/07/sfn-littoraux-web.pdf>
- UICN Comité français, 2022c. *Entreprises et Solutions fondées sur la Nature : s'emparer du concept pour passer à l'action*, Paris, France. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2022/10/cfuicn_sfn_entreprises.pdf
- UICN Comité français, 2024. *La migration assistée des arbres. Note de position*. Paris, France. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2024/05/note-de-position-uicn-cf_migration-assistee_vf.pdf
- UICN Comité français, 2025. *Les Solutions fondées sur la Nature pour la sécurité alimentaire en France*, Paris, France. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2025/02/sfn-securite-alimentaire.pdf>
- UNEP-AITF-FFP-Hortis-A-IGÉco, 2019. Règles professionnelles. Travaux de génie écologique. Paris, 32 p. https://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/biblio/nc4_ro_travaux_genie_eco_interactif.pdf
- van den Bosch M., Ode Sang Å., 2017. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health: a systematic review of reviews. *Environmental Research*, 158, 373-384. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040>
- Venkataraman V., Lopez D., Mccuskey D.J., Kiefus D., McDonald R.I. *et al.*, 2020. Knowledge, attitudes, intentions, and behavior related to green infrastructure for flood management: a systematic literature review. *Science of the Total Environment*, 720, 137606. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137606>

- Vicarelli M., Sudmeier-Rieux K., Alsadadi A., Shrestha A., Schutze S. *et al.*, 2024. On the cost-effectiveness of Nature-based Solutions for reducing disaster risk. *Science of the Total Environment*, 947, 174524. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174524>
- Wynberg R., Pimbert M., Moeller N., Mcallister G., Kerr R.B. *et al.*, 2023. Nature-based solutions and agroecology: business as usual or an opportunity for transformative change? *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 65 (1), 15-22. <http://dx.doi.org/10.1080/00139157.2023.2146944>
- Zinsstag J., Schelling E., Waltner-Toews D., Whittaker M.A., Tanner M. (coord.), 2020. *One Health, une seule santé : théorie et pratique des approches intégrées de la santé*, Éditions Quæ, 584 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3097-6>
- Zölch T., Henze L., Keilholz P., Pauleit S., 2017. Regulating urban surface runoff through nature-based solutions: an assessment at the micro-scale. *Environmental Research*, 157, 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.023>

Sauf indications contraires, les figures sont de l'auteur.

En couverture : © Freddy Rey

Coordination éditoriale : Aude Boufflet

Édition : Juliette Blanchet

Mise en page :  EliLoCom

Couverture : Marie-Pierre Charbit

Achévé d'imprimer

Depuis le début des années 2010, le concept de Solutions fondées sur la Nature s'intègre dans les projets d'aménagement du territoire pour concilier les enjeux environnementaux avec les besoins de la société. Mais ce concept soulève encore de nombreuses interrogations. Comment préserver notre environnement tout en soutenant le développement socio-économique ? Comment s'adapter à un contexte climatique changeant, sans renoncer à un certain confort de vie ?

La préservation ou la restauration de la biodiversité constitue un prérequis à la mise en œuvre de toute initiative, qu'elle concerne la réduction des risques naturels, la sécurité de l'approvisionnement en eau, le développement économique et social, la sécurité alimentaire, la santé humaine, ou l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. L'auteur détaille l'application du concept des Solutions fondées sur la Nature pour répondre à ces six grands défis sociétaux, à travers le partage d'initiatives aussi diverses que la restauration des zones humides pour réduire les inondations, la réouverture des milieux pour lutter contre les incendies, l'installation de noues végétalisées pour limiter l'imperméabilisation des sols et ombrager les milieux urbains ou encore la diversification des cultures pour limiter les pesticides tout en préservant leur rentabilité économique.

Cet ouvrage s'adresse aux décideurs en charge de l'aménagement du territoire. Il intéressera également les entrepreneurs, les chercheurs, les formateurs et les étudiants désireux de mieux comprendre cette approche conciliatrice qui implique une pluralité d'acteurs.

Freddy Rey est directeur de recherche en écologie ingénieriale et ingénierie écologique, rattaché au Laboratoire des écosystèmes et des sociétés en montagne (Lessem) d'INRAE. Il est président de la Commission de gestion des écosystèmes au Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Il est le président-fondateur de l'Association française pour le génie biologique ou génie végétal (AGéBio).

éditions
Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, INRAE

INRAE

25 €

ISBN : 978-2-7592-4059-3



9 782759 240593

ISSN : 2115-1229

Réf. : 02994