



# BIODIV'2050

Évaluation socioéconomique des  
Solutions fondées sur la Nature

## MISSION ÉCONOMIE DE LA BIODIVERSITÉ

Numéro 17 - Mai 2019

**CDC** BIODIVERSITÉ





© ybermarc de Pixabay

## ÉDITO

L'Humanité fait aujourd'hui face à de nombreux bouleversements qui mettent en péril sa pérennité. En particulier, la dynamique d'effondrement de la biodiversité et le réchauffement climatique induit par les activités humaines ne cessent de s'accélérer. Il est urgent d'agir, à la fois pour la biodiversité et le climat et surtout pour la Terre et pour l'Humanité.

Ces deux enjeux, du fait de leurs interdépendances et des rétroactions qui les caractérisent, méritent une vision holistique afin de les appréhender conjointement : il s'agit de trouver des solutions pour lutter contre le dérèglement climatique qui ne perturbent pas la biodiversité. Celle-ci, issue de plusieurs milliards d'années d'évolution et d'adaptation aux changements, est à même d'être le socle permettant d'apporter des réponses concrètes au changement climatique.

Les Solutions fondées sur la Nature, qui se basent sur les fonctionnalités des écosystèmes pour atténuer et s'adapter au changement climatique de façon durable, répondent à une approche intégrée des enjeux globaux. Leurs bénéfices écologiques ne sont plus à démontrer : réhabilitation ou création de nouveaux milieux, fourniture accrue de services

écosystémiques, capacité de résilience face aux changements, durabilité sur le long terme, etc.

Pourtant, les Solutions fondées sur la Nature peinent à se faire une véritable place dans les projets d'aménagement. De nombreux freins entravent leur déploiement : cadre réglementaire peu adapté à ces solutions, difficulté à appréhender la complexité du vivant, structuration insuffisante du secteur du génie écologique, dichotomie entre la nécessité d'une vision à long terme des projets et la gouvernance politique actuelle. La problématique liée au manque de retours d'expérience sur les bénéfices économiques de ces solutions est aussi un facteur aggravant. Pourtant sur le terrain on peut réaliser de vraies réussites concrètes, par exemple en matière de lutte contre les inondations.

Ce guide vise à démontrer que les Solutions fondées sur la Nature sont vertueuses écologiquement, et qu'il existe de réels avantages économiques sur le long terme (investissements dans l'économie locale, création d'emplois non délocalisables, réduction des coûts, etc.).

À travers notamment trois études de cas (restauration des petits fonds côtiers et repeuplement d'espèces halieutiques, projet de zone humide urbaine et de réintroduction de la biodiversité en ville et



restauration d'anciens salins), l'objectif est de convaincre les décideurs et porteurs de projet des bénéfices économiques, sociaux et environnementaux des Solutions fondées sur la Nature, et les inviter à innover et à s'engager dans ces solutions qui constituent bien des solutions concrètes à des problématiques importantes.

MARC ABADIE

Directeur de la  
Mission Économie de la Biodiversité

# SOMMAIRE

## TRIBUNE

4

- **INGER ANDERSEN**  
Directrice générale de l'Union internationale  
pour la conservation de la nature (UICN)

## COMPRENDRE

6

### Valoriser les Solutions fondées sur la Nature pour accélérer la résilience face au changement climatique

- Les Solutions fondées sur la Nature, un concept attirant mais des applications encore limitées
- La contribution des Solutions fondées sur la Nature au développement du territoire
- Comment accélérer leur mise en œuvre ?

## INVENTER

24

### Quelles retombées économiques pour les solutions fondées sur la nature ? Analyse de trois études de cas en Méditerranée

- CasCioMar, projet de restauration des petits fonds côtiers et de repeuplement d'espèces halieutiques
- Parc des Aygalades, projet de zone humide urbaine et de réintroduction de la biodiversité en ville
- Restauration des anciens salins de Camargue

## INTERNATIONAL

34

### RESCCUE, « Restauration des services écosystémiques et adaptation au changement climatique »

## INITIATIVES

37

- Terres d'eau, terres d'avenir « Faire de nos zones humides des territoires pionniers de la transition écologique »
- Nature4Water, plateforme en faveur des Solutions fondées sur la Nature en milieu aquatique

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : **MARC ABADIE**  
RÉDACTEUR EN CHEF : **PHILIPPE THIÉVENT**

COORDINATION-CONCEPTION : **CLAIRE DEVINEAU, SUSIE DALLA FOGLIA, THÉO MOUTON, ANTOINE CADI**

ÉTUDE RÉALISÉE PAR : **MAÏLYS HORIOU, JEAN-CHRISTOPHE MARTIN ET THOMAS BINET**, AVEC L'APPUI DE **DELPHINE LEMERY-PEISSIK, EMILIE PATIES ET NASTASIA KEURMEUR** (VERTIGO LAB)

ÉDITION : **MISSION ÉCONOMIE DE LA BIODIVERSITÉ**

GRAPHISME : **JOSEPH ISIRDI** – [www.lisajoseph.fr](http://www.lisajoseph.fr)

INFOGRAPHIES : **CLÉMENT BINET**

MAQUETTE : **PLANET 7 PRODUCTION**

IMPRESSION : IMPRIMÉ SUR DU PAPIER 100% RECYCLÉ

CONTACT : [mab@cdc-biodiversite.fr](mailto:mab@cdc-biodiversite.fr)

PHOTO DE COUVERTURE : © Shutterstock

AVERTISSEMENT : BIODIV'2050 PRÉSENTE LES TRAVAUX EN COURS ET LES AVANCÉES DE LA MISSION ÉCONOMIE DE LA BIODIVERSITÉ. LA RUBRIQUE TRIBUNE PERMET AUX ACTEURS CONCERNÉS DE DONNER LEUR POINT DE VUE SUR LES SUJETS TRAITÉS. LES PROPOS QUI Y FIGURENT N'ENGAGENT QUE LA RESPONSABILITÉ DES PERSONNES INTERROGÉES.

CITATION DE L'OUVRAGE : CDC BIODIVERSITÉ, (2019), ÉVALUATION SOCIOÉCONOMIQUE DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE, MISSION ÉCONOMIE DE LA BIODIVERSITÉ ET VERTIGO LAB. PARIS, FRANCE, 40P.





**INGER ANDERSEN**  
Directrice générale de  
l'Union internationale pour la  
conservation de la nature (IUCN)

## Quels défis majeurs pour les Solutions fondées sur la Nature et quelles contraintes pour les solutions traditionnelles ?

Pour l'IUCN, il est primordial de s'interroger sur les nombreux défis sociétaux sur lesquels notre futur repose : soutenabilité des systèmes alimentaires, santé des océans, trafic de faune sauvage, urbanisation, changement climatique, *etc.* Le besoin de faire évoluer la façon dont on évalue, utilise et gère les ressources naturelles ainsi que la restauration de la connexion entre les individus et la nature est un enjeu central dans notre vision d'un monde juste, qui accorde de l'importance à la nature et la conserve. Cela permettra de garantir une planète vivable et en bonne santé tout en faisant face à ces défis sociétaux.

En 2050, cinq milliards d'individus vivront avec des difficultés pour l'accès à l'eau, selon le rapport des Nations Unies « Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau » de 2018<sup>(1)</sup>. D'après le

(1) WWAP (Le Programme mondial des Nations Unies pour l'évaluation des ressources en eau)/ONU-Eau. 2018. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018 : Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. Paris, UNESCO.

rapport 2018 de l'IPBES, 90% des aires terrestres seront dégradées en 2050, et le rendement des cultures chutera de 10%<sup>(2)</sup>. Les rapports scientifiques, comme celui du GIEC<sup>(3)</sup>, notent le renforcement des événements climatiques extrêmes (p. ex. vagues de chaleur) et prévoient une météo imprévisible et brutale, générant de plus en plus de catastrophes naturelles (p. ex. inondations). Sans action immédiate, les pertes annuelles estimées dues aux inondations pourraient s'élever à 1 billion de dollars, rien que pour les villes côtières<sup>(4)</sup>. L'atténuation du changement climatique et la réduction des risques naturels représentent donc un besoin sociétal crucial, à la fois pour la sécurité des populations humaines, les activités socioéconomiques et la protection de la biodiversité.

## Comment permettre la prise de conscience de l'importance de la nature pour répondre aux défis de demain ?

Un potentiel reste inexploité dans la prise de conscience des bénéfices de la nature et leur intégration dans la construction d'une société plus soutenable et de business models durables. Les Solutions fondées sur la Nature se concentrent sur la protection et la restauration des systèmes naturels à grande échelle. Les forêts et autres espaces naturels, par exemple,

(2) IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental SciencePolicy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willeman (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 44 pages

(3) IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

(4) Hallegette, Stéphane & Green, Colin & J. Nicholls, Robert & Corfee-Morlot, Jan. (2013): Future flood losses in major coastal cities. Nature Climate Change. 3. 802-806. 10.1038/nclimate1979

aident à stabiliser les pentes et ainsi à réduire le risque de glissement de terrain. Les zones humides sont primordiales pour l'approvisionnement en eau potable ; elles abritent une biodiversité importante, servent de zone tampon pour réduire l'impact des inondations et sécheresses et sont un lieu privilégié pour la reproduction des espèces aquatiques et terrestres. On estime à 64% les zones humides disparues au siècle dernier. Les Solutions fondées sur la Nature telles que la reforestation, l'investissement dans la santé des sols et la restauration d'écosystèmes côtiers peuvent permettre la séquestration du carbone et apporter plus d'un tiers des réductions d'émissions nécessaires d'ici 2030.

Le Salvador, par exemple, est pionnier dans la restauration des paysages forestiers et montre comment les Solutions fondées sur la Nature peuvent fournir de multiples bénéfices pour les humains et la nature. Le pays restaure plus de 108 000 ha de terrains dégradés, séquestrant plus de 531 321 Teq.CO<sub>2</sub> et participant à la résilience de plus de 30 000 ha de zones-clés pour la biodiversité.

La Ville de Paris a lancé une obligation verte<sup>(5)</sup> pour financer les projets climatiques et énergétiques. Le montant total de l'obligation est de 300 millions d'euros, s'étendant jusqu'en mai 2031. L'obligation vise les investisseurs privés qui considèrent la possibilité d'investir dans la durabilité de la ville de Paris comme un co-bénéfice. Ils recevront un taux de profit de 1.75% par an. 20% des fonds de l'obligation ont été assignés à des projets d'adaptation au changement climatique, dont deux qui ont d'ores et déjà été inclus dans l'obligation et sont en train d'être mis en œuvre : planter 20 000 arbres dans la ville et créer 30 ha de nouveaux espaces verts avant 2020.

(5) Climate Bond Financing Adaptation Actions in Paris, 2016, <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/climate-bond-financing-adaptation-actions-in-paris>



### Quel rôle joue l'UICN dans la promotion des Solutions fondées sur la Nature ?

Pour faire face aux besoins sociétaux et stopper la dynamique d'effondrement de la biodiversité, l'UICN mène des travaux sur la mise en pratique et la standardisation des SfN. Des forêts à l'eau en passant par les écosystèmes vulnérables tels que les îles et les terres arides, l'UICN travaille avec les communautés locales, les décideurs et le secteur privé pour implanter des SfN où les populations en ont le plus besoin. Par exemple, dans le cadre de l'initiative *Ecosystems Protecting Infrastructure and Communities* (EPIC) qui s'étend sur 5 ans, des SfN ont été mises en place pour répondre à la réduction des risques de catastrophe naturelle, tout en collectant des données scientifiques sur leur efficacité. L'UICN collecte donc des données et met en œuvre des outils d'approche globale et de cadres harmonisés pour la large intégration et diffusion des SfN. Cette approche globale donnera aux décideurs et investisseurs les paramètres fondamentaux pour évaluer les risques et la viabilité des SfN.

En 2008, avec le soutien de The Nature Conservancy, la ville de Bogota a créé un fonds pour l'eau. Il subventionne sur le long terme la conservation des terres des bassins hydrologiques en amont, à l'intérieur de la ville et dans les zones protégées aux niveaux national, régional et local, dans le but de distribuer et d'assurer la qualité de l'eau potable pour plus de 8 millions d'individus. Il a été estimé que le projet permet d'économiser 4 millions de dollars par an qui seraient dépensés dans des infrastructures de traitement de l'eau (à cause de 2 millions de tonnes de sédiments qui entreraient dans les sources d'eau de la ville).

Un des meilleurs moyens pour convaincre les décideurs, les politiques et les représentants d'entreprises que les Solutions fondées sur la Nature fonctionnent à grande échelle est de montrer la façon dont elles peuvent être mises en place et les retombées pour les populations et l'économie locales. Il y a un réel besoin de création de dialogue et de confiance à tous les niveaux entre la

communauté scientifique, les entreprises, les protecteurs de la nature et les représentants étatiques.

L'UICN apporte de l'expertise, un support technique et du renforcement des capacités pour faciliter le dialogue, développer les partenariats pour l'action, renforcer l'utilisation des Solutions fondées sur la Nature et améliorer la compréhension sur la façon dont les infrastructures naturelles peuvent être un complément aux infrastructures déjà conçues et être intégrées aux outils et plans d'aménagement et de développement, notamment au niveau urbain.

Au regard de ces défis globaux, pour garantir que nous prenons effectivement des actions soutenables, l'UICN appelle à la coopération globale et à un *leadership* public-privé pour les SfN. La nature doit être prise en compte dans les processus de planification et de développement. Ensemble, nous pouvons construire la base concrète qui guidera les solutions les plus efficaces et abordables pour satisfaire les besoins sociétaux. ■

# COMPRENDRE

## VALORISER LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE POUR ACCÉLÉRER LA RÉSILIENCE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



© ulleo de Pixabay

Le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) publié le 8 octobre dernier dresse une fois de plus le sombre portrait du dérèglement climatique. Le challenge pour limiter la hausse des températures moyennes à 1,5°C par rapport à l'ère préindustrielle est de taille alors que les effets de ce réchauffement sont d'ores et déjà perceptibles un peu partout à la surface de la planète. Certaines régions du monde en subissent d'ailleurs déjà largement les conséquences (IPCC, 2018 ; MTEC, 2016) : records de chaleur, augmentation du niveau des océans, intensification des événements climatiques extrêmes, les effets du changement climatique sont lourds de conséquences et nous n'avons aujourd'hui pas d'autres choix que d'anticiper ce changement et de nous y préparer. En parallèle, la récente Évaluation mondiale de l'IPBES met en garde contre la dynamique d'effondrement de la biodiversité, dont le taux d'extinction des espèces est au moins 10 fois supérieur à la moyenne des 10 millions d'années précédentes.

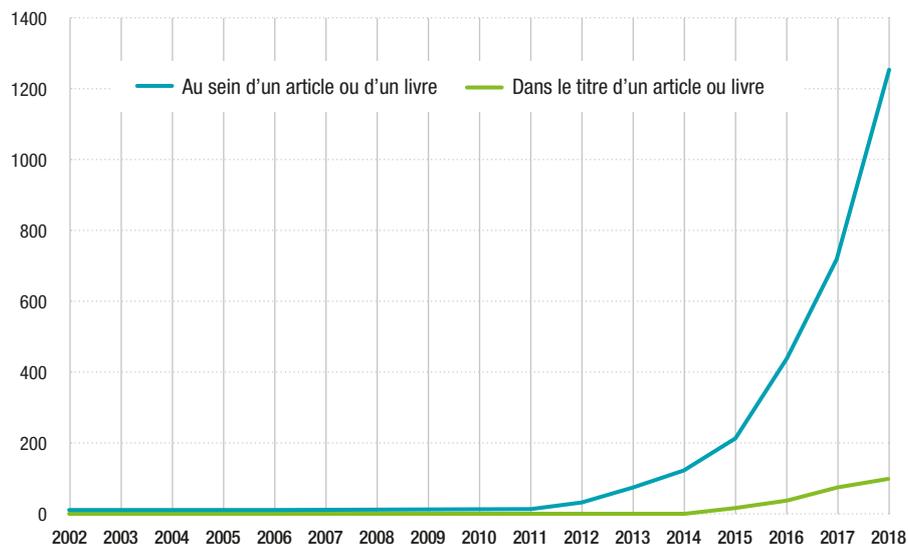
D'un point de vue technique, les solutions grises (infrastructures issues du génie civil) pourraient être en mesure de répondre aux enjeux de cette adaptation (« pourraient » car il n'est pas certain que le sujet de l'échelle des phénomènes en question puisse être véritablement traité). Les digues luttent contre les submersions marines, les barrages ou l'élévation des habitations protègent des inondations et la climatisation réduit la température des bâtiments... jusqu'à ce que l'ampleur des dérèglements dépasse les réponses apportées, ce qui par expérience finit souvent par arriver. Ce type de solutions implique une consommation accrue de ressources naturelles et d'énergies fossiles responsables des émissions de gaz à effet de serre, elles-mêmes à l'origine du réchauffement climatique. Elles participent également à l'artificialisation des territoires et contribuent à l'érosion de la biodiversité. Leur seule utilisation n'est donc ni durable, ni pertinente pour adapter notre société efficacement au changement climatique.

Dans ce contexte, les Solutions fondées sur la Nature (SfN) apparaissent comme une alternative crédible voire stratégique aux solutions grises : elles sont durables, respectueuses de l'environnement et leur impact est à la fois positif pour la biodiversité et pour l'Homme. Tandis que les solutions grises s'appuient inévitablement sur une destruction d'habitats naturels, les SfN offrent un moyen de rétablir et même créer de nouvelles fonctions écologiques.

L'objectif est ici de montrer le potentiel des SfN pour accélérer la résilience des écosystèmes face au changement climatique et ainsi répondre aux objectifs de développement durable, aux besoins d'aménagement et au bien-être humain. Il s'agit par ailleurs de mettre en lumière leur pertinence économique et de discuter les moyens pour accélérer leur mise en œuvre à une large échelle tant spatiale que temporelle.



**Figure 1 : Évolution du nombre de publications (article ou livre) faisant référence aux « Solutions fondées sur la nature »**



Source : Google Scholar, recherche effectuée dans 10 langues différentes

## 1 - Les Solutions fondées sur la Nature, un concept attirant mais des applications encore limitées

### 1.1 Historique et définition

Le concept de « Solutions fondées sur la Nature » est apparu au début des années 2000 dans la littérature scientifique. Cette terminologie semble avoir été employée pour la première fois dans l'ouvrage « *The farm as natural habitat: reconnecting food systems with ecosystems* » (Jackson D.L. and Jackson L., 2002). Ce livre rassemble diverses idées et pratiques issues des domaines de la biologie de la conservation, de l'agriculture durable et de la restauration de l'environnement pour relier agriculture et biodiversité. Les auteurs identifient comme Solution fondée sur la Nature le contrôle biologique naturel de la Vanesse du chardon, une espèce de papillon très

répandue en Europe (Djamal, 2015). Grâce à ses larves friandes de chardon, ce lépidoptère détruit l'espèce végétale tant redoutée par les agriculteurs en raison de son importante capacité de dissémination et de la forte concurrence qu'elle exerce sur les cultures (Arvalis, 2017). En laissant pousser les chardons en bordure de champs, l'agriculteur offre à la Vanesse du chardon un habitat pour se reproduire. Dès l'arrivée du printemps, de jeunes larves sont alors prêtes à se nourrir de leur plante-hôte et participent ainsi à leur tour à la lutte biologique.

Si l'emploi du concept de SfN dans cet ouvrage est en accord avec le sens qu'on lui connaît aujourd'hui, cette notion n'a réellement émergé qu'à partir de 2009, sous l'impulsion de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), dans le cadre de la quinzième Conférence des Parties. La première utilisation publique de ce concept était loin d'être anodine. Il s'agissait en effet pour un acteur de l'environnement de **remettre la biodiversité au cœur du débat politique sur les enjeux climatiques**, dans le but d'obtenir à terme davantage de soutien politique en faveur des projets de biodiversité.

Après plusieurs années d'utilisation informelle, la notion de SfN a officiellement été définie lors du Congrès mondial de la nature de l'UICN qui s'est tenu en 2016 à Hawaï. Ces solutions s'entendent comme des « **actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés, pour relever directement les enjeux de société de manière efficace et adaptative tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité** » (UICN, 2016). Restaurer un cours d'eau pour écrêter les crues, installer un bassin de phytoépuration pour traiter les eaux usées ou encore habiller les toits et les murs de végétation pour atténuer les fortes chaleurs sont autant d'exemples de SfN.

Après avoir été véhiculé par quelques grandes ONG dédiées à la protection de la nature, le concept a rapidement été relayé au sein de différentes instances, tant à l'échelle nationale qu'europpéenne. Il a notamment été intégré aux programmes de financement de l'Union Européenne « Horizon 2020 » et « LIFE », ainsi qu'à l'agenda stratégique du réseau européen de financement de la recherche BiodivERsA (FRB, 2017). Plusieurs appels à projets dédiés aux SfN ont de ce fait été lancés par la Commission Européenne ;

→ c'est le cas de Nature4Cities<sup>(1)</sup>, ThinkNature<sup>(2)</sup>, Naturvation<sup>(3)</sup> ou plus récemment l'appel à manifestation d'intérêt ARTISAN<sup>(4)</sup>. À l'échelle nationale, Nature 2050<sup>(5)</sup>, porté par CDC Biodiversité, vise également à renforcer l'adaptation des territoires au changement climatique à travers la mise en œuvre de SfN (CDC Biodiversité, 2017). La figure 1 ci-dessus témoigne également de l'attention croissante dont font l'objet les SfN à l'échelle mondiale.

Pourquoi cette forte diffusion du concept ces dernières années ? Alors que les terminologies employées par les défenseurs de l'environnement telles que « capital naturel », « service écosystémique » ou encore « infrastructure verte » peinent à mobiliser au-delà de la sphère scientifique, **les Solutions fondées sur la Nature semblent toucher un public plus large et constituent une solution possible à ce problème d'appropriation.** La notion combine en effet des mots simples, compréhensibles aux yeux de tous, tout en balayant les différents concepts mentionnés ci-avant, mais aussi d'autres notions comme la « restauration des écosystèmes », l'« ingénierie écologique », l'« adaptation fondée sur les écosystèmes » et bien d'autres. Grâce à sa simplicité et son large spectre, l'utilisation du concept de SfN est facilement rendue possible, aussi bien par les chercheurs que les universitaires, les politiciens et le grand public.

Pourtant la définition des SfN semble aujourd'hui demeurer encore vague (FRB, 2016). Il est par conséquent parfois difficile de décider si une action peut être considérée comme une SfN ou non. Rankovic A. et al., (2017) rapportent par exemple que l'installation de nouveaux systèmes d'irrigation peut être considérée

par certains comme une SfN. En effet, l'irrigation permettant de soutenir une végétation plus abondante, elle serait garante du stockage de carbone et lutterait ainsi contre la désertification. Les auteurs posent également la question de la prise en compte des techniques reposant sur les éléments naturels : les énergies éolienne et solaire doivent-elles être perçues comme une SfN ? En outre, les solutions d'adaptation s'appuyant sur des matériaux artificiels (ex : récifs artificiels) sont-elles à intégrer aux SfN ?

Le concept étant récent, la définition demande à être affinée. Nous souhaitons à travers cet article, participer à la réflexion et partager la définition suivante : **« actions visant à maintenir, restaurer ou créer des écosystèmes pour relever les enjeux de société de manière adaptative en recréant ou en s'appuyant sur les fonctions des écosystèmes sans perturber le fonctionnement d'autres écosystèmes *in situ* ».** Cette définition précise qu'une SfN doit s'appuyer sur les fonctions écologiques de l'écosystème et non sur une simple utilisation de la ressource, pouvant porter atteinte à l'écosystème local. Ainsi, un réensablement des plages pour lutter contre l'érosion du trait de côte ne peut être considéré comme une SfN, comme pourraient l'entendre certains. Par ailleurs, il est important de souligner que l'efficacité et la durabilité d'une SfN ne pourront s'avérer optimales qu'à travers la préservation globale des écosystèmes.

## 1.2 Des solutions adaptées à la fois aux enjeux climatiques et écologiques

Face aux impacts du changement climatique et à la dynamique d'effondrement de la biodiversité, le concept de SfN se révèle être aussi un moyen de sortir du clivage biodiversité-climat. Il nous rappelle que l'urgence liée à la préservation de la biodiversité est tout aussi grave que celle liée au changement climatique et que ces deux enjeux

interdépendants demandent à être traités conjointement (UICN France, 2018). Dans ce cadre, les SfN présentent un **excellent potentiel pour contribuer à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD)** adoptés en 2015 par les 193 Etats membres de l'ONU « pour éradiquer la pauvreté, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous » et assurer leur pérennité. Chacun de ces 17 objectifs est constitué de différentes cibles à atteindre d'ici 2030. (UNRIC, 2018). La contribution des SfN pourrait notamment s'avérer très importante pour les ODD 2 (Faim « zéro »), 6 (Eau propre et assainissement), 11 (Villes et communautés durables), 13 (Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques), 14 (Vie aquatique) et 15 (Vie terrestre). Si l'on reprend le premier ODD cité (Faim « zéro »), des SfN pourraient être déployées pour réduire les impacts sur la qualité de l'eau, améliorer les moyens de subsistance, la pollinisation, la sécurité hydrique pour soutenir l'agriculture, lutter contre les ravageurs et les maladies ou encore rétablir la qualité des sols. Elles contribueraient à améliorer la durabilité et la productivité des systèmes agricoles.

La mise en œuvre des SfN pourrait par ailleurs avoir des incidences positives sur d'autres ODD en lien plus indirect avec l'environnement tels que la bonne santé et le bien-être, l'énergie propre, le travail décent, la croissance économique ou encore la consommation et la production responsables (cf. Tableau 1) (Agenda 2030, n.d.).

Mais pourquoi les SfN seraient-elles plus prometteuses que des solutions grises<sup>(6)</sup> pour contribuer à l'atteinte des ODD ?

Tout d'abord, **les SfN sont multifonctionnelles** : elles apportent une solution à un ensemble d'enjeux et non pas un seul problème comme le proposent les solutions grises. En s'appuyant sur les fonctions des écosystèmes, les SfN en deviennent partie intégrante. Ceux-ci

(1) <https://www.nature4cities.eu/>

(2) <https://www.think-nature.eu/>

(3) <https://naturvation.eu/>

(4) <https://www.afbiodiversite.fr/fr/actualites/appel-manifestation-dinteret-projet-europeen-artisan>

(5) <http://www.nature2050.com/>

(6) Les solutions grises peuvent être définies comme des solutions issues du génie civil se limitant à des fonctions uniques (routes goudronnées, bâtiments, barrage en béton, digues, etc.).



© podzero de Pixabay

étant interconnectés, l'impact des SfN est démultiplié grâce aux répercussions générées sur d'autres écosystèmes. Si un réservoir classique d'eau de pluie permet d'irriguer des plantations en période de sécheresse, la restauration d'une zone humide permettra quant à elle de recréer un écosystème qui stocke de l'eau en période humide mais également de protéger un environnement de potentielles inondations, d'abriter de nouvelles espèces, d'épurer l'eau, de la relarguer en période chaude et ainsi d'épargner les récoltes agricoles d'une sécheresse trop intense. Tandis que la solution grise citée ci-avant participe à l'atteinte de 5 cibles d'ODD<sup>(7)</sup>, la SfN est quant à elle capable de contribuer à 25 de ces cibles<sup>(8)</sup>, autrement dit cinq fois plus. Par leur multifonctionnalité, **les SfN participent ainsi à augmenter**

(7) Cibles 2.1, 2.2, 2.3, 6.1, 8.2

(8) Cibles 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.4, 3.9, 6.1, 6.3, 6.4, 6.6, 8.2, 8.4, 11.4, 11.5, 11.7, 11.a, 11.b, 12.2, 12.8, 13.1, 13.3, 15.1, 15.3, 15.5, 17.7

**considérablement la fourniture de services écosystémiques<sup>(9)</sup>.** Au-delà d'être génératrice de services écosystémiques, **la biodiversité possède une valeur intrinsèque de par sa seule existence.** Elle est le « tissu vivant planétaire » (Barbault, 2008), issue de plusieurs milliards d'années d'évolution et un ensemble de processus écosystémiques dont la complexité ne peut être totalement appréhendée par la notion de services écosystémiques.

Les SfN présentent également un autre avantage par rapport aux solutions grises, **celui de s'adapter à un environnement lui-même en constante évolution.** Les écosystèmes côtiers tels que les récifs coralliens, les mangroves ou les marais salants offrent par exemple, outre la protection côtière et la réduction de la puissance des vagues, une

(9) Les services écosystémiques sont définis comme les biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes (MEA, 2005a).

solution dynamique pour faire face à la montée des eaux. En effet, les écosystèmes sont capables de s'adapter et modifier leur physionomie à mesure que leur environnement évolue. Cette caractéristique confère aux SfN un atout majeur pour améliorer la résilience face au changement climatique.

Enfin, le développement des SfN est en cohérence avec les préconisations du GIEC relatives à la **mise en œuvre de mesures « sans regret »<sup>(10)</sup>.** Dans le cas où une SfN n'atteint que partiellement l'objectif qui lui a été fixé, elle s'avèrera tout de même positive en termes de bilan. Contrairement à d'autres solutions plus classiques, les SfN sont plus vertueuses quant à l'utilisation des ressources non renouvelables, leur environnement et les émissions de gaz à effet de serre.

(10) Les mesures « sans regret » se définissent comme des mesures dont les bénéfices, tels que les économies d'énergie et les réductions de la pollution sur le plan local ou régional, sont au moins égaux à leur coût pour la société, quels que soient les avantages apportés par l'atténuation des incidences de l'évolution du climat (CERTU, 2010)

↳ Dans ce contexte, les SfN apparaissent comme des solutions plus durables que des infrastructures grises. Ces dernières ont en effet une durée de vie limitée et nécessitent des coûts d'entretien souvent importants. Tandis que pour une digue en béton, la surveillance, le contrôle de la végétation, la lutte contre les dégâts provoqués par les animaux fouisseurs ou encore l'entretien de l'ouvrage doit s'effectuer de manière régulière, la restauration d'herbiers n'impliquera que très peu de coûts d'entretien et l'efficacité de cette SfN augmentera au fil du temps grâce à la colonisation naturelle de ces végétaux à rhizomes (Kahan J.M. et al., 2015 ; Orgeur A., 2016).

### 1.3 Des solutions durables et économes

D'après les premiers retours d'expérience et évaluations économiques réalisés sur les SfN, il semblerait que ce type de solutions soit **plus avantageux d'un point de vue économique, et particulièrement à long terme** (European Commission et EPBRS, 2014 ; Ferrario F. et al., 2014 ; Reguero B.G. et al., 2018). Plusieurs aspects peuvent expliquer cet avantage économique.

Tout d'abord, les SfN s'appuient sur des techniques de l'ingénierie écologique, filière généralement moins onéreuse que l'ingénierie civile et dont les emplois ne sont pas délocalisables (Delannoy E., 2016 ; Dutoit T., 2012). L'ingénierie écologique mobilise des ressources physiques et humaines présentes sur le même territoire que celui où est réalisé l'aménagement. Une seule SfN pouvant répondre aux exigences de plusieurs secteurs simultanément (e.g. environnement, infrastructures, agriculture, santé) et ainsi se substituer à plusieurs solutions grises, elles peuvent offrir des opportunités de co-financement et permettre de réduire les coûts de manière significative dans tous les secteurs impliqués. Par ailleurs, grâce à une meilleure durabilité, les SfN supposent un renouvellement des travaux



ou installations nettement moins fréquent et génèrent une économie budgétaire supplémentaire. Il semblerait d'ailleurs que les SfN deviennent de plus en plus rentables à mesure que le changement climatique s'intensifie. L'évaluation quantitative de Reguero B.G. et al. (2018) démontre que d'ici à 2030, 36,5% des dommages associés aux risques littoraux pourraient être évités à travers la mise en œuvre de SfN. Ce chiffre passe à 48% d'ici 2050.

En outre, **le format des SfN ouvre la porte à la création de nouveaux modèles de financement**. Le choix de sa configuration peut permettre de rentabiliser son propre investissement. La création d'un espace vert, initialement prévu pour

réduire le risque d'inondation, pourra par exemple être optimisée à travers l'installation d'éleveurs ou d'apiculteurs.

Le défi pour la diffusion de ces solutions n'est pas seulement de démontrer que les projets de SfN sont rentables sur le long terme, mais aussi d'accorder une attention optimale aux systèmes naturels et à la biodiversité.

### 1.4 Pourquoi leur utilisation est-elle limitée ?

Bien que la pertinence des SfN soit de plus en plus reconnue, leur utilisation est pour le moment encore limitée. Au-delà du caractère novateur des SfN et du temps nécessaire à la diffusion du concept, plusieurs autres freins semblent être à l'origine de cette inertie.

Tableau 1 : Contribution potentielle des SfN à l'atteinte des ODD (Source : auteurs)

N°	ODD (ET CIBLES CONCERNÉES)	CONTRIBUTION		
		NULLE	MODÉRÉE	FORTE
1	<b>PAS DE PAUVRETÉ</b>	✓		
2	<b>FAIM « ZÉRO »</b> 2.1 Faim 2.2 Malnutrition 2.3 Productivité et petits exploitants 2.4 Agriculture performante et résiliente 2.5 Diversité et partage des ressources génétiques		5 cibles sur 8	✓
3	<b>BONNE SANTÉ ET BIEN-ÊTRE</b> 3.3 Maladies transmissibles 3.4 Maladies non transmissibles 3.9 Santé-environnement		3 cibles sur 8	✓
4	<b>ÉDUCATION DE QUALITÉ</b> 4.7 Education au développement durable		1 cible sur 10	✓
5	<b>ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES</b>	✓		
6	<b>EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT</b> 6.1 Accès à l'eau potable 6.2 Accès aux services d'assainissement et d'hygiène 6.3 Qualité de l'eau 6.4 Gestion durable des ressources en eau 6.6 Protection et restauration des écosystèmes		5 cibles sur 8	✓
7	<b>ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE</b> 7.3 Efficacité énergétique		1 cible sur 5	✓
8	<b>TRAVAIL DÉCENT ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE</b> 8.2 Productivité économique 8.4 Utilisation efficiente des ressources		2 cibles sur 12	✓
9	<b>INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURE</b> 9.4 Modernisation et durabilité des filières industrielles		1 cible sur 8	✓
10	<b>INÉGALITÉS RÉDUITES</b>	✓		
11	<b>VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES</b> 11.3 Urbanisation durable 11.4 Préservation du patrimoine 11.5 Prévention et limitation de l'impact des catastrophes 11.6 Impact environnemental 11.7 Accès aux espaces verts et lieux publics sûrs 11.a Développement territorial 11.b Politiques intégrées pour des territoires résilients		7 cibles sur 10	✓
12	<b>CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES</b> 12.2 Gestion durable des ressources naturelles 12.4 Gestion écologique des produits biochimiques 12.5 Réduction des déchets 12.8 Formation et information environnementales		4 cibles sur 11	✓
13	<b>MESURES RELATIVES À LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES</b> 13.1 Résilience et adaptation 13.3 Education et capacité d'action 13.a Fonds vert		3 cibles sur 5	✓
14	<b>VIE AQUATIQUE</b> 14.1 Pollutions marines 14.2 Ecosystèmes marins et côtiers 14.3 Acidification des océans 14.7 Petits États insulaires 14.b Préservation de la pêche artisanale		5 cibles sur 10	✓
15	<b>VIE TERRESTRE</b> 15.1 Préservation des écosystèmes terrestres 15.2 Gestion durable des forêts 15.3 Dégradation des sols 15.4 Écosystèmes montagneux 15.5 Biodiversité et espèce menacées 15.8 Espèces envahissantes		6 cibles sur 12	✓
16	<b>PAIX, JUSTICE ET INSTITUTIONS EFFICACES</b>	✓		
17	<b>PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS</b> 17.19 Construction d'indicateurs de développement durable		1 cible sur 19	✓

→ Le premier, sans doute le plus évoqué dans la littérature, est la **carence en information quantitative**. Le manque de quantification explicite des coûts et de l'efficacité des SfN inhibe leur généralisation. Un rapport publié en 2015 par l'UICN pointait notamment l'absence d'analyse coûts-bénéfices permettant de mettre en lumière et mesurer les avantages économiques des SfN (Rizvi A.R. et al., 2015). Cette lacune peut s'expliquer par le contexte d'incertitude dû au changement climatique mais aussi par les bénéfices moins facilement quantifiables des SfN, rendant celles-ci plus difficiles à défendre face à des ouvrages classiques (Naturvation, 2017). La promotion des SfN nécessite des données détaillées pour pouvoir être comparées aux solutions alternatives et ainsi influencer davantage dans les décisions politiques. Il sera important de capitaliser les retours d'expérience des projets et programmes européens dédiés aux SfN afin d'alimenter une solide base de données et construire un plaidoyer en leur faveur.

Le **cadre réglementaire et juridique actuel** constitue un autre frein au développement des SfN. Ce cadre ayant été élaboré pour la conception d'infrastructures grises, l'application des SfN peut, dans ce contexte, s'avérer source de difficultés et d'incertitudes. Malgré l'harmonisation de la législation et des politiques des États membres de l'UE en ce qui concerne l'agriculture, les ressources en eau et l'environnement qui a créé de nouvelles opportunités pour mettre en œuvre les SfN, la législation nationale ne comporte pas de dispositions spécifiques pour soutenir le déploiement des infrastructures vertes (WWAP/ONU-Eau, 2018). La position dominante des solutions grises au sein des documents-cadres (PLU, SDAGE, etc.) et des instruments mobilisés par les aménageurs et commanditaires (cahiers des charges, documents techniques unifiés, certifications, etc.) paralyse l'entrée des SfN dans le secteur de l'aménagement territorial.

Le développement des SfN est par ailleurs entravé par l'**insuffisante structuration au sein du secteur du génie écologique** (IRFEDD, 2012). Le corps d'ingénieurs civils n'a pour l'instant pas son pendant dans le domaine de l'ingénierie écologique, l'offre de formation y étant plus réduite. Bien que quelques cursus commencent à faire leur apparition dans différentes villes de France (CERTU, 2010), leur nombre reste dérisoire au regard des 226 formations en génie civil proposées sur le territoire national (Diplomeo, 2018). Le transfert entre la recherche fondamentale et la pratique n'est que partiellement assuré. D'autre part, les techniques employées par le génie écologique s'appuient directement sur les principes du vivant, rendant chaque intervention unique et différente. Les expériences ne pouvant donc être reproduites de la même manière que dans le milieu du génie civil, le partage de connaissance est lui aussi plus complexe.

Le dernier frein principal à évoquer est l'**incompatibilité entre la notion de long terme et la gouvernance politique actuelle** (Hériard Dubreuil G. et Dewoghélaère J., 2014). Les effets des SfN s'observent et se mesurent sur un horizon long. La réhabilitation naturelle d'un écosystème peut parfois s'effectuer sur plusieurs années. En revanche, les décideurs politiques planifient trop souvent l'aménagement du territoire sur la durée d'un mandat, voire deux dans le meilleur des cas. Même lorsque l'efficacité et la rentabilité des SfN sont démontrées, cette incompatibilité pousse les décideurs politiques à opter pour des solutions offrant des résultats rapides. Les réponses aux enjeux du siècle (changement climatique, acidification des océans, perte de biodiversité, etc.) auraient pourtant besoin d'être planifiées à long terme.

Banquette de *Posidonia oceanica* sur la plage de Cala (Corse) © Gerard Giraud



## 2 - La contribution des Solutions fondées sur la Nature au développement des territoires

À travers leur multifonctionnalité, les avantages économiques qu'elles offrent et leur caractère non délocalisable, les SfN devraient peu à peu s'imposer comme un instrument essentiel pour contribuer au développement territorial, particulièrement dans un contexte de changement climatique. Les quelques exemples de SfN exposés ci-dessous témoignent de ce potentiel dans les milieux littoral et urbain.

### 2.1 Dans un contexte littoral

Deux enjeux de société majeurs peuvent être identifiés sur le littoral dans un contexte du changement climatique : la **protection du trait de côte** et le **maintien de la ressource halieutique**. En France, un quart du littoral recule chaque année et six millions de résidents sont concernés (Colas S., 2006). Aux États-Unis, le coût de l'érosion est estimé à 500 millions de dollars par an (« Coastal erosion », 2016). Si les activités humaines y jouent un rôle important, le changement climatique, à travers l'augmentation du nombre de tempêtes et la montée des eaux, renforce ce phénomène (Lafon C., 2014). Le réchauffement climatique et l'acidification des océans aggravent également l'appauvrissement des stocks de poissons. Le déplacement des populations halieutiques devrait augmenter la productivité des océans à proximité des pôles mais la diminuer drastiquement en zone intertropicale, provoquant des répercussions considérables au sein des pays fortement dépendants de la pêche (Océan et climat, 2016). Ces impacts peuvent avoir de graves conséquences sur l'environnement marin mais également sur l'économie locale.

## Le potentiel de la restauration de récifs d'huîtres pour le territoire

En 2012, Kroeger T. a évalué les bénéfices attendus d'un projet de restauration de deux récifs ostréicoles dans le Golfe du Mexique, aux États-Unis. Pour des coûts estimés à 4,28 M\$, le projet devrait générer les bénéfices suivants :

- ➔ + 8,39 M\$ sur l'économie locale
- ➔ + 88 emplois
- ➔ + 39 000 \$/an pour la pêche commerciale
- ➔ + 500 000 \$/an pour l'économie ostréicole

Les récifs permettraient par ailleurs de diminuer la hauteur des vagues entre 53% et 90,5% et l'énergie marémotrice entre 77,9% et 99,1% selon les sites.

En outre, l'action épuratrice des huîtres réduirait les émissions d'azote de 127 à 1 897 kg par an selon les sites.

### a. Protection du trait de côte

Certaines **actions de protection du cordon dunaire** constituent de premiers exemples de SfN. Le contrôle souple des écosystèmes dunaires, qui passe par la couverture ou le non ramassage de débris végétaux mais aussi par la plantation d'espèces végétales, permet de lutter efficacement contre l'érosion et les submersions marines. Cette gestion douce du littoral permet de maintenir les processus naturels de l'écosystème dunaire contribuant à modérer l'érosion éolienne (ANCORIM, 2017). En Méditerranée, les banquettes de Posidonie<sup>(11)</sup> atténuent la force des vagues et favorisent la stabilité des plages en emprisonnant les particules sédimentaires. Elles forment par ailleurs un support pour la biodiversité côtière (BioLit Junior, 2017). En outre, les chantiers de réhabilitation des dunes, qui s'appuient sur la plantation de végétaux, limitent la perte de sédiments provoquée par la force éolienne.

(11) Les banquettes de Posidonie sont composées de feuilles de Posidonie, de sable et d'eau.

### Coûts de la protection littorale en Camargue :

Digue : 1 800€HT/m

Épis<sup>(12)</sup> : 2 500€HT/m

Brise-lames : 4 000€ à 6 200€HT/m

Restauration dunaire : 75€HT/m

(Marobin D., 2009)

Selon la zone géographique, la restauration d'herbiers, de mangroves ou de coraux participe elle aussi à contrer l'érosion du trait de côte. Les herbiers de Posidonie situés entre 5 et 15 mètres de profondeur jouent par exemple un rôle d'atténuateur de houle. Une modélisation numérique dans la Baie d'Aigues-Mortes (Méditerranée Occidentale) a révélé qu'un herbier en bon état permettait de réduire la hauteur des vagues jusqu'à 30% (Michaud H. et al., 2016). Dans les tropiques, les forêts de mangroves réduisent aussi l'énergie des vagues (entre 13 et 66%) et l'intensité des vents, protégeant ainsi l'arrière-pays (McIvor A. et al., 2012). Une autre étude a démontré que les récifs coralliens pouvaient eux aussi réduire la hauteur des vagues, entre 51 à

(12) Ouvrage hydraulique rigide pour freiner les courants d'eau et limiter les mouvements de sédiments.

→ 74% (Ferrario F. et al., 2014). Par ailleurs, la présence de ces écosystèmes participe à la fourniture de nombreux services écosystémiques (support de biodiversité, soutien à la pêche, paysage, régulation de la qualité de l'eau, etc.). Néanmoins, la qualité des services rendus par les écosystèmes ainsi que les bénéfices économiques qu'ils supposent dépendent directement de leur état de santé. Tandis que la valeur économique d'un récif corallien en bonne santé est estimée à 3 300 US\$/ha, celle d'un récif dégradé chute à 870 US\$/ha, soit près de 4 fois moins (Pervaiz Baig S. et al., 2015).

*La gestion durable des récifs coralliens de l'île d'Olango (Philippines), dont le coût s'élève à 91 000 \$, a généré des bénéfices annuels supplémentaires de l'ordre de 1,45 M\$ par le biais de la pêche et du tourisme (White A.T. et al., 2000).*

La **restauration de récifs ostréicoles** est également très efficace pour lutter contre l'érosion. Cette technique consiste à disposer des filets remplis de coquilles vides au fond de l'eau de manière à former un récif puis d'y introduire de jeunes larves d'huîtres (Emmert D., 2018). En formant des grappes denses, les huîtres agissent comme un rempart naturel contre les vagues. Ces mollusques sont également d'excellents régulateurs de la qualité de l'eau, une seule huître pouvant filtrer jusqu'à 190 litres d'eau par jour. Les récifs restaurés favorisent également l'accueil des huîtres sauvages ou d'autres espèces comme les moules ou les anémones de mer (Albérola N., 2017). Cette SfN apporte un soutien important au secteur de la pêche et de l'ostréiculture et par la même occasion à l'ensemble de l'économie locale.

## b. Maintien de la ressource halieutique

Le **sanctuaire marin** Agay-ayan and Caloco (AGCA), situé à Tinambac aux Philippines, est une aire marine protégée (AMP) de 98 hectares gérée localement et abritant mangroves, herbiers et coraux (AGCA MPA, 2013). Depuis sa création en 2007, l'AMP a permis à travers la mise en œuvre de mesures de gestion, de campagnes d'éducation environnementale et d'actions régulières de surveillance, d'augmenter significativement la biomasse piscicole et les récoltes d'algues. Les revenus supplémentaires ont été mobilisés pour améliorer la durabilité des habitations des populations locales. Il a par ailleurs été démontré que les écosystèmes de la zone sont plus résistants à l'évolution de la température de surface et du niveau de la mer (Demesa C.B. et al., 2013).

*La création d'un sanctuaire marin aux Philippines a permis d'augmenter la biomasse halieutique de 70% entre 2011 et 2012 et les récoltes d'algues de 20% (Demesa C.B. et al., 2013).*

Le **repeuplement d'espèces et l'immersion de récifs artificiels**, qui selon les deux définitions précédemment exposées peuvent être considérés comme des SfN, constituent un autre moyen pour augmenter et diversifier les ressources marines d'une zone et ainsi soutenir les pêcheries. Les pêches expérimentales démontrent par exemple que les captures sont deux fois plus élevées sur les récifs artificiels que sur les zones sableuses (Charbonnel E., 2015). En imitant les zones rocheuses naturelles, les supports artificiels offrent des habitats propices à l'installation de la vie marine et recréent de manière artificielle la fonction de nurserie. Le projet CasCioMar 2050, porté par Ecocéan et CDC Biodiversité et dont l'objectif est de restaurer les petits fonds côtiers dans la Baie de Marseille, complète l'action des récifs artificiels en repeuplant certaines

espèces halieutiques à travers la capture de post-larves et le relâché de juvéniles (CDC Biodiversité and Ecocéan, 2018).

*En 9 ans, l'immersion de récifs artificiels dans le Parc marin de la côte bleue (Bouches-du-Rhône) a permis de multiplier par 50 le volume de biomasse piscicole sur certaines zones (Charbonnel E., 2015b).*

Le tableau 2 compare les différentes SfN présentées ci-avant en fonction de leur contribution aux ODD, de leur efficacité par rapport aux coûts qu'elles supposent et des services qu'elles rendent au territoire.

## 2.2 Dans un contexte urbain

La **limitation des risques d'inondation et l'atténuation des îlots de chaleur** constituent deux enjeux majeurs pour les métropoles du XXI<sup>e</sup> siècle. Ces enjeux sont d'autant plus importants qu'en 2050, 80% des habitants des pays développés et 60% de ceux résidant dans les pays émergents vivront en milieu urbain (Sciences et Avenir, 2017). À l'échelle mondiale, l'inondation est la catastrophe naturelle affectant le plus grand nombre d'habitants. Elle représente un risque économique considérable. Les dégâts matériels provoqués à travers le monde par les inondations entre 1990 et 2015 s'estiment à 670 Mds de dollars (EM-DAT, 2016). Les scientifiques nous alertent par ailleurs sur le rôle joué par le changement climatique dans l'intensification des inondations (Lemoine P., 2018). En France, les départements de l'arc méditerranéen sont particulièrement concernés par ce phénomène. Cette zone, qui connaît des épisodes de pluies intenses réguliers, subit de près les effets du dérèglement climatique. La température annuelle moyenne y a augmenté de 1,4°C depuis l'ère industrielle, soit 0,4°C de plus que la température globale (AFP, 2018). Ce réchauffement implique inéluctablement une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes caniculaires.



→ En générant des pertes de productivité et des risques importants sur les infrastructures « météo-sensibles » comme celles du secteur ferroviaire, il suppose par ailleurs un coût important pour la société (Cossardeux J., 2018).

### a. Limitation des risques d'inondations

**La protection, la restauration et la création des zones humides** en amont des villes ou le long des berges participent à réduire l'intensité des crues et des inondations en zone urbaine (FNE, 2018a). Une zone humide peut en effet stocker jusqu'à 15 000 m<sup>3</sup> d'eau par hectare. En permettant le débordement des cours d'eau, les mares, marais, estuaires, prairies et autres zones humides réduisent leur débit.

*En Gironde, la ville de la Teste-de-Buch a choisi de détruire ses polders et restaurer ses zones humides. Cette depoldérisation de prés salés assure désormais le stockage de 37 000 m<sup>3</sup> d'eaux pluviales (FNE, 2018b).*

De plus, la végétation les constituant dissipe l'énergie hydraulique et diminue la vitesse d'écoulement. Les bénéfices offerts par les zones humides ne se limitent pas à la protection contre les inondations. Elles constituent également un support pour la biodiversité urbaine, limitent l'impact des sécheresses en période d'étiage, réduisent les charges en nutriments, améliorent le paysage des citadins et rafraîchissent les villes. Les bénéfices de la restauration de la plaine inondable de l'Elbe ont ainsi été estimés à 1,2 Mds €, un montant trois fois supérieur aux coûts engagés (European Commission, 2015)

*Les bénéfices de la création d'une zone humide en amont d'une ville pourraient être 3 à 6 fois supérieurs aux coûts que celle-ci suppose (European Commission, 2015).*

## Intégrer les SfN aux projets d'aménagement urbain pour améliorer les conditions socioéconomiques et environnementales

À Malmö (Suède), le réaménagement de l'écoquartier d'Augustenborg s'est construit autour de la mise en place d'un système ouvert de gestion des eaux pluviales dans le but d'enrayer les graves inondations qui touchaient le quartier.

Moyennant 9 500 m<sup>2</sup> de jardins sur toit et d'autres toitures végétalisées, des canaux de drainage, des parkings perméables, des étangs de rétention et en maintenant des zones inondables, 90% des eaux pluviales sont désormais redirigées dans ce nouveau système de collecte et aucune inondation n'a eu lieu depuis 2002.

Et les bénéfices vont bien au-delà :

- Bénéfices pour la biodiversité (+ 50% d'oiseaux et d'insectes)
- -20% d'émissions de CO<sub>2</sub>
- Dynamisme territorial (20% de la population a participé au projet)
- Création de lien social
- Augmentation de la participation électorale de 54% à 79% (dans le quartier)
- Baisse du chômage de 30% à 6% (dans le quartier)
- Installation de trois entreprises vertes et locales

(Alane Barton M., 2016)

Les **bassins naturels de rétention**, vers lesquels sont redirigées les eaux de ruissellement, offrent une autre alternative pour limiter les inondations en ville. Il est d'ailleurs particulièrement intéressant de combiner la fonction de stockage des eaux pluviales aux fonctions épuratrices offertes par les écosystèmes humides. Au cœur de la ville de Saint-Jérôme, au Québec, la création d'un bassin de rétention composé d'un marais filtrant et de végétaux indigènes résistants au climat local a permis de stocker et d'épurer les eaux de ruissellement tout en augmentant considérablement la biodiversité locale. Ce bassin est devenu une composante paysagère et un lieu attractif pour les habitants. Les techniciens de ce projet estiment que 200 000 \$ (134 000 €) d'économies ont été réalisées en privilégiant cette SfN plutôt qu'une infrastructure grise classique (Lambert Y., 2010). Un autre exemple venu des États-Unis montre qu'une petite surface

de bassin peut parfois suffire à stocker une grande quantité d'eaux pluviales. Dans le quartier de Queens à New York, une installation de biorétention de 125m<sup>2</sup> située en zone inondable recueille 70% des ruissellements générés lors des épisodes pluvieux (De Sousa M.R.C. et al., 2016)

La multiplication des **espaces verts** en ville et de manière plus générale des surfaces perméables constitue une autre SfN pour lutter efficacement et durablement contre les inondations et le ruissellement urbain. Grâce à la grande capacité des arbres et autres végétaux à stocker l'eau, la plantation et/ou leur préservation présentent un grand intérêt pour réduire l'écoulement des eaux pluviales. Les arbres de New York permettraient ainsi d'éviter le ruissellement de 3 Mds de litres par an (Peper P.J. et al., 2007). Une étude a par ailleurs démontré que la création d'un parc submersible avec un bassin de rétention à Gorla Maggiore en Lombardie, permettrait

Tableau 3 : Synthèse des potentialités des SfN « urbaines »

Enjeu	Solution fondée sur la Nature	Contribution aux ODD	Ratio efficacité-coût	Services rendus au territoire
Limitation des risques d'inondation	Protection de zones humides	3.3, 3.9, 4.7, 6.1	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maîtrise des crues et protection contre les inondations</li> <li>Recharge des nappes phréatiques et approvisionnement en eau</li> <li>Amélioration de la qualité des eaux douces</li> <li>Maintien de la biodiversité terrestre et aquatique</li> <li>Contribution à l'attractivité du territoire</li> <li>Amélioration du paysage urbain</li> <li>Participation au bien-être physique et mental des riverains</li> <li>Régulation des températures locales et du climat global</li> </ul>
	Restauration (ou création) de zones humides	6.2, 6.3, 6.4, 6.6 8.4, 11.5, 11.6, 11.7 11.8, 12.2, 12.8, 13.1 13.3, 15.1, 15.3, 15.5	++	
	Construction de bassins naturels de rétention (avec phytoépuration)	17.19	+++	
	Création d'espaces verts (ex. : parc submersible)	2.1, 2.2, 4.7, 6.3 6.6, 7.3, 8.4, 11.5 11.6, 11.7, 11.8, 12.2 12.8, 13.1, 13.3, 15.3 15.5, 17.19	++	
Atténuation des îlots de chaleur	Création de parcs et autres espaces verts urbains	2.1, 2.2, 4.7, 6.3 6.6, 7.3, 8.4, 11.5 11.6, 11.7, 11.8, 12.2 12.8, 13.1, 13.3, 15.3 15.5, 17.19	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation des températures locales et du climat global</li> <li>Amélioration de la qualité de l'air</li> <li>Participation au bien-être physique et mental des riverains</li> <li>Maintien de la biodiversité terrestre</li> <li>Contribution à l'attractivité du territoire</li> <li>Amélioration du paysage urbain et du climat social</li> <li>Amélioration de la performance énergétique</li> <li>Maîtrise des crues et protection contre les inondations</li> <li>Amélioration de la qualité des eaux douces</li> <li>Développement possible de l'agriculture urbaine</li> </ul>
	Végétalisation des voiries	2.1, 2.2, 4.7, 6.3 6.6, 7.3, 8.4, 11.5 11.6, 11.7, 11.8, 12.2 12.8, 13.1, 13.3, 15.5	++	
	Végétalisation des toits et des murs	17.19	+	



Illustration du projet de parc à Gorla Maggiore, Italie

de réduire le volume des inondations de 8 900 m<sup>3</sup> et le débit de pointe de 86%, pour un coût estimé à 900 000 € (Liquete C. et al., 2016). Outre les services rendus par les écosystèmes naturels précédemment exposés, notons qu'il est également profitable pour une collectivité de multiplier les espaces verts. Le prix de l'immobilier augmentant en moyenne de 2,11% lorsque la distance entre un bâtiment et un espace vert diminue de 100 mètres (Bockarjova M. and Wouter Botzen W.J., 2017), la taxe d'habitation des immeubles appréciés s'en trouvera plus élevée, augmentant ainsi les recettes de la collectivité.

## b. Atténuation des îlots de chaleur

Les SfN étant multifonctionnelles, celles présentées dans la section précédente participent également à diminuer la température en ville durant les mois d'été. Grâce à leur mécanisme d'évapotranspiration et à l'ombre qu'ils procurent, les végétaux permettent en effet d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur. La littérature scientifique montre par exemple que les **espaces verts et parcs urbains** réduisent la température de 2,5°C par rapport aux zones environnantes, et ce aussi bien à Valence qu'à Montréal (APPA Nord-Pas-de-Calais, 2014).



ATTRACTIVITÉ DU  
TERRITOIRE ET TOURISME



ÉCONOMIE LOCALE



BIODIVERSITÉ

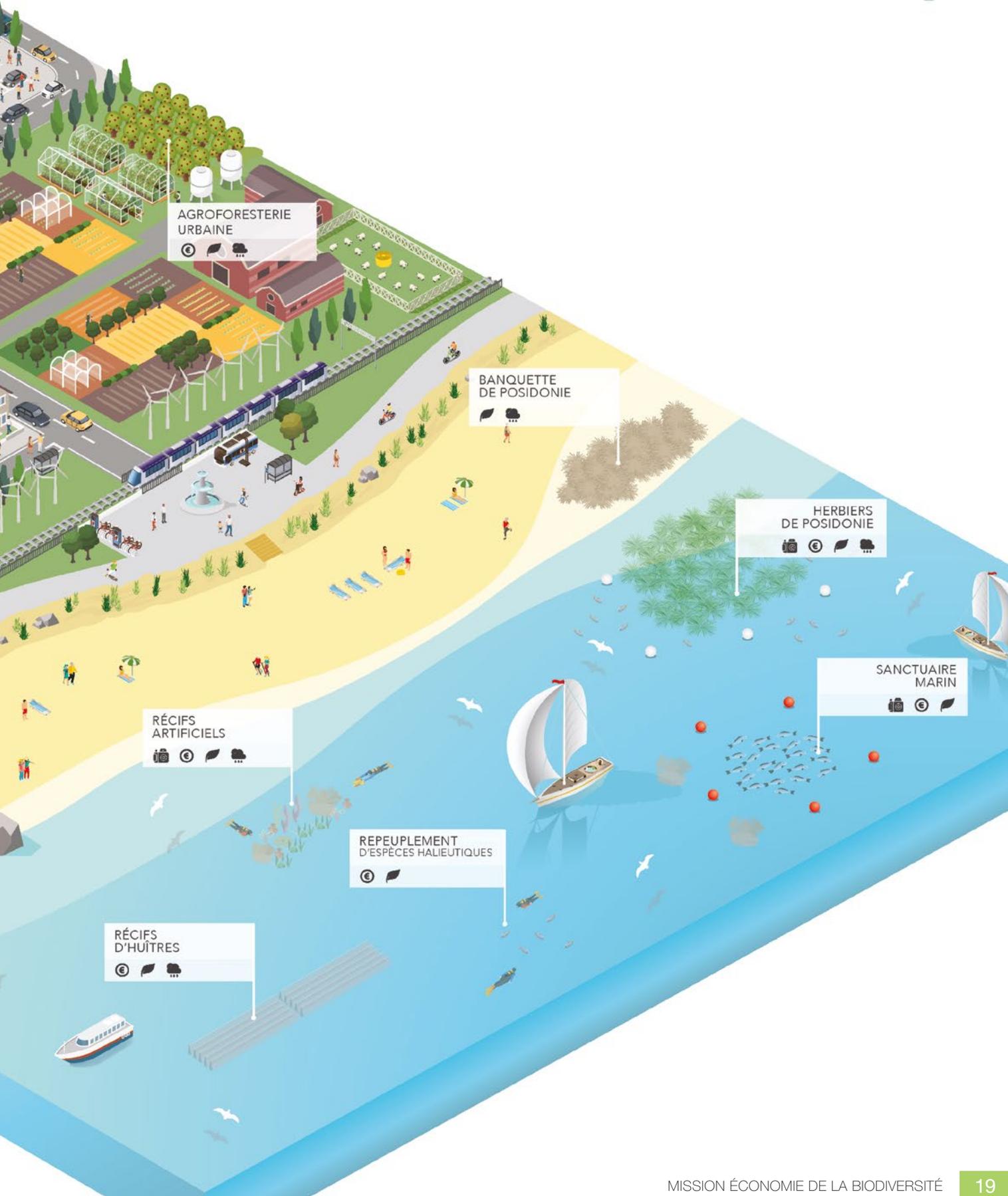


PROTECTION CONTRE  
LES ALÉAS CLIMATIQUES



BIEN-ÊTRE DE LA POPULATION

# LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE AU SEIN D'UNE MÉTROPOLE LITTORALE



→ La combinaison des espaces verts et des zones humides serait encore plus efficace. Selon l'Agence de Développement et d'Urbanisme de l'Agglomération Strasbourgeoise, le projet de parc urbain d'Euroméditerranée à Marseille, qui prévoit 14 ha de parc et la restauration d'un ruisseau, devrait rafraîchir l'air localement de 3 à 6°C (ADEUS, 2014). Cette même source affirme que l'effet rafraîchissant pourrait être ressenti jusqu'à 100m en dehors du parc. En outre, il est important de noter que les espaces verts urbains jouent un rôle majeur en matière de santé publique. Les études scientifiques soulignent en effet le lien fort entre

l'existence d'un espace vert à proximité du domicile et l'espérance de vie des riverains (Takano T. et al., 2002).

*En Angleterre, un accès pour tous à un espace vert de qualité permettrait au pays d'économiser 2,1 Mds £ (2,39 Mds €) par an en frais de santé (Natural England, 2009).*

D'autres SfN peuvent être évoquées ici, comme la **végétalisation des voiries, des murs et des toitures**. À Manchester par exemple, une augmentation de 10% du niveau de linéaire arboré permettrait de réduire la température de l'air de 3°C (Tavin A. and Leseur A., 2016). La combinaison

des toits et murs végétalisés pourrait quant à elle faire chuter la température dans les rues « en canyon »<sup>(13)</sup> de 3°C à Moscou et jusqu'à 11°C à Riyadh (Alexandri E. and Jones P., 2008). La végétation urbaine peut ainsi participer à réduire les îlots de chaleur mais aussi à mieux isoler thermiquement les bâtiments. La température intérieure des pièces situées sous les toits serait inférieure de 3 à 4°C si ceux-ci sont végétalisés (Köhler M., 2012). Les murs végétalisés ne sont pas moins efficaces. Le pouvoir rafraîchissant d'un mur végétal de 850 m<sup>2</sup> situé à Vienne (Autriche) équivaldrait à l'utilisation de 80 unités de

(13) Rues faiblement ventilées



© Gerald Friedrich de Pixabay

climatisation de 3000 watts chacun sur une durée de 8 heures (Scharf B. et al., 2012). Cette économie d'énergie implique également une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Au sol, sur les murs ou sur les toits, les végétaux assurent par ailleurs un assainissement de l'air urbain et participent à la régulation du climat local. Notons ici que la diversification des espaces végétalisés et des espèces est essentielle pour optimiser leurs effets. Les espèces locales et adaptées au territoire doivent être privilégiées et une gestion écologique doit être appliquée.

*Les toits et murs végétalisés permettraient d'économiser entre 30% et 100% de l'énergie utilisée pour rafraîchir les bâtiments (Alexandri E. and Jones P., 2008).*

Le tableau ci-dessus compare les différentes SfN présentées ci-avant en fonction de leur contribution aux ODD, de leur efficacité par rapport aux coûts qu'elles supposent et des services qu'elles rendent au territoire.

### 3 - Comment accélérer leur mise en œuvre ?

#### 3.1 Faire des SfN des solutions crédibles pour les décideurs politiques

La clé pour le déploiement des SfN se trouve entre les mains des porteurs de projets et des décideurs qui doivent être capables, dès la phase amont d'un projet, d'arbitrer entre la mobilisation d'une SfN ou d'une solution conventionnelle.

La mise en œuvre des SfN doit répondre à de multiples objectifs. Alors que les critères économiques sont aujourd'hui prioritaires dans la mise en œuvre d'un projet, les enjeux environnementaux apparaissent souvent comme secondaires. C'est pourquoi l'évaluation quantitative des impacts économiques, sociaux



Illustration de l'outil Adaptation Support Tool

et environnementaux des SfN est primordiale pour légitimer celles-ci et influencer sur les décisions politiques.

L'impact des SfN étant souvent incertain et s'observant fréquemment sur le long terme, cette évaluation devrait inclure des méthodes de prospective en s'appuyant sur différents scénarios prenant en compte l'évolution de l'économie, des enjeux sociétaux et des aléas climatiques et ainsi permettre de quantifier les gains et pertes potentiels en fonction de ces scénarios.

Elle permettrait alors de **comparer et prioriser les solutions possibles à travers des analyses coûts-bénéfices.**

Ces analyses, combinées à l'intégration des parties prenantes appropriées, pourraient faciliter et surtout éclairer la prise de décision.

Cependant, les arbitrages impliquant l'utilisation de la nature ne peuvent ni se réduire à un calcul exact, ni se limiter à la maximisation de l'utilité telle que le propose la théorie économique. Ils doivent s'appuyer sur une vision systémique, et mobiliser certes des approches quantitatives mais également qualitatives, multicritères, itératives ou encore expérimentales. Pour chaque enjeu ou chaque site, une pluralité d'options existe, chacune d'elles ayant ses propres coûts, avantages et impacts. Dans ce contexte, il paraît essentiel que l'approche choisie soit en mesure de traduire la

capacité des SfN à maintenir ou recréer des fonctions écologiques et à fournir des services écosystémiques associés.

La **quantification systématique des services écosystémiques** dans le cadre des projets de SfN pourrait remplir ce rôle et contribuer par ailleurs à rétablir l'équilibre entre la quantification des coûts et celles des avantages, ces derniers n'étant souvent exprimés qu'en termes qualitatifs (Bockarjova M. et Wouter Botzen W.J., 2017). D'autres auteurs suggèrent d'évaluer de manière dynamique les SfN à travers une analyse de cycle de vie à l'échelle urbaine, en s'appuyant sur une modélisation précise de l'écosystème urbain (Başoğlu D. et al., 2018).

En outre, le développement des SfN ne pourra devenir optimal sans accepter d'avancer dans l'incertain et de mettre en œuvre une gestion adaptée à la prise en compte du long terme. Si certains auteurs suggèrent aux gestionnaires d'espaces naturels d'adopter une approche entrepreneuriale dans la gestion des aires protégées (Becker N. and Choresch Y., 2006 ; Binet T. et al., 2015 ; Inamdar A. and Merode E., 1999), il serait à l'inverse judicieux de s'inspirer de la gestion adaptative mobilisée par certains gestionnaires pour l'appliquer à d'autres contextes que celui des espaces protégés. Cette gestion, définie comme « un processus systématique

→ *d'amélioration constante des politiques et pratiques de gestion qui se base sur les leçons tirées des résultats de politiques et pratiques antérieures* » (MEA, 2005b), permet d'adapter les actions de gestion dans le temps en fonction de leur efficacité et de l'évolution des enjeux internes ou externes au projet (écologiques ou sociaux par exemple). En incluant par ailleurs des perspectives aussi bien socioéconomiques qu'environnementales (Nesshöver C. et al., 2017), la mise en œuvre de cette gestion adaptative dans les politiques d'aménagement du territoire pourrait contribuer au développement des SfN. Elle éviterait probablement l'émergence de projets économiquement irréalisables, socialement insoutenables ou écologiquement inacceptables. Coupler une gestion adaptative aux démarches de participation citoyenne pourrait par ailleurs permettre de capitaliser les connaissances locales et favoriser l'économie territoriale. Si cette proposition est vraie pour les pays occidentaux, elle l'est encore plus pour d'autres régions, où les peuples indigènes possèdent un savoir écologique traditionnel inestimable (Boya Busquet M., 2006).

En définitive, il est important de constater que le réel développement des SfN, supposant donc la capacité de celles-ci à répondre aux enjeux politiques, ne pourra s'effectuer autrement qu'à travers un **changement de mode de gouvernance** : une gouvernance en cohérence avec le fonctionnement des écosystèmes, s'appuyant sur une gestion adaptative, capable de répondre aux enjeux de société à long terme et considérant les intérêts socio-environnementaux au moins autant que les intérêts économiques.

### 3.2 Anticiper les besoins techniques et organisationnels

Accélérer la mise en œuvre des SfN suppose de construire un nouveau socle technique, réglementaire et juridique permettant de les accueillir.

Tout comme pour l'impact économique, **la faisabilité technique des SfN doit être démontrée**. Ce point est d'autant plus important que de fausses croyances à l'égard des solutions naturelles et de leur efficacité semblent être ancrées dans l'inconscient collectif (UN Water, 2018). Pour convaincre de la capacité d'une SfN à satisfaire son objectif, il est essentiel que sa conception et sa mise en œuvre soient argumentées par des preuves scientifiques. Cependant, s'il existe une abondance de données relatives à la faisabilité des infrastructures grises, ce n'est en revanche pas le cas pour les infrastructures vertes (PNUE-DHI/IUCN/TNC, 2014). Cette lacune implique un manque de connaissance et de compréhension des SfN et témoigne d'un besoin accru en recherche scientifique. Il apparaît notamment nécessaire de poursuivre les recherches dans le but d'améliorer notre compréhension des liens existants entre la biodiversité et l'état de l'écosystème et sa capacité à fournir des services écosystémiques (EUR-Lex, 2013). Néanmoins, même s'il faut rester transparent quant à ce manque de données et aux aléas possibles inhérents à la dynamique et à la complexité des écosystèmes, cette lacune ne doit pas freiner l'innovation et le développement des SfN. Il s'agit alors de **trouver un équilibre entre la gestion du risque lié au manque de données et le développement de l'innovation**. L'approche itérative proposée par la gestion adaptative prend ici tout son sens.

Les connaissances relatives aux SfN doivent ensuite être davantage diffusées. L'amélioration de cette diffusion passe avant tout par l'enseignement et la formation et implique une meilleure structuration du secteur du génie écologique. Pour répondre à la demande de travail sous-jacente au développement des SfN, l'offre devra évoluer en conséquence. L'augmentation de cette offre de travail s'opérera grâce à la multiplication des offres de formation

proposées aux étudiants mais aussi et surtout à travers l'aide à la reconversion professionnelle ou à l'adaptation des compétences pour les emplois existants (Boughriet R., 2011). Pour comprendre pourquoi et comment intégrer les SfN à l'aménagement du territoire, il est en effet primordial d'accompagner et de former les autorités locales, les ingénieurs, les urbanistes, les agents techniques et les autres acteurs intervenant dans ce domaine. L'association Plante & Cité élabore par exemple des outils et méthodes pour aider les acteurs à concevoir et gérer la ville végétale, grâce à une collaboration entre professionnels de terrain et scientifiques (Jaeger A., 2018). Deltares et l'Université de Wageningen ont quant à eux développé Adaptation Support Tool, un outil conçu pour guider les planificateurs, concepteurs et autres parties prenantes dans la planification de mesures d'adaptation au changement climatique. Les utilisateurs sélectionnent les solutions qu'ils souhaitent mettre en œuvre (vertes et grises), les situent sur leur territoire et obtiennent immédiatement une estimation de leur efficacité et de leurs coûts. L'outil insiste sur la valeur ajoutée offerte par les SfN pour s'adapter au changement climatique et met en lumière de nouvelles solutions rentables souvent méconnues des acteurs (Deltares, n.d. ; WUR, n.d.). Sous une approche plus ludique, les partenaires du projet européen ThinkNature ont développé Greentown<sup>(14)</sup>, un jeu en ligne dédié aux SfN. Il vise à sensibiliser les utilisateurs en démontrant les avantages liés à l'utilisation des SfN dans un contexte urbain.

### 3.3 Lever les obstacles liés à la gouvernance et la réglementation

Le cadre réglementaire et juridique actuel régissant l'aménagement du territoire et l'urbanisme a principalement été élaboré autour de l'infrastructure

(14) <http://game.think-nature.eu>

grise et n'est donc que peu adapté au développement des SfN. La complexité des écosystèmes pose des défis importants en termes d'établissement d'objectifs et de normes de qualité. **Elle exige en effet des modèles souples et transparents permettant d'intégrer de nouvelles connaissances** issues à la fois de la recherche et de la pratique. Les cahiers des charges, en plus d'intégrer des critères de préservation de la biodiversité, pourraient par exemple fixer des objectifs s'appuyant sur des fourchettes de variabilité et exiger des suivis réguliers au cours de la mise en œuvre de la solution et des adaptations en conséquence. Ce suivi implique de définir un ensemble d'indicateurs adaptés aux SfN permettant de mesurer des critères d'efficacité écologique, sociale et économique. Même s'il est clair qu'un changement important doit s'opérer au sein du cadre réglementaire pour accélérer

le développement des SfN, leur promotion est aussi possible dans le cadre des règlements en vigueur. Les PLU et PLUi, qui prévoient la possibilité de classement d'espaces en continuités écologiques (Trames verte et bleue) et de limiter l'imperméabilisation des sols, peuvent être des outils efficaces pour soutenir les SfN (Jaeger A., 2018 ; Lavaud M. et al., n.d.). En outre, des entreprises comme CDC Biodiversité mettent en œuvre des « Contrats de performance Biodiversité », visant à accompagner les maîtres d'ouvrage pour préserver et valoriser la biodiversité tout en optimisant ses services (CDC Biodiversité, 2016).

Enfin, **promouvoir la collaboration intersectorielle autour d'une vision partagée** devrait favoriser le développement des SfN. Ce type de solutions intervient généralement au sein de plusieurs domaines actuellement

cloisonnés. La restauration d'une zone humide fera potentiellement appel à des acteurs issus de la gestion de l'eau, de la gestion des risques, de la planification urbaine, de la protection des espaces naturels ou encore du paysagisme. Pour permettre la collaboration intersectorielle, tous les acteurs impliqués doivent pouvoir en tirer parti. Cette démarche exige un consensus entre les parties prenantes sur les objectifs politiques et suppose que les acteurs soient impliqués dans les prises de décision, de la planification jusqu'à la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Cette démarche facilitera les partenariats entre acteurs, la diffusion des connaissances et améliorera l'efficacité des SfN. Parallèlement, il est important que des directives soient établies aux échelles nationale et internationale pour encourager le développement des SfN et favoriser la collaboration intersectorielle. ■



© Andrew\_Howe

# INVENTER

## QUELLES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES POUR LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ?

### Analyse de trois études de cas en Méditerranée

**L**a diffusion et la valorisation des Solutions fondées sur la Nature nécessitent de mettre en avant leurs bénéfices socioéconomiques et écologiques. Les SfN, qui s'appuient sur les écosystèmes naturels et les fonctions écologiques assurées par ces derniers, peuvent en effet constituer une **réponse efficace** à des enjeux tels que l'adaptation au changement climatique et la préservation de la biodiversité. Multifonctionnelles, elles génèrent également des impacts positifs pour le territoire (intérêts paysager et environnemental ou encore développement de nouvelles activités socioéconomiques) que ne peuvent produire les infrastructures grises, issues du génie civil.

Le concept de SfN étant relativement nouveau, peu d'évaluations existent à leur sujet. Pour permettre à ce type d'alternatives de se développer et d'essaimer mais également pour élargir le champ des possibles dans les domaines de l'aménagement du territoire, de la gestion des risques naturels ou encore de l'adaptation au changement climatique, il devient primordial **d'évaluer leur intérêt et de mesurer leurs bénéfices**. Cette démarche d'évaluation est l'un des objectifs du programme Nature 2050, porté par CDC Biodiversité, qui vise à appuyer le développement de SfN sur le territoire français.

La façade méditerranéenne abrite de nombreux projets de SfN, portant notamment sur les milieux côtiers et marins. Afin de mesurer la contribution socioéconomique et les effets environnementaux de ces projets sur le territoire méditerranéen, Vertigo Lab, bureau d'études spécialisé en économie de l'environnement, a procédé à l'évaluation de plusieurs de ces projets en mobilisant différentes méthodes d'évaluation

économique. Étant donné la jeunesse de ces projets, cette évaluation a été menée de manière *ex ante* - en anticipation des projets - afin d'avoir une vision prospective du territoire étudié et de mesurer les retombées socioéconomiques que ces SfN pourraient générer à long terme.

### Une diversité de méthodes d'évaluation pour une pluralité d'impacts

Les SfN se situant encore dans le champ de l'innovation, les évaluations socioéconomiques de leurs impacts restent encore rares. Lorsque de telles évaluations sont menées, elles s'attachent à évaluer le plus souvent l'une des dimensions de ces solutions mais peinent à refléter les nombreuses externalités positives qu'elles produisent (souvent complexes à traduire en valeur monétaire). Afin de prendre en compte le caractère multifonctionnel des SfN, **deux approches économiques ont été combinées pour mener à bien cette évaluation prospective** :

- **L'approche par les retombées socioéconomiques** permet de mesurer l'impact du développement de SfN sur l'économie du territoire. Afin de mesurer de manière *ex ante* cet impact socioéconomique, une méthode d'évaluation économique s'appuyant sur le modèle ImpactTer, développé par Vertigo Lab à partir du modèle entrées-sorties de Léontief, a été utilisée. Cet outil est utilisé pour évaluer les retombées économiques directes, indirectes et induites d'une dépense ou d'une activité sur les autres secteurs économiques. Mobilisé pour l'évaluation des SfN, il permet de mesurer l'impact économique de ces projets sur le territoire.

### Le modèle ImpactTer

Construit par Vertigo Lab, ce modèle permet de calculer différents types d'impacts socioéconomiques. Le tableau entrées-sorties, au cœur de l'analyse, donne une représentation de la production régionale. Il permet d'étudier notamment la demande finale en biens et services (à savoir l'investissement, la consommation finale des ménages et des administrations publiques et les exportations) et s'intéresse aux effets d'entraînement sur les secteurs se trouvant en amont de la chaîne de valeur (fournisseurs mais aussi fournisseurs des fournisseurs, etc.).

Les impacts socioéconomiques et environnementaux que nous calculons ici sont de trois types :

- ➔ Les impacts directs : ils correspondent à la valeur de la production, la valeur ajoutée, le nombre d'emplois salariés liés au déploiement de projets de SfN.
- ➔ Les impacts indirects : ils comprennent la valeur de la production, la valeur ajoutée, le nombre d'emplois salariés engendrés par les dépenses en achats de biens et services (les fournisseurs) des entreprises contribuant au développement des SfN.
- ➔ Les impacts induits : ils correspondent à la valeur de la production, la valeur ajoutée, le nombre d'emplois salariés expliqués par la consommation provenant du revenu (salaire) généré directement et indirectement par les dépenses des entreprises entrant dans le périmètre de l'étude.

• **L'approche par les services**

**écosystémiques** : celle-ci permet de mesurer les externalités positives produites par les SfN au travers des écosystèmes qu'elles ciblent et des fonctions écologiques sur lesquelles elles s'appuient. Cette approche permet de plus d'identifier et de mettre en avant les bénéficiaires de ces services, à l'échelle du territoire notamment. L'évaluation économique et monétaire des services écosystémiques nécessite de mobiliser différentes méthodes de l'économie de l'environnement (méthode des prix de marché, méthode des coûts évités ou encore évaluation du consentement à payer) qui peuvent être difficiles à appliquer dans un cadre prospectif (en raison notamment du manque de données disponibles). En fonction des études de cas sélectionnées dans ce travail de recherche, nous avons adapté l'évaluation, en mobilisant parfois des données qualitatives ou en utilisant des transferts de valeur pour traduire en valeur monétaire les services écosystémiques.

Afin de mettre en avant la diversité des SfN mais également les différents écosystèmes sur lesquelles elles peuvent s'appuyer (prairies urbaines, écosystèmes côtiers, zones humides, etc.), trois études de cas ont été sélectionnées pour mener ce travail de recherche :

**1. CasCioMar, projet de restauration des petits fonds côtiers et de repeuplement d'espèces halieutiques** au large des communes de Marseille, Cassis et La Ciotat. Ce projet, porté par la société Ecocean et soutenu par le programme Nature 2050 de CDC Biodiversité, vise à réhabiliter les populations et les espèces marines (avec également le relâché de juvéniles) et à restaurer les fonctions écologiques des écosystèmes côtiers en recréant des habitats écologiques (notamment à travers la pose de récifs artificiels). Ce projet démarré en 2016 s'étendra jusqu'en 2020. L'évaluation réalisée pour cette étude de cas porte spécifiquement sur le repeuplement d'espèces halieutiques.

**2. Le parc des Aygalades, projet de zone humide urbaine et de réintroduction de la biodiversité en ville.** Il est prévu dans le cadre de l'opération de restructuration urbaine Euroméditerranée,



© Rene Rauschenberger de Pixabay

qui cherche à améliorer la résilience de la ville de Marseille et mettre en œuvre un aménagement durable de ses quartiers. Le parc poursuit deux principaux objectifs : la restauration des fonctions hydrauliques qui représente un quart du territoire marseillais et la préservation de la biodiversité en ville. L'une des spécificités de ce projet, et qui en fait une SfN, est l'utilisation de procédés de génie écologique dans l'aménagement urbain (épuration des eaux à travers la création de bassins filtrants, gestion des débits de la rivière en utilisant des procédés naturels, contribution du parc à la lutte contre les îlots de chaleur, etc.).

**3. Restauration des anciens salins de la Camargue.** Ce projet mené par la Tour du Valat, institut de recherche

pour la conservation des zones humides en Méditerranée, vise à appuyer la renaturation des salins auparavant exploités afin qu'ils puissent jouer le rôle de zone tampon lors des épisodes de submersion et fournir un moyen d'adaptation naturel aux variations du trait de côte.

Pour ces trois études de cas, différentes méthodes d'évaluation ont été mobilisées en fonction des caractéristiques des projets, tant en termes d'ingénierie déployée que d'écosystèmes et fonctions écologiques ciblées, mais aussi en fonction de l'état d'avancement des projets et des données disponibles aujourd'hui. Le tableau ci-dessous présente ces méthodes d'évaluation :

ÉTUDE DE CAS			
	CasCioMar	Parc des Aygalades	Restauration des salins de Camargue
ENJEU VISÉ	Diminution des stocks halieutiques	Inondations en ville et îlots de chaleur	Érosion et submersions marines
ÉVALUATION MENÉE	<p><b>Évaluation des retombées socioéconomiques</b> avec deux impacts principaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Impacts générés par les dépenses dans la mise en œuvre du projet.</li> <li>→ Retombées pour le secteur de la pêche côtière.</li> </ul>	<p><b>Évaluation des retombées socioéconomiques</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Retombées des dépenses d'investissement.</li> <li>→ Retombées des dépenses d'exploitation.</li> </ul> <p><b>Évaluation des services écosystémiques</b> : services d'approvisionnement, de régulation et de support, culturels.</p>	<p><b>Analyse coûts-bénéfices à travers l'approche par les services écosystémiques</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Comparaison des coûts de la réfection d'une digue et de la restauration des salins.</li> <li>→ Comparaison des bénéfices à travers une évaluation qualitative des services écosystémiques.</li> </ul>

## Des bénéfices d'une grande diversité : quels impacts des projets de SfN étudiés ?

### ÉTUDE DE CAS N°1 - CASCIOMAR, PROJET DE RESTAURATION DES PETITS FONDS CÔTIERS ET DE REPEUPLEMENT D'ESPÈCES HALIEUTIQUES

CasCioMar constitue une SfN dans le sens où ce projet fait appel à de l'ingénierie écologique pour restaurer les fonds côtiers et soutenir la filière de la pêche côtière sur le littoral de la métropole d'Aix-Marseille. Étant donné la jeunesse du projet et le manque de connaissances sur les impacts des habitats artificiels sur la biodiversité marine, l'approche par les services écosystémiques n'était pas pertinente à mobiliser pour l'évaluation de ce projet. **Une évaluation des retombées socioéconomiques de CasCioMar a alors été menée.** Deux grands types d'impacts ont été mesurés : les impacts générés par les dépenses dans la mise en œuvre du projet CasCioMar et les retombées économiques du projet pour le secteur de la pêche côtière.

Les **impacts générés par les dépenses dans la mise en œuvre du projet CasCioMar** intègrent les impacts directs (impacts économiques du projet sur la société Ecocean), les impacts indirects (les dépenses d'Ecocean sur l'ensemble de la chaîne des fournisseurs) et les impacts induits (expliqués par la consommation des salariés qui travaillent directement ou indirectement sur le projet). À partir de ces impacts, il a été possible d'évaluer les effets multiplicateurs de ces injections de flux monétaire dans l'économie locale.

Entre 2016 et 2020, CDC Biodiversité aura investi en moyenne 329 K€ par an pour la mise en œuvre du projet CasCioMar. La valeur ajoutée d'Ecocean issue de ce chiffre d'affaires est estimée à 134 K€ et Ecocean devrait employer 2,5 travailleurs en ETP dans le cadre ce projet. En intégrant les impacts indirects et induits, les



Relâché de poissons juvéniles dans la Baie de Marseille © Rémy Dubas

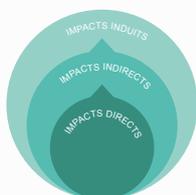
dépenses d'Ecocean sur le territoire des régions PACA-Occitanie devraient générer un chiffre d'affaires annuel de 753 K€, une valeur ajoutée de 332 K€ et 5,1 emplois.

À partir de ces résultats, les effets multiplicateurs ont pu être évalués. En moyenne, 1 M€ de chiffre d'affaires réalisé par Ecocean dans le cadre ce projet devrait générer dans les régions PACA-Occitanie un chiffre d'affaires de 2,3 M€ (dont 1,8 M€ pour les effets directs et indirects), une valeur ajoutée de 1 M€ (dont 0,7 M€ pour les effets directs et indirects) et 15,4 emplois (dont 12,1 pour

les effets directs et indirects). Ces effets multiplicateurs montrent que l'entreprise Ecocean présente un ancrage important sur son territoire, ceux-ci étant supérieurs aux multiplicateurs médians pour le chiffre d'affaires, la valeur ajoutée et l'emploi.

Les retombées socioéconomiques du projet CasCioMar ne se limitent pas aux dépenses réalisées pour la mise en œuvre du projet. Ce dernier vise en effet à accroître les stocks de ressource halieutique, ce qui devrait bénéficier directement au secteur de la pêche, à travers notamment le maintien d'activités

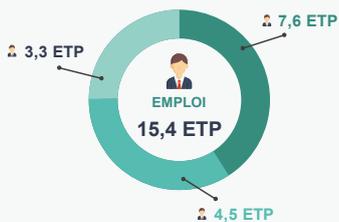
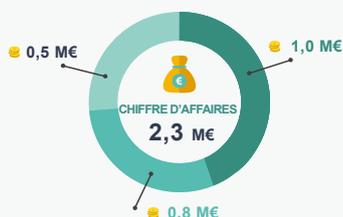
# REPEUPLEMENT D'ESPÈCES HALIEUTIQUES



POUR UN INVESTISSEMENT DE

1 M€

## IMPACTS DES DÉPENSES GÉNÉRÉS PAR LE PROJET EN MÉDITERRANÉE



## RETOMBÉES POUR LE SECTEUR DE LA PÊCHE LOCALE ET CÔTIÈRE



## ENSEMBLE DES RETOMBÉES DU PROJET EN MÉDITERRANÉE



## INVENTER QUELLES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES POUR LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ? ANALYSE DE TROIS ÉTUDES DE CAS EN MÉDITERRANÉE

↳ de pêche. Ainsi dans un second temps, **les retombées économiques du projet pour le secteur de la pêche côtière ont été mesurées.** Pour mesurer ces retombées, **les impacts catalyseurs** du projet ont été évalués. Ils représentent les impacts socioéconomiques générés dans les secteurs de l'économie bénéficiant de l'augmentation de la ressource halieutique, ici le secteur de la pêche, la chaîne des fournisseurs en amont et les salariés concernés.

En quatre ans, l'équipe d'Ecocean a relâché 4 790 poissons juvéniles, issus de 46 espèces différentes. Parmi ces espèces, 24 sont pêchées dans la région de Marseille. À partir des indices de populations et des cartes de distribution des espèces pêchables dans le Golfe du Lion, la population de chacune de ces espèces sur les 146 kilomètres de linéaire côtier concernés par le projet CasCioMar a été estimée. En rapportant le nombre de poissons relâchés à cette

population locale, la part que représente le repeuplement dans la population totale pour chaque espèce et donc la contribution du projet CasCioMar au soutien de l'activité de pêche locale a été mesurée : sur la base des hypothèses expliquées au-dessus, l'intervalle de [2% - 3%] a donc été choisi pour estimer la contribution du projet CasCioMar au maintien des activités de pêche.

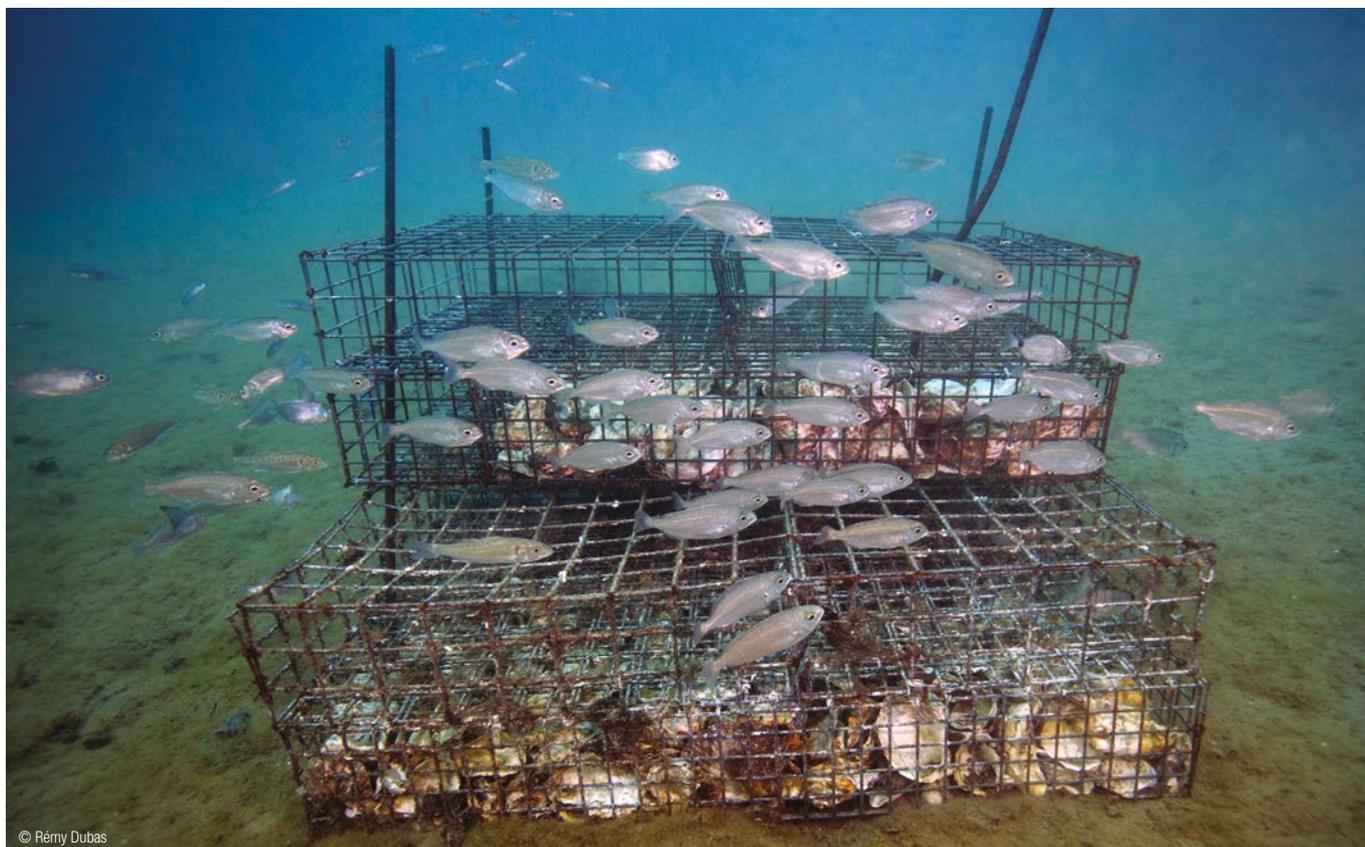
Notons que cette estimation ne tient pas compte du potentiel de reproduction des juvéniles relâchés en mer : le relâché de poissons, au-delà de l'augmentation du nombre d'individus, contribue activement à la dynamique de reproduction des espèces et donc au maintien de la population.

En combinant les hypothèses de maintien de la pêche liée à CasCioMar aux données économiques du secteur on parvient à estimer les impacts catalyseurs. Ils intègrent les impacts sur le secteur de la pêche, mais aussi les impacts en amont

de la pêche (chaîne des fournisseurs) et les impacts des salariés qui travaillent dans la chaîne de valeur.

Pour 1 M€ dépensés, ces impacts catalyseurs sont estimés entre 0,6 M€ et 0,9 M€ de chiffres d'affaires, entre 0,3 M€ et 0,5 M€ de valeur ajoutée et entre 4,5 et 6,8 emplois en équivalent temps plein.

Au total, en considérant les impacts directs, indirects et induits liés aux dépenses du projet CasCioMar et ses impacts catalyseurs sur le secteur de la pêche côtière, **on peut estimer qu'en moyenne, 1 M€ générés par Ecocean devraient induire annuellement sur l'économie PACA-Occitanie un chiffre d'affaires compris entre 2,9 M€ et 3,2 M€, une valeur ajoutée comprise entre 1,3 M€ et 1,5 M€ et entre 20 et 22,2 emplois.** Un tel projet mobilisant des techniques de génie écologique contribue donc fortement au développement économique régional. ■



© Rémy Dubas

## ÉTUDE DE CAS N°2 - PARC DES AYGALADES, PROJET DE ZONE HUMIDE URBAINE ET DE RÉINTRODUCTION DE LA BIODIVERSITÉ EN VILLE

Encore au stade de projet, ce parc constitue une SfN car il fait appel à des techniques d'ingénierie écologique et s'appuie sur des fonctions écologiques plutôt que sur des infrastructures grises pour répondre à des défis d'aménagement urbain (épuration des eaux à travers la création de bassins filtrants plutôt que construction de stations d'épuration par exemple). **Les impacts de ce projet ont été évalués du point de vue de ses retombées économiques mais également des services écosystémiques qu'il peut potentiellement fournir.** En effet, la restauration d'écosystèmes humides et la réintroduction de la biodiversité en ville sont des piliers majeurs du projet et sont susceptibles de produire de nombreux services pour les riverains du parc mais également pour l'ensemble de la ville de Marseille et ont donc été évalués ici.

### Évaluation des impacts socioéconomiques du projet

Les impacts du projet ont été mesurés à partir de deux types de dépenses :

- Les **dépenses d'investissement**, qui regroupent les dépenses pour les aménagements hydrauliques, les dépenses pour l'aménagement du parc et les dépenses de dépollution des eaux pluviales. Ainsi, en moyenne, **1 M€ de dépense d'investissement pour le parc des Aygaldes génèreront 1,75 M€ de chiffre d'affaires, 0,71 M€ de valeur ajoutée et la création de 10,9 ETP.** L'analyse des multiplicateurs mobilisés pour conduire cette évaluation montre de plus que **les dépenses en faveur des services d'aménagement paysager** génèrent davantage de retombées socioéconomiques que les autres dépenses d'aménagement ayant recours au génie civil et au secteur de la construction (cf. schéma

de synthèse). **Le secteur de l'ingénierie écologique est donc plus intéressant en termes d'impact local.**

- Les **dépenses d'exploitation du parc** (estimées de manière prospective) qui représentent les dépenses d'animation, d'entretien et de sécurité du parc. En moyenne, **1 M€ de dépense d'exploitation génèreront 1,88 M€ de chiffre d'affaires, 1,31 M€ de valeur ajoutée et 21,6 ETP.** Les effets multiplicateurs de ces dépenses sont importants et s'expliquent principalement par l'importance des impacts directs : les dépenses en faveur de la rémunération des salariés contribuent directement à la création de la valeur ajoutée et d'emplois. Ces salaires sont ensuite consommés par les travailleurs à l'achat des biens et services en partie fabriqués localement, ce qui génère des retombées socioéconomiques supplémentaires pour les régions PACA-Occitanie (impacts induits).

### Évaluation des services écosystémiques

Afin d'évaluer les **impacts futurs de ce projet en termes de services écosystémiques**, différentes méthodes d'évaluation ont été utilisées : méthode des prix de marché, méthode des préférences révélées (coûts évités, coûts de remplacement, prix hédonistes) ou encore méthode du transfert de bénéfices (utilisation de valeurs estimées sur d'autres sites aux caractéristiques similaires).

Les différents services potentiels rendus par les écosystèmes du projet de parc des Aygaldes sont classés et évalués en fonction de quatre catégories (MEA, 2005).

### 1. Les services d'approvisionnement

Il s'agit des services liés à l'usage direct de certaines ressources. Deux services ont été identifiés et estimés de manière prospective pour ce projet :

- **Fourniture en eau** : Durant les mois d'été, l'arrosage sera assuré par un prélèvement d'eau dans le ruisseau des Aygaldes qui traversera le parc. Ce système permettra de s'affranchir du réseau de distribution d'eau potable de la ville. La méthode des coûts évités permet d'estimer le service d'approvisionnement en eau par le ruisseau à **75,7 K€/an.**
- **Production alimentaire** : Les jardins partagés présents sur le site de l'extension pourront permettre de subvenir aux besoins alimentaires des locaux et s'inscriront dans une logique de circuits courts. La valeur de la production de fruits et légumes par les jardins potagers du parc est estimée à **14 K€/an.**

### 2. Les services de régulation

Ils correspondent aux bénéfices provenant des fonctions écologiques tels que la régulation du climat, la prévention des risques naturels, le cycle de l'eau.

- **Régulation du climat** : les écosystèmes du parc participeront à la régulation du climat local mais également global à hauteur de **743 K€/an** grâce aux économies d'énergie (climatisation) et à la réduction des émissions de GES associées ainsi qu'à la diminution de la surmortalité liée aux canicules et au stockage de CO<sub>2</sub>.
- **Qualité de l'eau** : Un traitement préalable de l'eau pour l'arrosage est nécessaire et sera effectué par phytoépuration. Ce système permet de ne pas faire appel au réseau d'assainissement collectif de la ville. **Les bénéfices sont estimés grâce à la méthode des coûts évités à 65 K€/an.**

↳ • *Soutien d'étiage* : les sols végétalisés du parc favoriseront l'absorption de l'eau tout au long de l'année, assurant la recharge des nappes phréatiques. Cela permet de diminuer les besoins pour l'arrosage du parc et participe ainsi à la fourniture en eau.

• *Prévention du risque d'inondation* : La géographie du parc ainsi que la présence de zones humides devraient permettre d'écouler les crues en son sein sans débordement, en particulier les crues centennales. **Le service de prévention du risque d'inondation à travers les dommages évités sur le bâti est évalué à 500 K€/an.**

### 3. Services de support

Il s'agit des services ne bénéficiant pas directement à l'Homme mais qui sont nécessaires à la production des autres services fournis par les écosystèmes, comme par exemple l'offre d'habitats, la production de biomasse ou encore le cycle des éléments nutritifs. Le principal service identifié pour le parc est celui de *support de biodiversité*. Le parc des Aygaldes,

avec sa végétation et ses zones humides, regroupe les conditions nécessaires pour fournir le service de support de biodiversité. Grâce aux valeurs par hectare estimées par De Groot et ses co-auteurs (2012), pour les différents écosystèmes fournissant ce service, **le service de support de biodiversité est estimé à 13,8 K€/an.**

### 4. Services culturels

Ceux-ci représentent les bienfaits non matériels tirés de l'existence des écosystèmes à travers les bénéfices récréatifs, esthétiques et liés à l'éducation notamment :

• *Aménités paysagères* : La présence d'un espace vert entraîne une augmentation du prix du foncier de 2,11% tous les cent mètres dans un rayon de 500 à 800m maximum (Tavin A. and Leseur A. 2016; Bouzou, N. and Marques, C. 2016; Bockarjova M. and Wouter Botzen W.J. 2017). La différence obtenue entre la taxe foncière collectée pour un logement bénéficiant de l'aménité paysagère et un autre n'en bénéficiant

pas, reflète la valeur de ce service. **Au total, l'aménité paysagère engendre des bénéfices moyens de 2M K€/an pour la collectivité territoriale.**

• *Santé et activités récréatives* : les différentes activités (vélo, marche, jogging, sports collectifs) permettant de respecter les recommandations de l'Anses en matière d'activité physique pourront être pratiquées dans le périmètre du parc (Saint-Maurice : Santé Publique France 2017). **En supposant que les dépenses associées à la pratique sportive sont proportionnelles au temps dédié et en admettant que la population demeurant à proximité du parc est trois fois plus active, ce service est estimé à 7M€/an.**

• *Impacts sociaux et sensibilisation* : La quantité d'espaces verts en ville augmente la qualité de vie (Chiesura, A. 2004) en réduisant les maladies, la mortalité et en augmentant l'espérance de vie. De plus, les jardins partagés prévus dans le projet représentent une opportunité pour sensibiliser la population à l'environnement et mener des actions éducatives. ■



Exemple de zone humide en ville : le Parc Clichy-Batignolles à Paris © Guilhem Vellut

# PARC DES AYGALES

## BENEFICE PRIVÉ

RETOMBÉES DES DÉPENSES GÉNÉRÉES PAR LE FUTUR PARC EN MÉDITERRANÉE  
(PAR AN POUR 1 M€ DÉPENSÉS)

### 1 POUR LES DÉPENSES D'INVESTISSEMENT



CHIFFRE D'AFFAIRES  
1,8 M€



VALEUR AJOUTÉE  
0,7 M€



EMPLOI  
10,9 ETP

DANS LES ACTIVITÉS  
D'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE



CHIFFRE  
D'AFFAIRES  
1,84 M€



EMPLOI  
14,6 ETP

DANS LES SECTEURS DU GÉNIE CIVIL  
& DE LA CONSTRUCTION



CHIFFRE  
D'AFFAIRES  
1,74 M€



EMPLOI  
10,1 ETP

### 2 POUR LES DÉPENSES D'EXPLOITATION



CHIFFRE D'AFFAIRES  
1,9 M€



VALEUR AJOUTÉE  
1,3 M€



EMPLOI  
21,6 ETP

## BENEFICE PUBLIC

SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES RENDUS PAR LE FUTUR PARC

#### APPROVISIONNEMENT



ECONOMIES EN EAU



JARDINS PARTAGÉS

#### CULTUREL



GAIN FISCAL  
SUPPLÉMENTAIRE  
(TAXE FONCIÈRE)



SANTÉ ET BIEN-ÊTRE

#### RÉGULATION & SUPPORT



CLIMAT



ECONOMIES  
D'ÉNERGIE



STOCKAGE  
DE CO<sub>2</sub>



RÉDUCTION  
DE GES



COÛTS  
D'ASSAINISSEMENT  
ÉVITÉS



DOMMAGES ÉVITÉS  
LORS D'INONDATIONS



SUPPORT DE  
BIODIVERSITÉ

#### AU TOTAL

POUR 1 M€ DÉPENSÉS DANS LE PROJET  
**6,2 M€ DE BENEFICES PUBLIC ET PRIVÉ**  
SONT ATTENDUS EN RETOUR

## ÉTUDE DE CAS N°3 - RESTAURATION DES ANCIENS SALINS DE CAMARGUE

Le littoral de Camargue est soumis à différents risques naturels (érosion et submersion marines notamment), accentués par le changement climatique. L'objectif de cette étude de cas est de comparer deux types de solutions permettant de lutter contre les conséquences de ces risques naturels sur une portion du littoral camarguais en analysant les coûts et les bénéfices générés par chacune. L'une s'appuie uniquement sur une infrastructure grise et consiste en la réfection d'une digue en front de mer permettant de limiter les phénomènes d'érosion et de submersion marine, tandis que l'autre fait appel à une SfN qui vise à renaturer des salins auparavant exploités afin qu'ils puissent jouer le rôle de zone tampon lors des épisodes de submersion et fournir un moyen d'adaptation naturel aux variations du trait de côte. Cette SfN est combinée à la consolidation d'une digue intérieure.

Les résultats de cette évaluation révèlent que les coûts associés à la restauration de la digue à la mer sont nettement supérieurs à ceux de la renaturation des salins et de la consolidation de la digue intérieure. En effet, les matériaux et travaux nécessaires à la réfection de la digue supposent des dépenses plus conséquentes que des travaux de reconnexion hydrologique ayant vocation à rendre son fonctionnement naturel à un écosystème. En outre, un écosystème naturel évoluant librement en fonction des contraintes auxquelles il est exposé, les coûts nécessaires à son entretien s'en trouvent réduits, contrairement à ceux d'un aménagement soumis à la houle qui doit être régulièrement entretenu et consolidé (Tour du Valat, 2018).

Même s'il n'est pas possible d'affirmer aujourd'hui que ces deux solutions sont d'efficacité similaire, le maintien du trait de

côte et des infrastructures de protection sur les secteurs en forte érosion représente quoi qu'il en soit des coûts très importants et n'est pas tenable sur le long terme. Tandis que les avantages apportés par la digue se limitent à la protection côtière, la restauration des anciens salins, en plus de prodiguer une protection face aux risques naturels présents sur le littoral camarguais à moindre coût, améliore la qualité des services écosystémiques rendus par le site (stockage de carbone, support de biodiversité, éducation à l'environnement, etc.).

Sur notre zone d'étude, la SfN est donc moins coûteuse à mettre en place et à maintenir, et apporte des bénéfices supplémentaires par rapport à la solution artificielle. L'infographie ci-dessous synthétise l'ensemble des coûts et bénéfices liées à chacune des deux solutions. ■



Salins du midi © Deuxtroy

# RESTAURATION DES ANCIENS SALINS DE CAMARGUE



## OPTION 1

### REFECTION DE LA DIGUE EN FRONT DE MER

#### COÛTS D'INVESTISSEMENT



#### COÛTS D'ENTRETIEN



#### BÉNÉFICES ASSOCIÉS



**PROTECTION** FACE  
À L'ÉROSION ET  
AUX INONDATIONS  
CÔTIÈRES



## OPTION 2

### RESTAURATION DES SALINS & ADAPTATION DE LA DIGUE INTÉRIEURE

#### COÛTS D'INVESTISSEMENT



#### COÛTS D'ENTRETIEN



#### BÉNÉFICES ASSOCIÉS



**PROTECTION** FACE À L'ÉROSION ET AUX INONDATIONS CÔTIÈRES

#### SERVICES CULTURELS



+ DÉVELOPPEMENT DE  
L'ÉCOTOURISME



+ DÉVELOPPEMENT DES  
ACTIVITÉS TRADITIONNELLES



+ SENSIBILISATION À  
L'ENVIRONNEMENT



+ CONTRIBUTION À LA  
RECHERCHE

#### SERVICES DE RÉGULATION



+ RÉGULATION DES  
NUTRIMENTS ET DU CYCLE  
DE L'EAU



+ RÉGULATION DU  
CLIMAT GLOBAL



+ SUPPORT DE BIODIVERSITÉ  
POUR LA FAUNE ET LA FLORE

# INTERNATIONAL

## RESCCUE, « RESTAURATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE »

**Raphael Billé**, Coordonnateur du projet RESCCUE, Communauté du Pacifique, raphaelb@spc.int

**Jean-Baptiste Marre**, Coordonnateur adjoint du projet RESCCUE, Communauté du Pacifique, jean-baptistem@spc.int

### Contexte : Changement climatique et implications pour les États et territoires insulaires océaniques

Les États et Territoires insulaires océaniques sont considérés comme parmi les plus vulnérables aux effets du changement climatique et de l'acidification de l'océan.

Les conséquences possibles sont nombreuses et alarmantes : disparition de certaines îles basses et submersion de littoraux habités, inondations, sécheresses, réfugiés climatiques, migration de certains stocks de thons, désoxygénation des océans, épisodes plus fréquents de blanchissement des coraux avec risque élevé de mortalité, *etc.* Une trajectoire d'environ +3°C correspondant aux contributions déterminées au niveau national dans le cadre de l'Accord de Paris serait catastrophique pour la région. Rappelons qu'à +1.5°C, le récent rapport spécial du GIEC prévoit déjà, avec un niveau de confiance élevé, la disparition de 70 à 90% des récifs coralliens à l'échelle mondiale. Les États et territoires insulaires océaniques n'ont pas d'autre choix que de s'y préparer.

S'ajoute à cela l'érosion globale de la biodiversité, aggravée par le changement climatique, et à laquelle la région du

Pacifique Sud n'échappe pas, ce qui constitue une menace supplémentaire pour le bien-être des populations et les activités socioéconomiques locales, dont beaucoup dépendent étroitement des services rendus par les écosystèmes.

La capacité des États et territoires insulaires océaniques à s'adapter et à accroître leur résilience face à ces changements est donc un enjeu majeur, aujourd'hui et pour les décennies à venir. Cependant, alors que les émissions de gaz à effet de serre mondiales continuent pour l'heure d'augmenter, la panoplie des mesures d'adaptation possibles se réduit, et celles-ci deviennent plus incertaines et plus coûteuses<sup>(1)</sup>.

Parmi les solutions possibles, celles fondées sur la nature (par ex. restauration écologique, mise en place d'aires protégées, *etc.*) font l'objet d'une attention toute particulière pour plusieurs raisons : d'une part leurs conditions de mises en œuvres (coûts, outils, efficacité, *etc.*) sont bien souvent connues et leur efficacité éprouvée, d'autre part elles présentent de nombreux co-bénéfices et sont « sans regret », c'est-à-dire utiles et bénéfiques quel que soit le scénario climatique considéré – même si encore une fois leur utilité et leurs bénéfices décroissent pour les scénarios d'émission élevés.

### Présentation du projet RESCCUE

C'est dans ce contexte qu'est intervenu le projet RESCCUE (Restauration des services écosystémiques et adaptation au changement climatique), coordonné par la Communauté du Pacifique, principale

(1) Gattuso, J.-P., Magnan, A., Billé, R., et al. 2015. Contrasting Futures for Ocean and Society from Different Anthropogenic CO2 Emissions Scenarios. *Science* 349(6243): aac4722.



organisation scientifique et technique de la région, œuvrant au développement durable de ses 22 États et Territoires insulaires membres.

RESCCUE, projet régional et opérationnel, visait à contribuer à accroître la résilience des États et territoires insulaires océaniques face aux changements globaux par la mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC). RESCCUE a opéré sur un à deux sites pilotes dans chacun des pays et territoires suivants : Fidji, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et Vanuatu.

RESCCUE a principalement été financé par l'Agence française de développement (AFD) et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), pour une durée de cinq ans (2014 - 2019). La Communauté du Pacifique a bénéficié d'un financement total de 8,5 millions d'euros, auxquels se sont ajoutés des cofinancements portant le budget total du projet à environ 13 millions d'Euros. La maîtrise d'ouvrage du projet a été assurée par la CPS, assistée par les gouvernements et administrations des pays et territoires concernés. Sa mise en œuvre s'est appuyée sur un vaste réseau de plus d'une centaine de partenaires et prestataires (ONG, bureaux d'études, centres de recherche, établissements publics, *etc.*).



Ferme de perliculture, Gambier, Polynésie française © Communauté du Pacifique

## Actions sur les sites pilotes et activités régionales

Sur l'ensemble des sites pilotes, le projet s'est attaché à réduire les pressions non climatiques pesant sur les écosystèmes de façon à accroître leur résilience et, par là même, celle des populations qui en dépendent. Plus particulièrement, le projet a permis de :

- Soutenir la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) et l'adaptation au changement climatique, *via* le développement participatif et la mise en œuvre de plans de GIZC à travers des actions concrètes sur le terrain, de manière à réduire la vulnérabilité des écosystèmes et populations. La majorité de ces actions s'inscrivaient dans le cadre des Solutions fondées sur la Nature ;
- Développer l'utilisation de l'analyse économique en soutien aux activités de gestion entreprises *via* la conduite d'évaluation des services écosystémiques et d'analyses coûts-bénéfices ou coût-efficacité selon une approche basée sur la demande ;
- Garantir la viabilité économique et financière des actions de GIZC mises en place *via* la mise en œuvre de mécanismes

économiques et financiers souvent innovants localement (par ex. paiements pour services environnementaux - PSE) ou la refonte de mécanismes existants (par ex. réforme de la fiscalité et renforcement de la séquence Éviter-Réduire-Compenser) ;

- Faciliter le partage des enseignements, la diffusion de l'information et la transposition de l'expérience acquise sur les sites pilotes.

**Aux Fidji**, RESCCUE a été mis en œuvre par l'Université du Pacifique Sud accompagnée de nombreux partenaires, et s'est focalisé sur deux provinces : Ra et Kadavu. Les activités se sont organisées en six grands volets menés en synergie : développement et mise en œuvre de plans de GIZC en accord avec le cadre national, restauration écologique et lutte contre l'érosion (plantation de mangroves, reforestation, réhabilitation de berges de rivières, *etc.*), gestion des déchets et des eaux usées, gestion des aires protégées marines et terrestres, changement des pratiques agricoles (agroforesterie, agriculture biologique) et mise en œuvre de mécanismes de financement innovants (avec notamment la mise en place d'un fonds de conservation associé à la création du plus grand parc marin de Fidji).

**En province Nord de Nouvelle-Calédonie**, le projet a été mis en œuvre par ONF International en association

avec différents partenaires. Concentrées principalement sur le périmètre de la commune de Touho au cœur de la Zone Côtière Nord Est, les activités se sont déclinées en trois grands volets :

- Connaissance des phénomènes d'érosion des sols, avec la mise en place d'un dispositif de suivi hydrologique, météorologique et de l'érosion.
- Lutte contre les espèces envahissantes, notamment le cerf rusa et le cochon sauvage, avec le renforcement des capacités d'une association locale de chasse en tribu, le test d'un mécanisme de loterie et de concours de chasse et le soutien à la valorisation commerciale de la viande de cerf sauvage.
- Restauration écologique des bassins versants, avec des opérations de reforestation, de sensibilisation aux feux et de tests de petits ouvrages de lutte contre l'érosion.

En lien avec ces actions de terrains, le projet a conduit **des analyses économiques** et mis en place des mécanismes de financement (notamment mécénat et contributions touristiques pour les associations locales de gestion des zones côtières du site classé au patrimoine mondial, redevance pour la gestion des pêches aux holothuries, vente de la viande de chasse).

**En province Sud de Nouvelle-Calédonie**, le projet a été mis en œuvre par Bio-Eko Consultants et ses partenaires. RESCCUE est venu en appui stratégique à l'autorité provinciale pour construire de nouveaux équilibres entre développement économique, équité sociale et préservation de la biodiversité dans le site pilote du Grand Sud. Aux côtés de la province et de l'ensemble des acteurs concernés, RESCCUE a contribué en pratique au renforcement du réseau d'aires protégées à l'horizon 2025 ; à la lutte contre les incendies avec le développement d'un plan de massif, la mise en place de citernes et l'équipement d'une brigade mobile ; au développement d'une stratégie de restauration écologique des zones dégradées par l'exploitation minière et les incendies ; à la production d'un plan

↳ de gestion intégrée de la zone Ramsar des lacs du Grand Sud, et d'un Schéma Directeur d'Aménagement du Territoire – premier du genre en Nouvelle-Calédonie. RESCCUE, grâce au travail de Vertigo Lab, a pu nourrir l'ensemble de ces activités par de multiples **analyses économiques** et l'identification de potentiels mécanismes de financement (par ex. PSE autour de la production d'hydroélectricité, modification du montant des redevances d'occupation du domaine public).

**En Polynésie française**, la mise en œuvre du projet a été confiée à l'Agence Française pour la Biodiversité et ses partenaires locaux. Les activités se sont focalisées sur les sites pilotes de Moorea et des Gambier, avec plusieurs volets complémentaires : mise en place d'une démarche de GIZC à 'Opunohu (Moorea) et Mangareva (Gambier) ; gestion des déchets ménagers aux Gambier ; appui à la révision du plan de gestion de l'espace maritime (PGEM) de Moorea ; accompagnement à la mise en place de pratiques agricoles et pericoles durables et identification de possibles mécanismes économiques et financiers ; organisation et gestion de la plaisance ; lutte contre l'érosion du trait de côte ; et lutte contre les espèces envahissantes, conservation de la biodiversité et restauration écologique.

**Au Vanuatu**, sur le site pilote de Nord Efate, RESCCUE a été mis en œuvre par WSP-Opus et ses partenaires locaux. Les activités se sont organisées en plusieurs grands volets menés en synergie : développement participatif d'un plan de GIZC en accord avec le cadre national ; gestion et protection des écosystèmes marins (avec notamment la production d'une boîte à outils pour le suivi communautaire des ressources marines) ; gestion et protection des écosystèmes terrestres (par ex. lutte contre les espèces envahissantes et restauration écologique) ; gestion des déchets ménagers ; construction d'un centre de ressources



Pépinière de plants de mangrove dans le village de Namara, province de Ra, Fidji © Communauté du Pacifique

communautaires ; et mise en place d'un fonds de conservation financé par des contributions du secteur touristique.

Au-delà de ses actions de terrain sur les sites pilotes, RESCCUE a également conduit des activités à l'échelle régionale, notamment dans les domaines du renforcement de la séquence Éviter-Réduire-Compenser et du verdissement de la fiscalité dans les pays et territoires du projet.

## Conclusion

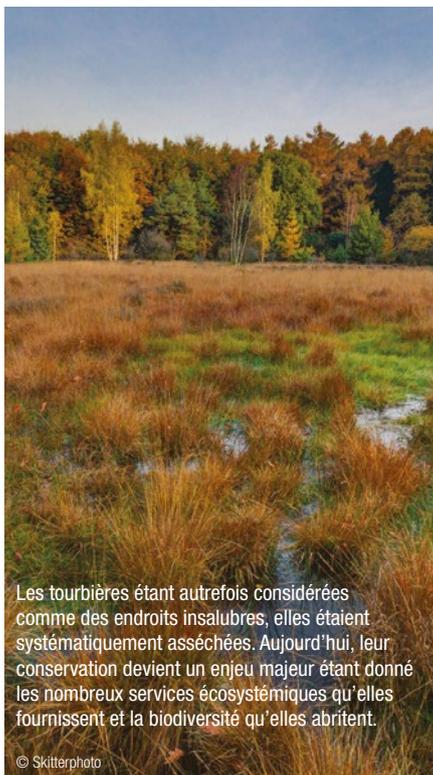
Au-delà de la création d'un capital (réalisation d'actions concrètes, connaissances, capital humain), RESCCUE a permis de générer des changements observables en termes de règles, de pratiques et d'état des écosystèmes en mobilisant différents instruments d'action publique (par ex. plans de GIZC, mécanismes économiques et financiers) au sein d'une approche stratégique qui s'est notamment déclinée sur trois sphères d'interventions complémentaires : la sphère du terrain *via* des actions opérationnelles et le renforcement d'une communauté d'action à l'échelle locale ; la sphère institutionnelle, envisagée comme gage de pérennité, à de multiples échelles

(provinciales, nationales, régionales et internationales) ; et enfin la sphère des acteurs économiques, *via* le renforcement des politiques publiques sectorielles et les régulations associées par l'intégration d'éléments techniques, économiques et financiers nouveaux.

Reste qu'une question demeure. Si les Solutions fondées sur la Nature, qui ont été au cœur de l'intervention du projet, représentent à juste titre une priorité d'action pour de nombreux acteurs au-delà du Pacifique, elles reposent sur l'hypothèse que les écosystèmes considérés pourront survivre, grâce à une meilleure gestion locale, au changement climatique au cours des prochaines décennies. Le cas des récifs coralliens, qui pourraient quasiment disparaître dans un monde à +1,5°C (prévu entre 2030 et 2052 si le réchauffement se poursuit au rythme actuel) est emblématique. Jusqu'à quand les Solutions fondées sur la Nature seront-elles efficaces ? Quel est leur domaine de validité ? Et, en corollaire : quelles sont les nouvelles conditions à réunir pour une réduction drastique et urgente des émissions de gaz à effet de serre, seule véritable solution au problème majeur que pose le changement climatique pour le Pacifique insulaire ? ■

# INITIATIVES

## TERRES D'EAU, TERRES D'AVENIR « FAIRE DE NOS ZONES HUMIDES DES TERRITOIRES PIONNIERS DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE »



Les tourbières étant autrefois considérées comme des endroits insalubres, elles étaient systématiquement asséchées. Aujourd'hui, leur conservation devient un enjeu majeur étant donné les nombreux services écosystémiques qu'elles fournissent et la biodiversité qu'elles abritent.

© Skitterphoto

Ce rapport, issu d'une mission parlementaire, a été remis en janvier 2019 au Premier Ministre et au Ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire.

Il précise que « *les Solutions fondées sur la Nature [...] restent trop souvent à l'état de slogan* », alors que « *la restauration des milieux humides stratégiques [...] pourrait montrer la voie dans ce domaine* », pour « *la mise en place de mesures concrètes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre* ».

L'objectif est d'encourager la sauvegarde et la restauration de ces milieux humides, dont les apports sont multiples : autoépuration de l'eau, accueil d'espèces diversifiées, aménité paysagère, production

alimentaire, potentiel touristique, etc. Au-delà de ces bénéfiques, les zones humides participent à la régulation du système climatique, à travers le stockage du carbone mais aussi l'atténuation des effets des inondations et des sécheresses (en tant que réservoir naturel).

Le rapport met en avant une série de recommandations d'ordre législatif et financier, mais aussi liées à la mise en responsabilité des territoires et au partage des connaissances sur les milieux. Sont enfin plébiscités les Paiements pour services écosystémiques (PSE) avec une recommandation visant à « *défendre la mise en place [...] des paiements pour services environnementaux (PSE), et les mettre en place en priorité dans les zones humides* ». ■

Plus d'informations : [www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr)

## NATURE4WATER, PLATEFORME EN FAVEUR DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE EN MILIEU AQUATIQUE

La plateforme Nature4Water, à l'initiative du Partenariat français pour l'eau (PFE) et des Alliances Mondiales pour l'Eau et le Climat (AMEC), cherche à créer un réseau international d'organisations engagées pour l'intégration des Solutions fondées sur la Nature dans les politiques publiques et la prise de décision.

La déclaration internationale « *Solutions fondées sur la Nature, gestion de l'eau et changement climatique* » lancée lors de la COP23 à Bonn sert de socle à Nature4Water.

L'objectif est de promouvoir ces solutions pour la lutte contre le changement climatique, l'aménagement du territoire, la réduction des risques et la gestion de la ressource en eau, tout en étant bénéfique pour la biodiversité et le bien-être humain.

La plateforme Internet possède ainsi un centre de ressources offrant des outils pour le déploiement soutenable des Solutions fondées sur la Nature. ■



Plus d'informations : <http://www.nature4water.com/>

# CONCLUSION

Si le concept de Solutions fondées sur la Nature nécessite encore d'être précisé et mieux appréhendé, il fédère déjà un grand nombre d'acteurs, aussi bien dans les secteurs publics que privés, ou la société civile. Multifonctionnelles, économiques, durables, dynamiques et « sans regret », les SfN offrent de nombreux avantages dont sont privées les solutions grises. Par ailleurs, leur capacité à créer ou rétablir certaines fonctions écologiques font d'elles des sources de services écosystémiques. Elles présentent ainsi un fort potentiel pour contribuer à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable.

Bien que les SfN soient capables d'améliorer la sécurité et la qualité de vie humaines tout en générant des résultats bénéfiques aux secteurs économiques, sociaux et environnementaux, leur développement se heurte à plusieurs obstacles :

- Le manque de connaissances et d'informations quantitatives dans le domaine des SfN n'incite pas les décideurs à opter pour ce type de solutions. En effet, les fonctions écologiques sont pour le moment moins bien comprises que celles rendues par les infrastructures grises et les avantages que celles-ci procurent sont plus difficilement mesurables ;
- L'incompatibilité entre la vision de long terme nécessaire pour implanter des SfN et la gouvernance politique actuelle ;
- Malgré le potentiel de marché du secteur du génie écologique, le manque de structuration de la filière et de son réseau d'acteurs compromet son développement ;
- L'absence d'un cadre réglementaire et juridique spécifique aux infrastructures vertes, ou plus largement à l'économie verte, n'offre pas le socle nécessaire à la diffusion des SfN et freine inévitablement les investissements en leur faveur.

Malgré ces différents obstacles, plusieurs instruments peuvent d'ores et déjà être mobilisés pour accélérer la mise en œuvre des SfN. Dans un premier temps, la quantification de leurs impacts

et des services qu'elles fournissent peut permettre de légitimer ce type de solutions auprès des décideurs et de plaider pour un investissement en leur faveur plus conséquent (cf. INVENTER). C'est cette quantification qui rationalisera et rendra possible la comparaison des SfN aux autres alternatives existantes. Par ailleurs, accompagner et former les acteurs impliqués dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme par le biais de la collaboration entre les scientifiques et les professionnels de terrain ainsi que la conception de nouveaux outils d'aide à la décision devrait permettre d'accélérer cette transition.

Les différentes méthodes d'évaluation économique présentées dans cet article ont permis de mesurer l'impact socioéconomique que les SfN pourraient générer sur le territoire de la Méditerranée. Leur mobilisation a révélé que ce type de solutions peut s'avérer plus avantageux d'un point de vue économique, particulièrement sur le long terme et qu'il est plus rentable pour le territoire d'investir dans les activités d'ingénierie écologique.

L'évaluation économique permet de quantifier et mettre en lumière les avantages économiques mais aussi sociaux et environnementaux offerts par les SfN. Son utilisation systématique apparaît donc primordiale pour légitimer et rendre possible le développement de ces dernières. En choisissant le bon outil d'évaluation, il est donc possible de démontrer l'intérêt de soutenir et développer les SfN.

Il est important de comprendre que les meilleures solutions pour s'adapter au changement climatique ne sont pas exclusivement vertes mais sont surtout celles combinées à d'autres mesures d'adaptation grises et douces<sup>(1)</sup>. La bonne solution sera la plus vertueuse, pas seulement d'un point de vue

économique mais aussi et surtout en termes environnemental et social. Le choix de cette solution s'appuiera sur une comparaison systématique, complète et transparente, et sa mise en œuvre sur des suivis et des ajustements réguliers. Une combinaison efficace de mesures d'adaptation pourrait alors contribuer à limiter les conséquences futures du changement climatique et à mieux s'y préparer.

Néanmoins, le potentiel des SfN risque d'être considérablement réduit si leur développement n'est pas couplé à une stratégie globale et cohérente d'adaptation au changement climatique et de protection de la biodiversité. La restauration d'écosystèmes dunaires visant à protéger le trait de côte ne fera par exemple aucun sens si le développement urbain n'est pas limité sur le littoral. Il convient alors de faire preuve de bon sens pour implanter des SfN intelligemment. En outre, la mise en place de SfN ne permet en aucun cas de s'affranchir d'une réflexion sur la réduction des impacts liés aux aménagements.

Pour s'adapter de manière efficace au changement climatique, une mutation profonde doit donc s'opérer dans la société. Il est nécessaire que la lutte contre le changement climatique s'intègre dans l'ensemble des politiques publiques en s'appuyant sur une perspective à long terme. C'est toute notre vision de la société qu'il convient de faire évoluer : la façon de nous alimenter, de nous déplacer, de produire notre énergie, de construire nos villes, de consommer et de percevoir notre environnement, etc. Ce changement implique inéluctablement de repenser notre rapport à la nature, d'arrêter de la considérer comme un simple fournisseur de services pour l'humanité. Les SfN peuvent contribuer à recréer ce lien entre l'Homme et la nature en réintroduisant celles-ci au cœur de nos lieux de vie et en mettant en avant notre dépendance aux habitats naturels. ■

(1) Les solutions dites « douces » visent à offrir des alternatives méthodologiques proposant des avantages en termes de réversibilité, d'intégration au paysage naturel et d'impact sur la biodiversité (ex : ouvrages en géotextiles, rechargement de plages, brise-vents, nettoyage raisonné, algues artificielles, etc).

## Références

- ADEUS, 2014. Les îlots de fraîcheur dans la ville (Les notes de l'ADEUS).
- AFP, 2018. Méditerranée : des inondations et maladies liées au réchauffement climatique selon une étude. Sci. Avenir.
- AGCA MPA, 2013. AGCA Marine Sanctuary MPA Management Plan (2013-2015).
- Agenda 2030, n.d. 17 objectifs de développement durable. Object. Dev. Durable.
- Albérola N., 2017. Environnement - Projet de restauration des récifs ostréicoles. Petit J.
- Alexandri E., Jones P., 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Build. Environ.* 43, 480–493.
- ANCORIM, 2017. Panorama des solutions douces de protection des côtes.
- APPA Nord-Pas-de-Calais, 2014. Végétation urbaine : les enjeux pour l'environnement et la santé (Dossier thématique).
- Arvalis, 2017. Connaître et contrôler le chardon des champs. Arvalis-Infosfr Inst. Végétal.
- Başoğlu D., Yöntem E., Yöntem S., Şenyurt B., Yılmaz Ö., 2018. Dynamic assessment of nature based solutions through urban level LCA. *Des. Sustain. Technol. Prod. Policies* 293–305.
- Becker N., Choresht Y., 2006. Economic aspect of marine protected areas (MPAs).
- Binet T., Diazabakana A., Hernandez S., 2015. Sustainable financing of Marine Protected Areas in the Mediterranean: a financial analysis. Vertigo Lab, MedPAN, RAC/SPA, WWF MedPO.
- BioLit Junior, 2017. Banquette de Posidonie. Fiche habitat.
- Bockarjova M., Wouter Botzen W.J., 2017. Review of economic valuation of nature based solutions in urban areas. Deliverable 1.3 Part III. Naturvation.
- Boughriet R., 2011. Génie écologique : un marché prometteur. *Actu-Environ.*
- Bouzou, N., Marques, C., 2016. Les espaces verts urbains : Lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique (ASTERES).
- Boya Busquet M., 2006. Des stratégies intégrées durables : savoir écologique traditionnel et gestion adaptative des espaces et des ressources. *Vertigo - Rev. Électronique En Sci. Environ., L'Afrique face au développement durable* 7.
- CDC Biodiversité, 2017. Programme Nature 2050 - Cadre d'intervention.
- CDC Biodiversité, 2016. Le contrat de performance biodiversité. Une solution nature au service d'un quartier durable.
- CDC Biodiversité, Eococéan, 2018. CasCio-Mar 2050. Premier projet de restauration écologique en vue de l'adaptation des milieux marins au changement climatique.
- CERTU, 2010. Mesure sans regret. *Gloss. Dev. Durable.*
- Charbonnel E., 2015. Récifs artificiels : les bénéfices pour la pêche. Dossier - Les récifs artificiels au secours des poissons. *Futura Planète.*
- Chiesura, A., 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landsc. Urban Plan.* 68, 129–138.
- Coastal erosion, 2016. . US Clim. Resil. Toolkit.
- Colas S., 2006. Un quart du littoral recule du fait de l'érosion. *Inst. Fr. Environ., Territoires.*
- Cossardeux J., 2018. La canicule met l'économie française sous tension. *Echos.*
- De Sousa M.R.C., Montalto F.A., Gurian P., 2016. Evaluating green infrastructure stormwater capture performance under extreme precipitation. *J. Extreme Events* 3.
- De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- Delannoy E., 2016. La biodiversité, une opportunité pour le développement économique et la création d'emplois. (Rapport réalisé à la demande de Mme la Ministre de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer).
- DeItares, n.d. Adaptation Support Tools (AST).
- Demesa C.B., Balagtas C.V., Mancao R.H., Gervacio F.P., 2013. Challenges and opportunities in adopting ecosystem-based adaptation in restoring fisheries and coastal resources: Partido, Camarines Sur. *Network of Sustainable Livelihoods Catalysts.*
- Diplomeo, 2018. Trouvez et intégrez votre formation. Génie civil.
- Djmal, 2015. Vanesse du chardon (vanessa cardui) - Papillon Belle-Dame. *FontainebleauBlog.*
- Dutoit T., 2012. Ingénierie écologique : "un nouveau marché se profile." *novethic.*
- EM-DAT, 2016. Database, EM-DAT. The International Disaster Database - extrait du 25/11/2016.
- Emmert D., 2018. New York, paradis à huîtres en reconstruction. *Sci. Avenir.*
- EUR-Lex, 2013. Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social Européen et au Comité des Régions. Infrastructure verte - Renforcer le capital naturel en Europe.
- European Commission, 2015. Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final report of the Horizon 2020 Expert Group on "Nature-based solutions and re-naturing cities."
- European Commission, EPBRS, 2014. In-depth report; e-consultation on nature-based solutions.
- Ferrario F., Beck M.W., Storlazzi C.D., Michellif, Shepard C.C., Airolidi L., 2014. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nat. Commun.*
- FNE, 2018. Les 5 atouts des zones humides face au dérèglement climatique.
- FRB, 2017. Les solutions fondées sur la nature : un terme émergent et son utilisation pour la programmation de la recherche. Journées d'information et d'échanges proposée par le GT biodiversité d'AllEnvi. Paris.
- FRB, 2016. Avis du Conseil scientifique de la FRB sur les « solutions fondées sur la nature ».
- Hériard Dubreuil G., Dewoghélaère J., 2014. Biodiversité et long terme : un défi pour la gouvernance. *Vraiment Durable* 1.
- Inamdar A., Merode E., 1999. Towards financial sustainability for protected areas. Learning from a business approach. The environment and development group. Oxford.
- IPCC, 2018. GLOBAL WARMING OF 1.5 °C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. WMO/UNEP.
- IRFEDD, 2012. Commission «Gestion et protection des ressources « Biodiversité et génie écologique » - Réunion du 21 novembre 2012 - Document de travail, Les cahiers du Conseil d'orientation.
- Jackson D.L., Jackson L., 2002. The Farm as Natural Habitat. Reconnecting Food Systems With Ecosystem, Island Press. ed. Washington, D.C.
- Jaeger A., 2018. La nature en ville : comment accélérer la dynamique ?, Les avis du CESE. CESE.
- Kahan J.M., Rouxel N., Deniaud Y., Tourment R., Poulain D., Ledoux P., 2015. Référentiel technique digues maritimes et fluviales. Groupe de Travail "Référentiel technique digues maritimes et fluviales." Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.
- Köhler M., 2012. Handbuch Bauwerksbegründung.
- Lafon C., 2014. L'érosion du littoral aquitain pour les nuls. *Sud Ouest.*
- Lambert Y., 2010. Bassin de rétention des eaux pluviales du parc Schulz.
- Lavaud M., Gatet A., Drobenko B., Gouguet J.-J., Rabache J.-J., n.d. Plans locaux d'urbanisme et environnement. Guide pratique pour l'intégration de l'environnement dans les documents d'urbanisme en Limousin. Sources et rivière du Limousin.
- Lemoine P., 2018. Inondations. Et si le réchauffement climatique était responsable ? *Ouest-Fr.*
- Liquete C., Udias A., Conte G., Grizetti B., Masi F., 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosyst. Serv.* 392–401.
- Mchvor A., Möller I., Spencer T., Spalding M., 2012. Reduction of wind and swell waves by mangroves (Natural Coastal Protection Series: Report 1. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 40). The Nature Conservancy and Wetlands International.
- MEA, 2005a. Ecosystems and human well-being. Synthesis, Island Press. Washington, DC.
- MEA, 2005b. Ecosystems and human well-being.
- Michaud H., Jacob C., Schvartz T., Sebastien T., Marsaleix P., 2016. L'atténuation des vagues par les herbiers de Posidonie, un service écosystémique contre l'érosion côtière.
- MTE5, 2016. Changement climatique : causes, effets et causes. Ministère Transit. Economie Solidaire.
- Naturvation, 2017. Review of economic valuation of Nature-based solutions in urban areas. Briefing note.
- Nesshöver C., Assmuth T., Ivrine K.N., Rusch G.M., Waylen K.A., Delbaere B., Haase D., Jones-Walters L., Keune H., Kovacs E., Krauze K., Kùlvik M., Rey F., van Dijk J., Inge Vistad O., Wilkinson M.E., Wittmer H., 2017. The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. *Sci. Total Environ.* 1215–1227.
- Océan et climat, 2016. Les interactions entre l'océan et le climat. Fiches d'information, Tome 2.
- Orgeur A., 2016. Une plante à fleurs marine : la posidonie. *Animat.-Naturecom.*
- Peper P.J., McPherson E.G., Simpson J.R., Gardner S.L., Vargas K.E., Xiao Q., 2007. New York City, New York, Municipal forest resource analysis. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station.
- Pervaiz Baig S., Raza Rizvi A., Josella Pangliinan M., Palanca-Tan R., 2015. Coûts et avantages de l'adaptation fondée sur les écosystèmes : Le cas des Philippines. UICN.
- PNUe-DHI/UICN/TNC, 2014. Green infrastructure guide for water management: ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects.
- Rankovic A., Chan S., Laurans Y., 2017. Mise en oeuvre des solutions fondées sur la nature dans les politiques climat : enjeu pour la biodiversité. Premières leçons du Maroc et de la Tunisie. Iddri Paris Fr. 16 p.
- Reguero B.G., Beck M.W., Bresch D.N., Calil J., Meliane I., 2018. Comparing the cost effectiveness of nature-based and coastal adaptation: A case study from the Gulf Coast of the United States. *PLoS ONE* 13.
- Rizvi A.R., Baig S., Verdone M., 2015. L'adaptation fondée sur les écosystèmes : Arguments économiques pour promouvoir les solutions fondées sur la nature en réponse au changement climatique. UICN.
- Saint-Maurice : Santé Publique France, 2017. Synthèse pour les professionnels des recommandations de l'Anses de février 2016 sur l'activité physique et la sédentarité. Actualisation des repères du PNNS.
- Scharf B., Piitha U., Oberarztbacher S., 2012. Living walls: more than scenic beauties. IFLA Word Congress Cap Town.
- Sciences et Avenir, 2017. Inondations, canicules... les villes doivent se préparer "urgement" au changement climatique.
- Takano T., Nakamura K., Watanabe M., 2002. Urban residential environments and senior citizens longevity in megacity areas : the importance of walkable green spaces. *J. Epidemiol. Community Health* 56, 913–918.
- Tavin A., Leseur A., 2016. Végétaliser la ville. Pour quels bénéfices, avec quels financements, suivis et gouvernances des projets ? L'apport d'exemples européens et nord-américains. I4CE.
- Tour du Valat, 2018. La restauration des anciens salins de Camargue : une solution fondée sur la nature pour s'adapter à l'élévation du niveau marin [WWW Document]. Tour Valat. URL <https://tourduvalat.org/dossier-newsletter/la-restauration-des-anciens-salins-de-camargue-une-solution-fondee-sur-la-nature-pour-sadapter-a-lelevation-du-niveau-marini/>
- UICN, 2016. Motion 77 : Définition des Solutions fondées sur la Nature.
- UICN France, 2018. Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France. Paris, France.
- UN Water, 2018. Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018.
- UNRIC, 2018. Objectifs de développement durable (ODD). Sélection de ressources en ligne.
- WUR, n.d. Adaptation Support Tool - supporting stakeholders in climateproofing cities. Wageningen. Univ. Res.
- WWAP/ONU-Eau, 2018. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018 : Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. UNESCO, Paris.

Ce guide vise à démontrer que les Solutions fondées sur la Nature ne sont pas seulement vertueuses écologiquement (réhabilitation ou création de nouveaux milieux, capacité de résilience face aux changements, durabilité sur le long terme, etc.), mais qu'elles procurent aussi de réels avantages économiques sur le long terme (investissements dans l'économie locale, création d'emplois non délocalisables, fourniture accrue de services écosystémiques, réduction des coûts, valorisation du foncier, réduction des dépenses de santé, etc.).

Les Solutions fondées sur la Nature recèlent en effet d'un potentiel important pour la résilience des écosystèmes face au changement climatique, mais elles sont aussi en capacité de répondre aux objectifs de développement durable, aux besoins d'aménagement et aux enjeux du bien-être humain.

La publication met en lumière leur pertinence économique et discute les moyens d'accélérer leur mise en œuvre à une large échelle tant spatiale que temporelle. À travers notamment trois études de cas (restauration des petits fonds côtiers et repeuplement d'espèces halieutiques, projet de zone humide urbaine et de réintroduction de la biodiversité en ville et restauration d'anciens salins), l'objectif est de convaincre les décideurs et porteurs de projets des bénéfices économiques, sociaux et environnementaux des Solutions fondées sur la Nature, et de les inviter à innover et à s'engager dans ces solutions qui ne constituent pas des « alternatives » mais bien des solutions concrètes à des problématiques essentielles.