

The Transition Institute 1.5

L'ambition d'une véritable transition

NOTE D'ÉCLAIRAGE

#12 - février 2024

Neutralité carbone : quelle place pour les solutions fondées sur la nature ?

par MARTIN ISBLED

Ce travail a été réalisé suite au mini-projet proposé et encadré par Sandrine SELOSSE (CMA Mines Paris - PSL) dans le cadre de l'UE 14 Terre et Société du Cycle Ingénieur Civil de Mines Paris - PSL.

I. Introduction

À l'heure où l'humanité fait face à de multiples défis globaux tels que la lutte contre le changement climatique, la perte de biodiversité, la gestion des risques naturels, la santé, l'approvisionnement en eau ou encore la sécurité alimentaire ; la recherche et la mise en place de solutions fonctionnelles est plus que primordiale. Les solutions fondées sur la nature peuvent en partie répondre à ces enjeux globaux en s'appuyant sur les écosystèmes du monde entier. En effet, ces derniers peuvent contribuer à plusieurs titres : captation du carbone, revitalisation des sols, source de biodiversité ou encore barrières naturelles contre les intempéries. Pourtant, malgré la popularité croissante de ce type de solutions, une référence claire fait encore défaut, tout comme un cadre opérationnel largement accepté. Il demeure alors essentiel d'avoir un point de vue éclairé sur ce sujet. Ainsi, nous essaierons tout d'abord de faire émerger une définition actuelle des solutions fondées sur la nature et de préciser à quels intérêts et enjeux elles répondent. Puis, nous ferons un rapide tour d'horizon chiffré du développement des solutions fondées sur la nature dans le monde. Enfin, nous mettrons en avant certaines limites et controverses liées à ces solutions. Nous donnerons également des exemples concrets de solutions fondées sur la nature.

II. Les Solutions Fondées sur la Nature (SFN) : qu'est-ce que c'est ?

1. Une définition en construction

Les Solutions Fondées sur la Nature (SFN) (ou *Nature-Based Solutions (NBS)* en anglais) est une dénomination regroupant plusieurs types d'actions portant sur les écosystèmes et dont les objectifs sont multiples : le développement durable, la sauvegarde de la biodiversité, l'atténuation du changement climatique et enfin l'adaptation au changement climatique. Ces actions sont au nombre de trois : la restauration, la protection et la gestion durable des écosystèmes. En théorie, les écosystèmes visés sont multiples et variés qu'ils soient sur terre (forêts, tourbières, prairies), en mer ou bien à l'interface entre terre et mer (côtes, mangroves) ; en pratique, nous verrons que les SFN actuellement en place et en projet visent majoritairement les espaces forestiers. Ces actions peuvent comporter une

composante d'ingénierie¹ (UICN, 2016 ; Eggermont et al., 2015).

Le concept de SFN émerge en 2009 lors de la Conférence des Parties (COP) à Copenhague (COP15) sans toutefois être formalisé par une définition précise. L'objectif était alors de lier lutte contre la déforestation et lutte contre les émissions de gaz à effet de serre (GES) via le programme de l'ONU REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*). Dans le prolongement de cette mobilisation, l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) a inscrit le développement et la promotion de ce concept comme 3ème axe de son programme mondial en 2013. C'est en 2015 à Paris, lors de la COP21, que nous pouvons assister à la reconnaissance internationale des SFN dans l'atteinte des objectifs de développement durable et dans l'atténuation des effets des changements climatiques et des risques naturels dans le cadre de l'Accord de Paris. Le Congrès mondial de la nature en 2016 à Hawaï voit également l'aboutissement de la définition actuelle des SFN émise par l'UICN. Enfin, c'est lors de la COP26 en 2021 à Glasgow que sont reconnus mondialement et officiellement l'interdépendance des crises mondiales de la biodiversité et du climat et du rôle essentiel de la nature dans l'adaptation mais aussi l'atténuation du changement climatique, mettant alors les SFN sur le devant de la scène.

De nombreux organismes et scientifiques commencent ainsi à s'intéresser aux SFN et proposent des définitions qui convergent toutes vers les mêmes notions précédemment énoncées. Par exemple, pour l'UICN, « les Solutions fondées sur la Nature sont des actions qui s'appuient sur les écosystèmes pour relever les défis que posent les changements globaux à nos sociétés. [...] Des écosystèmes résilients, fonctionnels et diversifiés fournissent en effet de nombreux services écosystémiques pour nos sociétés tout en permettant de préserver et restaurer la biodiversité. [...] Les Solutions fondées sur la Nature se déclinent en trois types d'actions [...] : la préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique ; l'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines ; la restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes. » (UICN, site Web, 2023). Quant à la Commission européenne (CE), « There is growing recognition and awareness that nature can help provide viable solutions that use and deploy the properties of natural ecosystems and the services that they provide in a smart, 'engineered' way. These, nature-based, solutions

¹ UICN, « Les Solutions fondés sur la Nature », www.uicn.fr. Disponible sur : <https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>

provide sustainable, cost-effective, multi-purpose and flexible alternatives for various objectives. Working with nature, rather than against it, can further pave the way towards a more resource efficient, competitive and greener economy. It can also help to create new jobs and economic growth, through the manufacture and delivery of new products and services, which enhance the natural capital rather than deplete it. » (European Commission, 2020). On voit là une nuance propre à chaque institution dans ce qu'elles attendent des SFN : l'UICN met en avant la restauration de la nature et le bien-être de l'homme alors que la CE souligne les aspects positifs sur l'économie dans l'objectif de la transition écologique.

Cependant, ce relatif consensus autour de ce qu'est la notion de SFN et de ce qu'elles peuvent apporter ou non comme solutions aux défis majeurs de notre siècle est relativement nouveau et en cours d'élaboration. Nous verrons en effet dans la troisième section que les SFN sont relativement peu mentionnées dans les contributions déterminées au niveau national (CDN) (ou *National Determined Contributions (NDC)* en anglais) et des voix s'élèvent déjà et alertent quant aux controverses possibles liées aux SFN.

2. Quelques exemples de Solutions fondées sur la nature

a) Les tourbières

Une tourbière est une zone où la saturation et le peu de mobilité de l'eau empêchent les microorganismes de respirer et donc de dégager du carbone. C'est donc un puits de carbone important, la tourbe contenant a minima 20 % de carbone. On estime que l'ensemble des tourbières sur terre contient 30 % du carbone des sols alors qu'elles ne couvrent que 3 % de la surface terrestre (Tuffnell et al., 2020). Une détérioration due aux activités humaines comme le drainage de l'eau, les plantations ou l'exploitation de la tourbe, transforme le puits de carbone en véritable source d'émissions. On évalue l'émission atmosphérique d'un hectare de tourbière dégradée à 25 tCO₂ / an, ce qui conduit actuellement à des émissions globales liées aux tourbières dégradées de 2,7 millions de tonnes de carbone par an (ibid.). Bien sûr comme l'ensemble des zones humides, les tourbières jouent un rôle majeur dans le stockage et la préservation de la ressource en eau et également dans la protection de la biodiversité.

Le programme Life tourbières du Jura par exemple, initié en 2014² par le Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté, vise à restaurer 510 hectares, la France abritant 100 000 hectares de tourbières (ibid.), en rehaussant certaines nappes phréatiques (Griscom et al., 2017 ; Isbled et al. 2022).

b) Les mangroves

Les mangroves sont des écosystèmes qui se développent au bord de la mer dans les régions tropicales et subtropicales. Composées principalement de palétuviers, des arbres à longues racines, les mangroves forment une défense naturelle contre les risques littoraux et protègent l'intérieur des terres et ses populations des vents forts qui les accompagnent et de l'érosion des côtes. Les mangroves, avec les arbres et les microorganismes végétaux qui y vivent, sont de puissants puits de carbone avec un fort pouvoir de séquestration (environ trois fois plus efficace qu'une forêt tropicale à surface égale). Elles contribuent donc à limiter et réduire le réchauffement global. Par cette double spécificité, les mangroves participent ainsi tant à l'adaptation des populations face aux événements météorologiques extrêmes qu'à l'atténuation des gaz à effet de serre, faisant d'elles des alliées de choix dans la lutte contre le dérèglement climatique. De plus, les mangroves constituant aussi l'habitat d'un grand nombre d'espèces animales, leur préservation et leur restauration sont également primordiales pour maintenir ces écosystèmes ainsi que la biodiversité unique qui y règne. Les mangroves sont en outre la ressource économique d'un grand nombre de pêcheurs et la ressource alimentaire d'un grand nombre de populations vivant dans ces régions.

Les surfaces de mangroves, à l'échelle globale, ont régressé continuellement depuis de nombreuses décennies. Les outils d'aujourd'hui permettent dorénavant des analyses plus rigoureuses grâce aux nouvelles générations de satellites (Sentinel notamment) et ont d'ailleurs permis de relever qu'aucune partie du monde ne présente de mangroves totalement intactes. On estime la perte à 30 % de recouvrement sur les trois dernières décennies. La destruction de mangroves connaît des disparités régionales, partagée entre des facteurs d'origines anthropiques et naturelles. Entre 1996 et 2010, la cause la plus fréquente de perte de mangroves est leur conversion en bassins aquacoles ou en terres agricoles mais la perte de mangroves est également exacerbée par des processus naturels : l'érosion prend souvent le relais après qu'une activité anthropique ait impacté une

² Life tourbières du Jura : <http://www.life-tourbieres-jura.fr>

parcelle. En effet, les mangroves ne peuvent fonctionner qu'en tant qu'écosystème complet. Lorsqu'elles sont partiellement détruites, les palétuviers restants ont plus de mal à survivre face à la houle, auparavant amoindrie par le nombre d'arbres justement. De plus l'activité humaine tend à dérégler l'équilibre physico-chimique de la mangrove, en altérant son pH ou sa salinité par exemple.

De nombreux projets de restauration ont été démarrés mais les programmes mis en œuvre jusqu'ici ont montré des taux de survie des transplants généralement faibles pour plusieurs raisons : insertion ou réinsertion d'espèces inappropriées ou implantation dans des contextes hydrosédimentaires qui ont évolué et ne leur sont plus favorables par exemple. Dans ce cadre, par exemple, le projet ROOT vise à concevoir une méthode de restauration de zones de mangroves dégradées par la réhabilitation des conditions hydrosédimentaires favorables à la recolonisation spontanée et à la croissance des palétuviers (Cognat et al., 2020). En effet, si la destruction d'une partie d'une mangrove fragilise la partie restante, l'effet inverse ayant aussi lieu, l'essentiel de la manœuvre à réaliser est donc de placer la mangrove que l'on réhabilite dans un cercle vertueux en permettant un développement naturel de la mangrove, à moindre coût. Il est alors plus simple et moins coûteux de laisser la mangrove prospérer d'elle-même sur quelques bases solides que de replanter l'ensemble de la végétation et réimporter l'écosystème dans sa totalité. Pour ce faire, la démarche repose sur le déploiement de modules innovants biomimétiques des racines échasses et des pneumatophores afin de reproduire l'atténuation des vagues ainsi que la rétention et le dépôt sédimentaire caractéristique des environnements de mangroves (FAO, 2007 ; Isbled, 2022).

III. Intérêts et enjeux des SFN : à quoi servent-elles ?

Nous allons revenir dans cette section sur les quatre objectifs cités précédemment, à savoir le développement durable, l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, la biodiversité, et détailler les intérêts et enjeux liés à chacun.

a. Développement durable

Les trois piliers du développement durable, qu'il faut nécessairement concilier, sont les aspects économiques, sociaux et environnementaux. Ils doivent être

pris en compte par une SFN en ce sens où l'action sur un écosystème doit se faire aussi bien au bénéfice de l'écosystème dans sa dimension environnementale qu'au bénéfice des populations locales sur le plan socio-économique. Ces trois dimensions ne doivent pas être vues comme concurrentes, bien au contraire, car des écosystèmes résilients, fonctionnels et diversifiés fournissent de nombreux services écosystémiques pour nos sociétés tout en permettant de préserver et restaurer la biodiversité (UICN, 2016, European Commission, 2020 ; Eggermont et al., 2015). Cependant, nous verrons plus tard qu'un danger subsiste : celui de l'exploitation d'un écosystème au détriment de la situation socio-économique locale pour le compte d'acteurs extérieurs. Cette nouvelle forme d'exploitation est bannie du cadre des SFN (Qi, et al., 2021).

b. Adaptation au changement climatique

L'adaptation au changement climatique peut tirer parti des mêmes logiques que celles évoquées dans l'objectif de développement durable. Le changement climatique augmente l'intensité et la quantité des risques naturels, met à mal notre approvisionnement en eau ou encore notre sécurité alimentaire³. La protection et la gestion durable des écosystèmes permettront de renforcer ou de maintenir leur résilience et leur capacité d'adaptation face aux risques côtier, d'inondation, d'incendie ou de sécheresse et ainsi de réduire l'impact de ces catastrophes pour les sociétés humaines. Les SFN font parties des solutions adaptatives au changement climatique en tirant profit des services offerts par des écosystèmes sains (UICN, 2018).

c. Biodiversité

La biodiversité est particulièrement liée au changement climatique en ce sens où ce dernier induit une perte de biodiversité et en retour cette perte de biodiversité entraîne un aggravement du changement climatique via la destruction d'écosystèmes qui constituent des puits de carbone (UICN, 2018). C'est en partie cette double relation entre changement climatique et biodiversité qui fait que la biodiversité prend de plus en plus d'importance dans les préoccupations actuelles comme en témoignent la plus grande popularité et médiatisation des conférences

³ Commission européenne, « Conséquences du changement climatique », Site Web : https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_fr

dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, signée à Rio de Janeiro en 1992, dont la dernière en date est la COP15 à Montréal en 2022.

La sauvegarde de la biodiversité est une composante fondamentale des SFN et est au cœur de leurs actions. Comme mentionné précédemment les modes d'action sont au nombre de trois : la restauration des écosystèmes, la protection des écosystèmes et la gestion durable des écosystèmes. Il est évident que ces façons d'agir sont bénéfiques pour la biodiversité si elles sont correctement mises en place (UICN, 2016). La mise en pratique peut s'appuyer tout aussi bien sur des méthodes issues de l'ingénierie civile que celles du génie végétal et du génie animal (Rey, 2021).

A titre illustratif, le projet INNER-MINE met l'accent sur le contexte minier et le climat tropical de Nouvelle-Calédonie. Des sites de démonstration faisant appel au génie végétal (plantations, ensemencement et bouturage) et au génie animal (réintroduction de fourmis ou autres espèces ingénieurs de l'écosystème) ont été mis en place. Végétaux et animaux ainsi réintroduits doivent permettre de reconstituer des milieux vivants et fonctionnels, l'objectif consistant à restaurer les écosystèmes néo-calédoniens concernés tout en contrôlant l'érosion et la sédimentation de terrains en forte pente. La restauration écologique d'une mine de nickel en Nouvelle-Calédonie implique par exemple des ouvrages d'ingénierie écologique, avec une attention particulière au contexte ravinaire et aux contraintes torrentielles associées, à la durabilité des techniques retenues, à leur rapport coût-avantage et à leur caractère reproductible dans d'autres territoires. Les plantations permettent de lutter contre l'érosion des sols tout en restaurant une diversité végétale sur des terrains dénudés (ibid.).

d. Atténuation du changement climatique

Les SFN jouent un rôle dans l'atténuation du changement climatique qui consiste en la réduction des émissions nettes de GES d'origine anthropique. Cela concerne notamment le CO₂ dans l'objectif d'atteindre des émissions nettes de CO₂ égales à zéro, c'est ce qu'on appelle la neutralité carbone définie comme suit par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : « Situation dans laquelle les émissions anthropiques nettes de CO₂ sont compensées à l'échelle de la planète par les éliminations anthropiques de CO₂ au cours d'une période donnée. » (GIEC, 2018). L'atténuation du changement climatique grâce aux SFN est liée à

la capacité de captation et de stockage du carbone par les écosystèmes. Ainsi la préservation et la gestion durable des écosystèmes sont fondamentales non seulement pour protéger la biodiversité mais aussi pour maintenir des réservoirs naturels de carbone constitués depuis des milliers d'années et conserver leurs capacités de captation et de stockage du CO₂ émis dans l'atmosphère par les activités humaines.

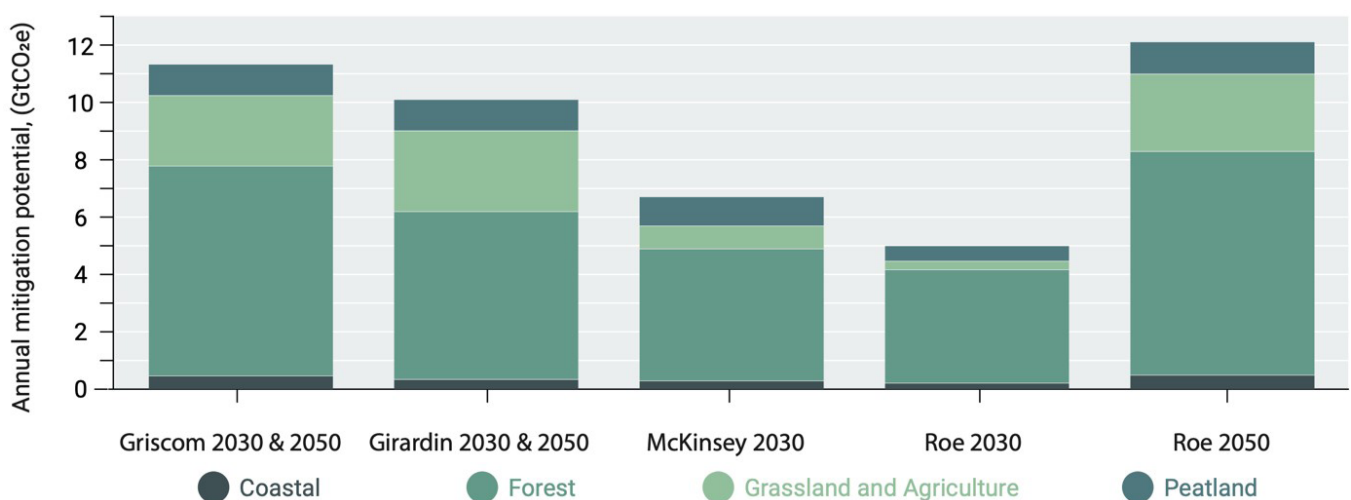
De par le rôle que peuvent jouer les SFN dans l'atténuation du changement climatique, elles ont été prises en compte progressivement dans les trajectoires de réduction des émissions de GES (notamment celles du GIEC). Ainsi, il est à noter que toutes les trajectoires qui maintiennent le réchauffement global de la Terre en dessous de 1,5 °C par rapport aux valeurs préindustrielles (objectif + 1,5 °C de l'Accord de Paris) incluent des mesures d'atténuation du changement climatique grâce au changement d'usage des sols, cela englobant des pratiques pouvant être qualifiées de SFN. L'usage des sols regroupe des activités allant de l'agriculture jusqu'à la gestion des forêts et représente actuellement 23 % des émissions nettes de GES globales notamment à cause de la déforestation, partiellement compensée par la reforestation ou l'afforestation. Un changement dans l'usage des sols pourrait potentiellement apporter 30 à 40 % de l'atténuation nécessaire d'ici 2030 dans l'objectif + 2 °C (UNEP and UICN, 2021). Ce potentiel d'atténuation peut même atteindre 50 % dans certains pays tropicaux via la gestion des forêts, en raison d'une part, de la croissance plus rapide des forêts dans les pays tropicaux, et d'autre part, de l'absence d'effet néfaste par la réduction de l'albédo contrairement à ce que l'on peut observer dans les régions boréales (Seddon et al., 2020).

Plusieurs études ont tenté de quantifier le potentiel d'atténuation du changement climatique des SFN. Toutes les études concluent alors que les actions menées dans les forêts présentent le potentiel total le plus élevé (Figure 1). Ainsi dans un objectif de neutralité carbone, les SFN permettraient d'apporter de manière rentable de 8 à 20 % de l'atténuation nécessaire en supposant que les émissions de GES se stabilisent rapidement (UNEP and UICN, 2021).

L'étude de Griscom et al. (2017), qui visait à quantifier le potentiel d'atténuation du changement climatique lié aux SFN repose sur une méthode particulièrement intéressante pour deux raisons. Premièrement, elle a incorporé un ensemble très large de SFN, 20 sont prises en compte et regroupées selon les écosystèmes visés (forêts, zones humides, prairies et terres agricoles). Deuxièmement, elle a modélisé plusieurs contraintes évitant d'effectuer des actions aux retombées

négatives (sécurité alimentaire, biodiversité, albédo, etc.). S'agissant de la sécurité alimentaire, peut survenir en effet un conflit d'usage des sols avec les SFN qu'il faudra bien prendre en compte étant donné que la demande alimentaire ne fait que croître actuellement. Le résultat que l'on peut observer dans la Figure 1, à savoir un potentiel d'atténuation de 11,3 GtCO_{2e} est celui de l'atténuation rentable dans l'objectif + 2 °C de l'Accord de Paris, c'est-à-dire que le coût d'abattement marginal de la SFN est inférieur au coût social évité lié au changement climatique si l'on respecte l'objectif + 2 °C de l'Accord de Paris qui est de 100 \$ / tCO_{2e}. Les auteurs se sont intéressés aux résultats pour les SFN « low-cost » avec un coût d'abattement marginal inférieur à 10 \$ / tCO_{2e}, valeur qui représente le prix du carbone actuel dans le monde ; ils obtiennent alors un potentiel de 4,1 GtCO_{2e}. Enfin, si toutes les SFN prises en compte sont mises en place, dans la limite des contraintes imposées, le potentiel s'élève à 23,8 GtCO_{2e}. Une autre étude, de Fuss et al. (2018), estime pour différentes SFN leur potentiel d'atténuation pour 2050. L'afforestation et la reforestation permettraient d'obtenir des émissions négatives entre 0,5 et 3,6 GtCO₂ / an. Le biochar qui est un produit de la pyrolyse de la biomasse utilisé comme fertilisant agricole capable de séquestrer du carbone pourrait émettre négativement de 0,5 à 2 GtCO₂ / an. Enfin la séquestration du carbone dans les sols capturerait jusqu'à 5 GtCO₂ / an. Le carbone bleu qui fait référence à l'atténuation du changement climatique par les écosystèmes océaniques côtiers, quant à lui, ne fait pas l'objet d'une estimation précise.

Figure 1 : Répartition du potentiel d'atténuation mondial entre les écosystèmes

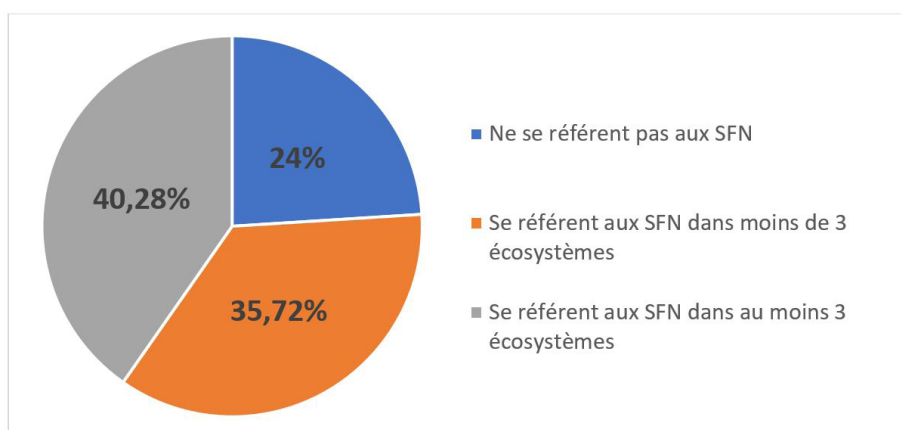


Source : (UNEP and UICN, 2021)

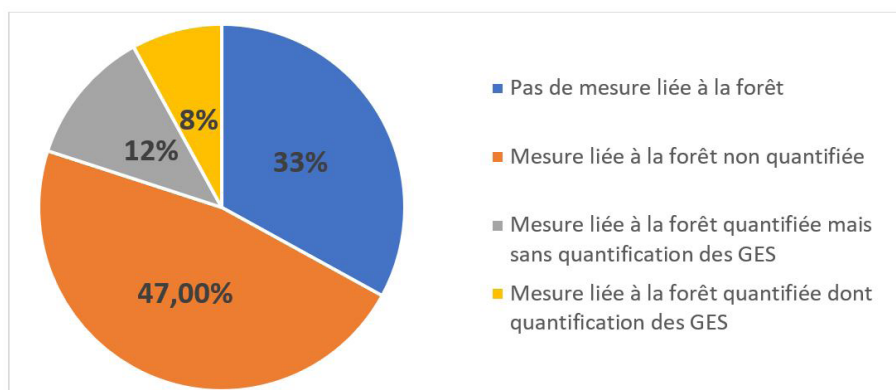
IV. Où apparaissent les SFN ?

On peut trouver 105 citations de ce qui peut s'apparenter à des SFN dans l'Accord de Paris (Gabbatiss et al., 2022). Nous verrons dans cette section, dans quelle mesure les SFN sont intégrées à des programmes d'actions et en particulier dans les CDN, en rappelant que ces derniers sont des plans nationaux non contraignants, ce qui signifie que les études qui suivent n'indiquent pas forcément ce qui est réellement mis en place par les États au niveau des SFN. Ainsi, nous avons pu rassembler des données d'origines diverses sur un large panel de CDN, comme la plateforme Nature-based Solutions Initiative de l'Université d'Oxford⁴ ou l'étude réalisée par (Seddon et al., 2019) sans oublier le rapport de l'UNEP et de l'UICN (2021) et leur étude sur les CDN entre 2019 et 2021, dont la figure 2 présente les différents résultats.

Figure 2 : Présence des SFN dans les CDN



a : CDN mentionnant l'adaptation. Sources : Plateforme Nature-based Solutions Initiative, (Seddon et al. 2019) et assemblage de l'auteur



b : CDN comprenant des SFN. Sources : (UNEP et UICN, 2021) et assemblage de l'auteur

4 Nature-based Solutions Initiative Platform. University of Oxford : Adaptation Actions, Disponible sur : <https://www.nbspolicyplatform.org/adaptation-planning/adaptation-action-types/>

Nous pouvons faire deux remarques à propos de ces études. Premièrement, les mesures d'adaptation face au changement climatique concernent pour la plupart les forêts ; viennent ensuite les prairies et les mesures liées à l'agriculture puis les côtes et enfin les zones humides. Deuxièmement, quand les SFN sont mentionnées, elles font rarement l'objet de mesures et d'objectifs chiffrés, en somme cela reste souvent qualitatif (Figure 2b).

Enfin, le Nature-based Solutions Initiative de l'université d'Oxford a également distribué les différentes actions dédiées à l'adaptation selon le degré de développement du pays (Figure 3).

Figure 3 : Adaptation actions vary across income groups



Source : Plateforme Nature-based Solutions Initiative : <https://www.nbspolicyplatform.org/adaptation-planning/adaptation-action-types/>

Au total, 76 % de l'ensemble des CDN comportant des éléments d'adaptation font référence à au moins une solution fondée sur la nature. Plus de la moitié d'entre elles (53 %) mentionnent les SFN dans le contexte d'au moins trois types d'écosystèmes différents. Nous retiendrons également que, même si des actions basées sur la nature concernent tous les niveaux de développement, ce sont dans les CDN de pays en développement qu'apparaissent le plus les mentions de mesures adaptatives et les mentions de SFN prises seules. De plus, les SFN sont privilégiées par rapport aux actions d'adaptation reposant sur des solutions techniques et d'ingénierie. Plus précisément, les SFN apparaissent plus régulièrement que ces dernières, tant dans

le cas général que dans toutes les catégories de revenus, à l'exception des pays à haut revenus pour lesquels les SFN et les solutions techniques sont mentionnées à parts égales (Nature-based Solutions Initiative).

V. Discussion : Incertitudes et controverses des SFN

a. Incertitudes

Le développement futur des SFN est soumis à deux principales limites quant à d'une part l'évaluation de leurs bénéfices et d'autre part, quant à l'effectivité de leur déploiement. La première limite est ainsi plus précisément celle de l'évaluation chiffrée des bénéfices que les SFN vont pouvoir apporter, même à des échelles de temps relativement courtes. Cette évaluation est difficile à réaliser pour deux raisons. La première est intrinsèque aux SFN : il est moins aisé d'évaluer l'efficacité d'un écosystème que celle d'une solution technologique dont les paramètres sont davantage connus. En effet, les interactions d'un écosystème avec d'autres écosystèmes et en son sein sont nombreuses et parfois pas entièrement comprises. La modification du climat implique des incertitudes sur la réponse future des écosystèmes à cette modification, même si nous savons tout de même que les différents puits de carbone naturels sont à risques à cause de la hausse des températures et de l'intensification des événements météorologiques extrêmes (Griscom et al., 2017). Enfin les variables intrinsèques à un écosystème sont très - trop ? - nombreuses impliquant que la modélisation des écosystèmes est plus difficile et par là-même l'évaluation des bénéfices potentiels plus incertaine. La seconde raison résulte de l'incertitude autour de ce qui va être réellement mis en place dans le futur comme SFN et qui est notamment liée aux coûts d'abattement (i. e. le coût pour éviter l'émission nette d'une tonne de $\text{CO}_{2\text{eq}}$) sachant que, comme évoqué précédemment, les études considèrent globalement qu'une mesure pourrait être déployée si son coût d'abattement reste inférieur à 100 USD / $\text{tCO}_{2\text{eq}}$. (UNEP and UICN, 2021). L'incertitude est alors double. Premièrement, il faut savoir évaluer le coût d'abattement de la SFN, chose peu aisée au regard de la difficulté de prévoir les bénéfices qu'elle peut apporter. Secondement, cette limite de faisabilité est elle-même soumise à des variations en fonction par exemple de l'acteur qui met en place la SFN, sans oublier qu'il est également difficile d'apprécier les bénéfices d'une SFN uniquement par son potentiel d'atténuation du changement climatique

dans la mesure où elle apporte davantage que cela. Il en résulte qu'il demeure difficile de dire aujourd'hui quantitativement ce que représenteront les SFN dans le futur, notamment dans la lutte contre le changement climatique.

La seconde limite est inhérente au caractère non contraignant des CDN. Nous avons vu que ce sont dans les CDN de pays en développement que les mesures adaptatives sont le plus présentes (Figure 3), or, bien souvent ces potentielles mesures adaptatives dans les pays en développement sont conditionnées à un financement international. Le financement du changement climatique des pays développés vers les pays en développement est organisé via le Fond vert pour le climat dont l'engagement est né durant la COP15 de Copenhague en 2009. Il a pour objectif de fournir 100 milliards de dollars par an aux pays les plus vulnérables face au changement climatique (Green Climate Fund, 2023). En 2020, il s'élevait à hauteur de 83,3 milliards de dollars (OCDE, 2020). Ainsi, l'engagement posé dans les CDN ne signifie pas que ces « promesses » d'action vont se concrétiser d'autant qu'elles ne sont pas contraignantes pour un pays. Cependant ce fond n'est pas entièrement dédié aux SFN, mais il incite au développement de nouveaux outils de financement des SFN (Green Climate Fund, 2023).

b. Controverses

Plusieurs controverses sont apparues depuis l'émergence de la notion de SFN. Ces positions critiques à l'égard des SFN trouvent des éléments de réponse dans les rapports de l'ONU qui tentent de positionner ce que doivent être réellement les SFN. En effet, il peut tout d'abord être reproché aux SFN d'être un outil d'instrumentalisation de la nature et d'être le témoin d'une vision trop anthropocentrique de celle-ci. Cette critique a notamment été portée par la Bolivie et son négociateur en chef Diego Pacheco lors de la COP26 à Glasgow en 2021. Il est reproché alors aux SFN de mettre la nature au service de l'homme alors que la nature possède une valeur intrinsèque et peut être considérée comme sacrée (Qi et al. 2021). On peut opposer à ce point de vue que les rapports de l'ONU prévoient comme garde-fous contre cette dérive le respect total de la nature comme condition *sine qua non* de la mise en place des SFN. De plus, nous pouvons rappeler qu'un des objectifs des SFN est la sauvegarde de la biodiversité, preuve du profond respect de la nature que se doivent de laisser transparaître les SFN (UNEP and UICN, 2021).

On peut également craindre que la mise en place des SFN par des acteurs privés conduise à une privatisation de la nature et à une exclusion des communautés locales aux niveaux décisionnel et socio-économique du projet d'implantation (Qi et al. 2021). Cette crainte ne pourrait être levée qu'en respectant scrupuleusement l'objet même des SFN qui doit répondre à une logique de développement durable et doit promouvoir le développement socio-économique des populations locales. Le projet doit alors être mené dans le respect du libre arbitre éclairé des communautés concernées qui rappelons-le se donne l'objectif d'être bénéfique localement (UNEP and UICN, 2021). Ainsi, malgré le cadre que cherchent à poser l'ONU et l'UICN notamment, ces deux craintes restent fondées et il faut rester particulièrement vigilant quant à la manière dont sont mises en place les SFN au vu de leur état d'avancement car le concept reste relativement récent. Les scientifiques doivent avoir du temps pour étudier les résultats écologiques et les conséquences socio-économiques produits par les SFN pour éviter de porter préjudice in fine à la nature.

Les SFN peuvent enfin apparaître comme des vecteurs puissants de greenwashing. En effet en mettant en avant la capacité d'atténuation du changement climatique des SFN, les entreprises privées se voient là offrir un outil de compensation carbone. Cela leur permettant de continuer de faire du *business as usual* tout en en arguant lutter contre le changement climatique en favorisant la mise en place de SFN (Qi et al. 2021). Ce phénomène est à craindre mais il ne faut pas être naïf sur ce que sont les SFN et sur le rôle que doivent tenir ces dernières dans la lutte contre le changement climatique. En effet, les rapports de l'ONU martèlent que la stratégie prioritaire et incontournable pour lutter contre le changement climatique reste la décarbonation de l'économie. Il faut ainsi encourager les entreprises s'engageant dans un processus de décarbonation et dénoncer les pratiques trompeuses de compensation carbone lorsqu'elles ne sont pas accompagnées d'une réelle stratégie de décarbonation (UNEP and UICN, 2021).

VI. Conclusion

Les SFN sont des actions basées sur les écosystèmes naturels dans le but de répondre à des enjeux actuels : développement durable, biodiversité, atténuation du changement climatique et adaptation face au changement climatique. Elles apparaissent progressivement dans les CDN, notamment ceux des pays en développement. Elles possèdent certes des limites et incertitudes et suscitent quelques controverses mais en les mettant en place de manière cohérente et avec

méthode elles peuvent apporter une réponse non négligeable aux enjeux actuels. Une limite plus générale que nous n'avons pas évoquée est celle de l'efficacité. Les SFN sont des réponses locales à des problèmes locaux (biodiversité et adaptation face au changement climatique) mais sont aussi une réponse au problème de l'atténuation du changement climatique qui lui est enjeu global. Il en résulte que, dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, la coopération internationale reste plus adaptée pour un problème global (même si elle reste pour le moment trop peu efficace) notamment en incitant la décarbonation de l'économie. Cela ne veut néanmoins pas dire que les SFN n'auront pas un rôle à jouer dans l'atténuation du changement climatique, et notamment en permettant aux entreprises difficilement décarbonables et nécessaires à notre société d'atteindre leurs objectifs de décarbonation via de la compensation qui ici serait justifiée.

VII. Références

Cognat Mathis, Dalle Julien, Gavaille Alice, Beudin Alexis, Waeles Benoit, Benoit Michel, Blanc Philippe. « Restauration de mangroves : développement d'une solution innovante et basée sur la nature (projet ROOT) ». XVIèmes Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Le Havre, Editions Paralia CFL, 2020, p. 599-608. DOI:<https://doi.org/10.5150/jngcgc.2020.067>

Eggermont H., Balian E., Azevedo J.-M., Beumer V., Brodin T., et al.. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 2015, 24 (4), p. 243-248. 10.14512/gaia.24.4.9 . hal-01245631.

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Nature-based solutions towards sustainable communities - Analysis of EU-funded projects, Publications Office of the European Union, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/877034>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, éditeur. The world's mangroves, 1980-2005: a thematic study in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007

Fuss Sabine et al 2018 Environ. Res. Lett. 13 063002. Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects. IOP Science. 22 mai 2018. Disponible sur : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabf9f/meta>.

Gabbatiss J., Tandon A., Zagoruichyk A.. Nature-based solutions: How can they work for climate, biodiversity and people? 11/07/2022. Disponible sur : <https://www.carbonbrief.org/nature-based-solutions-how-can-they-work-for-climate-biodiversity-and-people/?fbclid=IwAR3ex-dULho6wf3IBmmN5539-FnvxOtHWvC UJQbgjPOHPh6TjJJvWXtOJNon>

GIEC. Annexe I: Glossaire. 2018. Disponible sur : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_french.pdf

Green Climate Fund, « Making blended finance work for nature-based solutions », <https://www.greenclimate.fund>. Mars 2023. Disponible sur : <https://www.greenclimate.fund/sites/default/files/document/making-blended-finance-work-nature-based-solutions.pdf>

Griscom B. W., J. Adams, P. W. Ellis, R. A. Houghton, G. Lomax, D. A. Miteva, W. H. Schlesinger, D. Shoch, J. V. Siikamäki, P. Smith, P. Woodbury, C. Zganjar, A. Blackman, J. Campari, R. T. Conant, C. Delgado, P. Elias, T. Gopalakrishna, M. R. Hamsik, M. Herrero, J. Kiesecker, E. Landis, L. Laestadius, S. M. Leavitt, S. Minnemeyer, S. Polasky, P. Potapov, F. E. Putz, J. Sanderman, M. Silvius, E. Wollenberg, and J. Fargione. Natural climate solutions. PNAS. 16 octobre 2017. Disponible sur : <https://www.pnas.org/content/114/44/11645>

Isbled Martin, Robin Paul, Richard Yoan, Segui Ulysse, Thireau Raphaël, Neutralité carbone : quelle place pour les solutions fondées sur la nature ?, Mini-projet n°22, UE 14 Terre et Société, 2022. <https://www.robingirard.eu/ListeProjetsPrecedents.html> et projet n° 22: [0] <https://robingirard.github.io/MINES-UE14-miniprojet/Past/2022/Descriptifs/UE142022-S22-Sandrine1.html>

OCDE, « Déclaration du Secrétaire général de l'OCDE sur les tendances du financement climatique observées jusqu'en 2020 », <https://www.oecd.org/fr/>. 29 juillet 2022. Disponible sur : <https://www.oecd.org/fr/presse/declaration-du-secretaire-general-de-l-ocde-sur-les-tendances-du-financement-climatique-observees-jusqu-en-2020.htm>

Qi J., Terton A., Vaughan S. (IISD). Climate, Biodiversity, and People: How to get the debate on nature-based solutions right. 2 décembre 2021. Disponible sur : <https://www.iisd.org/articles/common-ground-nature>

Rey Freddy, « Solutions fondées sur la nature » : de quoi parle-t-on exactement ? ». 6 septembre 2021. Disponible sur : <https://www.lagazettedescommunes.com/762110/solutions-fondees-sur-la-nature-de-quoi-parle-t-on-exactement/>

Seddon N., Chausson A., Berry P., Girardin C., Smith A et Turner.. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. 27 janvier 2020. Disponible sur : <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120> ou <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2019.0120>

Seddon, N., Sengupta, S., García-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. (2019). Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.

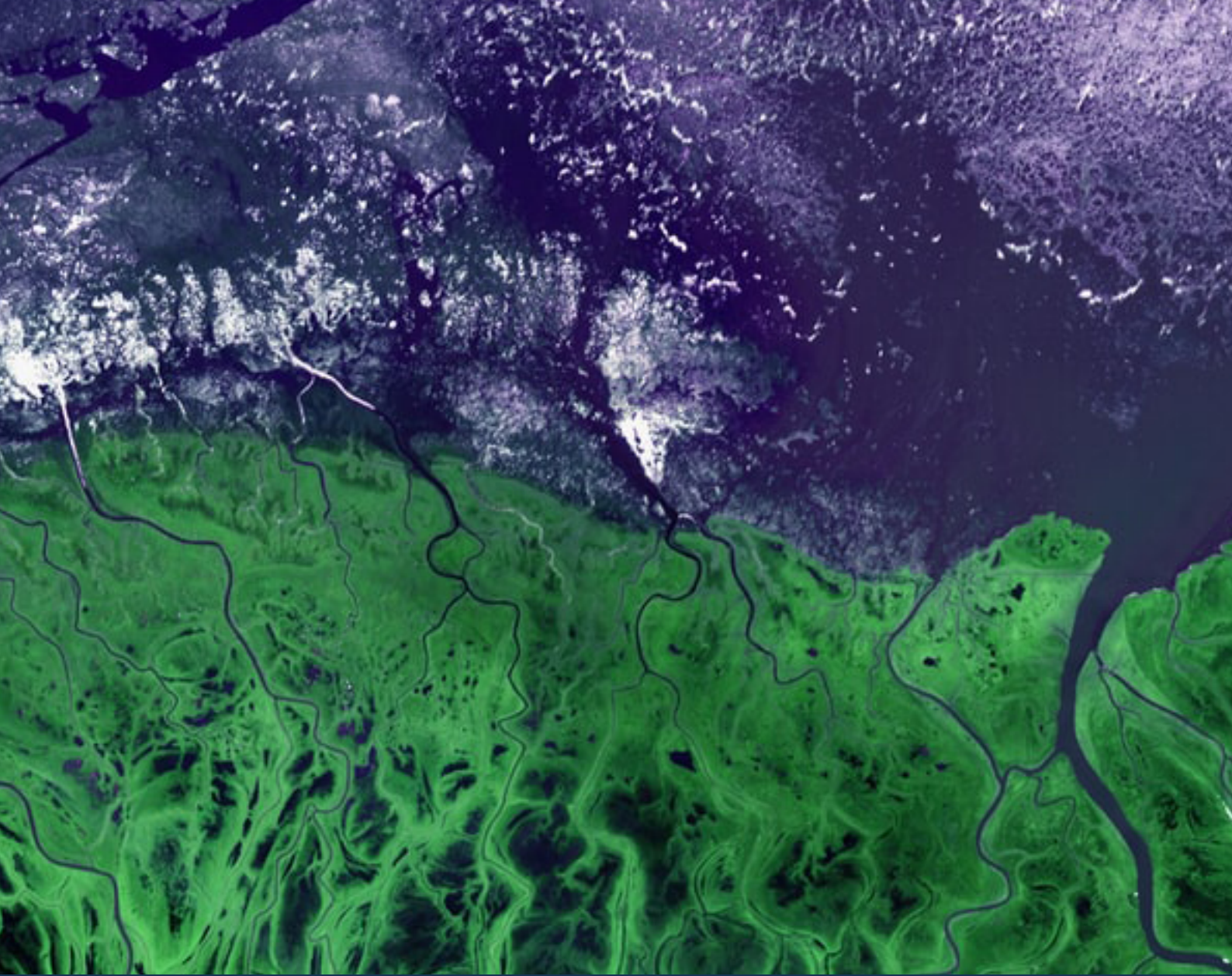
TUFFNELL F., ORPHELIN M., FORTEZA P., VILLANI C., BAGARRY D., CARIOU E., TACHÉ A., De COURSON Y., CHAPELIER A., CHICHE G., De TEMMERMAN J., GAILLOT A., JULIEN-LAFERRIÈRE H., NADOT H., THILLAYE S., WONNER M. PROPOSITION DE LOI relative aux solutions fondées sur la nature afin de protéger la ressource en eau. 25 août 2020. Disponible sur : https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b3291_proposition-loi#

IUCN, Rapport annuel, 2016, 52p.

IUCN, « Biodiversité et changement climatique », Actualités: Ecosystèmes – Espèces, 19 octobre 2018. Disponibles sur: <https://uicn.fr/biodiversite-et-changement-climatique/>

IUCN France (2018). Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France. Paris, France. Disponible sur : <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/06/brochure-sfn-mai2018-web-ok.pdf>

United Nations Environment Programme and International Union for Conservation of Nature (2021). Nature-based solutions for climate change mitigation. Nairobi and Gland. Report. 42p. Disponible sur : <http://www.unep.org/resources/report/nature-based-solutions-climate-change-mitigation>



CONTACT

 the-transition-institute.minesparis.psl.eu

 tti.5@minesparis.psl.eu