



HAL
open science

Suivi des projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)

Marylou Dufournet, Estelle Pichenot, Pierre-Antoine Versini, Luc Chretien, Aurore Clavel, Eric Le Mitouard, Maële L'hoir, Sarah Talandier-Lespinnasse, Flora Bourges, Mario Al Sayah, et al.

► To cite this version:

Marylou Dufournet, Estelle Pichenot, Pierre-Antoine Versini, Luc Chretien, Aurore Clavel, et al.. Suivi des projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN): Référentiel d'indicateurs fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN. Cerema - Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement; Ecole des Ponts Paris Tech, Paris-France. 2022. hal-04144897

HAL Id: hal-04144897

<https://enpc.hal.science/hal-04144897>

Submitted on 5 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Suivi des projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)

Référentiel d'indicateurs fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN



Le projet LIFE intégré ARTISAN a reçu un financement du programme LIFE de l'Union européenne et du Ministère de la Transition écologique.

RAPPORT D'ÉTUDE

Juin 2022

CDC BIODIVERSITÉ



Le **Cerema** (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) est un établissement public tourné vers l'appui aux politiques publiques, placé sous la double tutelle du ministère de la transition écologique et du ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales.

Les métiers du Cerema s'organisent autour de 6 grands domaines d'activité complémentaires visant à accompagner les acteurs territoriaux dans la réalisation de leurs projets.

6 domaines d'activité :

Expertise et ingénierie territoriale / Bâtiment / Mobilités / Infrastructures de transport / Environnement et risques / Mer et littoral

Site web : <https://www.cerema.fr/fr>

CDC Biodiversité est une filiale du Groupe Caisse des Dépôts entièrement dédiée à l'action en faveur de la biodiversité et sa gestion pérenne. CDC Biodiversité intervient pour le compte de maîtres d'ouvrage publics et privés déléguant le pilotage de leurs actions, volontaires ou réglementaires. Sa mission, d'intérêt général, est de rendre possible la conciliation d'activités économiques avec la préservation de la biodiversité en milieu terrestre et marin, indispensable à la vie humaine. Son métier : développer des solutions innovantes, fondées sur la nature, visant à restaurer et gérer de manière durable les espaces naturels.

Opérateur pionnier de la compensation écologique en France, CDC Biodiversité a diversifié son offre dans le champ de l'action volontaire. Le programme d'actions national Nature 2050 a notamment été lancé en 2016. Il vise à mobiliser des acteurs économiques pour faire émerger, co-financer et pérenniser jusqu'en 2050 des projets de mise en œuvre de solutions fondées sur la nature (SfN) portés par divers acteurs locaux.

L'**ENPC** est une grande école d'ingénieur française. Au-delà du génie civil et de l'aménagement du territoire, qui ont fait historiquement son prestige, l'École développe formations et recherche d'excellence liées aux enjeux de la transition énergétique.

Le laboratoire **HM&Co** (Hydrologie, météorologie et Complexité), référant ENPC au sein du projet LIFE intégré ARTISAN, développe des expertises en géophysique urbaine autour des notions de variabilité multi-échelle des systèmes complexes et de résilience.

Dans ce cadre, une part de ses activités de recherche est dédiée aux solutions fondées sur la nature (SfN). Ces travaux sont structurés autour de 3 piliers : (i) instrumentation, (ii) modélisation et (iii) prospection. L'ensemble a pour objectif l'évaluation des services écosystémiques de ces SfN à travers les échelles (gestion des eaux pluviales et rafraîchissement, mais aussi préservation de la biodiversité).



Le projet LIFE intégré ARTISAN est piloté par l'Office français de la biodiversité (OFB).

Suivi de projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)

Référentiel d'indicateurs fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN

Action D4 du projet LIFE intégré ARTISAN « Accroître la Résilience des Territoires au changement climatique par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature »

Commanditaire : Il n'y a pas de commanditaire. Le Cerema est un des 28 bénéficiaires associés du projet LIFE intégré ARTISAN. Il pilote différentes actions dont l'action D4 « Suivi et évaluation du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN ». Le référentiel d'indicateurs de suivi de projets de SafN constitue le premier livrable de cette action. Le second livrable sera le bilan du programme démonstrateur. Il s'appuiera sur les suivis réalisés par les 10 sites pilotes grâce au référentiel (action C2) ainsi que sur des études transversales (action C2b) et les évaluations ex-ante, intermédiaire et finale du LIFE (action D1).

Partenaire(s) : Ce référentiel d'indicateurs a été élaboré en collaboration avec l'ENPC et CDC Biodiversité.

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
Version 1	06/12/21	Version transmise à l'OFB et aux 10 sites pilotes
Version 2	24/06/22	Version transmise à l'OFB et aux 10 sites pilotes après réception de l'ensemble des retours (21/03/22)

Affaire suivie par

Marylou DUFURNET – Cerema Est Agence de Nancy – Groupe Eau Risques Aménagement

Tél. : +33(0)3 83 18 41 16

Courrier : marylou.dufournet@cerema.fr

Agence de Nancy : Cerema Est Agence de Nancy - 71, rue de la Grande Haie - F-54510 Tomblaine

Rapport	Nom	Service	Date
Établi par	Marylou DUFOURNET	Cerema/DTerEst/AN/ERA	24/06/22
	Estelle PICHENOT	Cerema/DTerEst/DTMI/BANV	23/06/22
Avec la participation de	Luc CHRETIEN	Cerema/DTerEst/DTMI/BANV	09/05/22
	Aurore CLAVEL	Cerema/DTerCentreEst/DTT/E	09/05/22
	Eric LE MITOUARD	Cerema/DTerOuest/DTT/IE	09/05/22
	Maëlenn L'HOIR	Cerema/DTerOuest/DTT/IE	09/05/22
	Sarah TALANDIER-LESPINASSE	Cerema/DtecTV/DADET/TE	09/05/22
	Flora BOURGES	CDC Biodiversité	09/05/22
	Mario AL-SAYAH	ENPC	15/11/21
	Pierre-Antoine VERSINI	ENPC	09/05/22
	Daniel SCHERTZER	ENPC	09/05/22
	Mélanie BAUDIN	CDC Biodiversité	15/11/21
	Suzanne RIHAL	CDC Biodiversité	09/05/22
Validé par	Cécile VO VAN	Cerema/DtecTV/DADET/TE	07/06/22
	Samuel DURANTE	Cerema/DtecTV/DADET/TE	07/06/22

Ce référentiel a également fait l'objet de relectures et compléments de la part de :

Wendy Arnould (Ville de Lille), Jérôme Binot (Syndicat de Gestion de l'Eygoutier), Julien Bouyer (Cerema), Antoine Concert (Communauté de Communes Cingal-Suisse Normande), Armel Dausse (Forum des Marais Atlantiques), Bertrand Ehly (Syndicat de Gestion de l'Eygoutier), Oriane Garcia (Forum des Marais Atlantiques), Héloïse Gautier (OFB), Géraldine Geoffroy (Cerema), Marie Gros (OFB), Raphaëlle Hemeryck (Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises), Yannis Labeau (Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique), Karine Lancement (Cerema), Mathilde Loury (OFB), Danielle Luxin (Communauté d'Agglomération du Centre Littoral de Guyane), Claire Magand (OFB), Hélène Michaud (OFB), Olivier Monnier (OFB), Natalia Rodriguez (OFB), Julian Pichenot (Cerema), Johana Sanabria (Métropole du Grand Lyon), Sébastien Tassin (Ville des Mureaux), Anne Vivier (OFB), Julien Voyé (AQUI'Brie).

Résumé de l'étude

Face aux enjeux d'adaptation au changement climatique, de préservation et de restauration de la biodiversité, les collectivités sont de plus en plus nombreuses à adopter sur leur territoire des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN) afin de gagner en résilience. Même si les SafN sont considérées comme des mesures « sans regret »¹, leur suivi reste une étape essentielle lors de leur mise en œuvre. Il permet notamment d'opérer des choix de gestion éclairés au quotidien pour atteindre les objectifs définis au préalable.

Le présent référentiel de suivi des projets de SafN a été élaboré dans le cadre de l'action D4 « Suivi et évaluation du programme démonstrateur » du projet LIFE intégré ARTISAN. Il s'appuie sur les projets de SafN des 10 sites pilotes qui sont au cœur du programme démonstrateur. Son objectif premier est de proposer un cadre méthodologique et une liste d'indicateurs pour suivre la mise en œuvre des projets de SafN de ces sites pilotes, d'accompagner leur amélioration continue et de mesurer l'avancement des objectifs en matière d'adaptation au changement climatique, de gain net en biodiversité, de co-bénéfices sociaux et économiques et de gouvernance. Toutefois, la portée de ce référentiel dépasse le cadre du programme démonstrateur à partir duquel il a été élaboré. En effet, cet ouvrage a vocation à servir de document cadre pour l'ensemble des porteurs de projets de SafN (p.ex. collectivités, entreprises).

Élaboré par le Cerema, CDC Biodiversité et l'ENPC, ce référentiel a été construit avec les 10 sites pilotes du programme démonstrateur, l'OFB ainsi que la contribution d'experts extérieurs au projet, lors d'ateliers participatifs. Ces échanges ont conduit à la formulation d'objectifs en lien avec les besoins spécifiques de chaque site pilote. Puis, une liste d'indicateurs de suivi a été proposée en cohérence avec les travaux fondateurs sur les SafN conduits au niveau international, européen et national afin que ce référentiel s'y inscrive pleinement.

Au total, ce référentiel compte 58 d'indicateurs définis dans une logique « objectifs – résultats » et explicités en autant de fiches synthétiques. Il peut s'agir d'indicateurs de description du contexte, de suivi des moyens, de suivi des réalisations, et de suivi des résultats des SafN. Les indicateurs proposés se veulent être une source d'inspiration pour tous les porteurs de projets de SafN dont les objectifs coïncident avec ceux des 10 sites pilotes du programme démonstrateur, à décliner selon leurs moyens humains, techniques et financiers respectifs.

Produit dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN, ce référentiel pourra être actualisé et enrichi à l'avenir grâce aux futurs retours d'expériences des 10 sites pilotes du programme démonstrateur, de tout porteur de projets de SafN et, plus largement, grâce à l'avancée des connaissances techniques et scientifiques sur les SafN que ce soit au niveau national, européen ou international.

Mots clés

Projet LIFE intégré ARTISAN	Adaptation au changement climatique
Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)	Préservation et restauration de la biodiversité
Programme Démonstrateur	Indicateurs de suivi de projets de SafN

1 Voir définition des mesures « sans regret » dans la partie **1.1 Un cadre en cohérence avec les objectifs des SafN** p.23

Abstract

Handbook of indicators for monitoring nature-based adaptation solutions (NbaS) projects

Tackling both climate change and biodiversity loss challenges, local authorities are increasingly prone to implement nature-based adaptation solutions (NbaS) to improve their resilience. Although NbaS are considered as "no-regret" actions, their monitoring is an essential step. In particular, it enables day-to-day management choices to reach defined objectives.

This handbook of indicators for monitoring NbaS projects has been elaborated in the context of action D4 "Monitoring and assessment of the demonstration programme" during the LIFE IP (Integrated-Project) ARTISAN. It is built on the NbaS projects of the 10 pilot sites that make up the demonstration programme. Its first objective is to propose a methodological framework and a list of indicators to monitor these NbaS projects, to support their ongoing improvement and to measure progress in terms of climate change adaptation, net biodiversity gain, social and economic co-benefits, and governance. However, the scope of this handbook goes beyond the framework of the demonstration programme. It can also be applied as a framework document for all NbaS project leaders (e.g. local authorities, companies).

Elaborated by the Cerema, CDC Biodiversité and the ENPC, this handbook was built with the 10 pilot sites of the demonstration programme, the French Biodiversity Office (OFB) as well as external experts through participatory workshops. Exchanges led to the identification of specific objectives for answering each pilot site challenges. Then, a list of monitoring indicators was proposed considering the reference works and guidelines on NbaS published at the international, European and national levels. Thus, this handbook is fully in line with existing frameworks.

Finally, a total of 58 indicators are described with an "objectives-results" approach and formalised through "indicator sheets". These indicators describe the NbaS project context, monitor resources allocated to the NbaS project, monitor its implementation and monitor its results. They are intended to provide inspiration for all NbaS project leaders whose objectives are similar to those of the 10 pilot sites of the demonstration programme. Indicators should be adapted according to human, technical and financial resources of each project leader.

Produced during the LIFE IP ARTISAN, this handbook can be updated and enriched in the future through feedback from the 10 pilot sites of the demonstration programme as well as all NbaS project leaders and more broadly through the development of technical and scientific knowledges on NbaS.

Keywords

LIFE integrated project ARTISAN	Adaptation to climate change
Nature-based adaptation Solutions (NbaS)	Biodiversity preservation and restoration
Demonstration programme	NbaS project monitoring indicators

Comment citer ce document ?

Cerema, CDC Biodiversité et ENPC, coordination, 2022. Suivi de projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN). Référentiel d'indicateurs fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN. Livrable de l'Action D4 « Suivi et évaluation du programme démonstrateur ». Projet LIFE intégré ARTISAN « Accroître la Résilience des Territoires au changement climatique par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature » (2020-2027), piloté par l'Office français de la biodiversité (OFB). 296p.

Statut de communication de l'étude

Accès libre : document accessible au public sur internet

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/>

Elle est tout naturellement disponible sur la page dédiée au projet LIFE intégré ARTISAN sur le site internet de l'OFB : <https://www.ofb.gouv.fr/le-projet-life-integre-artisan>

Elle pourra également être librement publiée sur les plateformes documentaires des bénéficiaires associés de l'action (ENPC, CDC Biodiversité) et l'ensemble des bénéficiaires du projet LIFE intégré ARTISAN, notamment les 10 sites pilotes.

Elle pourra aussi être valorisée sur d'autres centre de ressources comme le [Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique](#), le centre de ressources [Nature en ville](#) et la plateforme [Expertises et Territoires](#)

Le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité du Cerema, de CDC Biodiversité, de l'ENPC, et ne reflète pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne.

PRÉAMBULE : CONTEXTE ET OBJET DE CE RÉFÉRENTIEL D'INDICATEURS

L'Office français de la biodiversité (OFB)

L'Office français de la biodiversité (OFB), établissement public du ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires (MTE), créé au 1er janvier 2020 par la loi la loi n° 2019-773 du 24 juillet 2019, a pour mission l'appui aux politiques publiques en matière de connaissance (p.ex. données et recherche), de préservation et de restauration de la biodiversité, de contrôle et de prévention (p.ex. police de l'environnement), d'accompagnement (soutien financier, formation, centre de ressources), de sensibilisation et de mobilisation des différents acteurs (professionnels et grand public). Il rassemble en son sein plus de 2 700 agents dans l'hexagone et en Outre-mer.

Par son action, l'OFB contribue aux objectifs et aux orientations de reconquête de la biodiversité fixés par l'État et encadrés par des textes juridiques et en particulier par la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages. L'OFB contribue au niveau national et régional à l'élaboration, à la mise en œuvre et au suivi de plans d'actions et de stratégies de gestion de la biodiversité, en particulier de la Stratégie nationale pour la biodiversité (SNB) et du Plan biodiversité.

L'OFB a été missionné pour mobiliser les acteurs non étatiques afin de réduire les pressions qu'ils exercent sur la biodiversité et de multiplier les contributions positives. C'est dans ce mouvement que s'inscrit le projet Life intégré ARTISAN, qui a la particularité de rassembler deux thématiques habituellement traitées en silo : l'adaptation au changement climatique et la protection de la biodiversité.

Le projet LIFE intégré ARTISAN (2020-2027)

Le présent référentiel a été élaboré dans le cadre de l'action D4 « Suivi et évaluation du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN » (livrable de phase 1) du projet **LIFE intégré ARTISAN : Accroître la Résilience des Territoires au changement climatique par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)**. Ce projet est financé par le Programme LIFE de l'Union européenne, le ministère de la Transition écologique (**MTE**) et le ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales (**MCT**) et piloté par l'Office français de la biodiversité (**OFB**).

Ce projet participe à la mise en œuvre du deuxième **Plan national d'adaptation au changement climatique** (PNACC-2) et du **Plan biodiversité** de la France. Doté d'un budget total de 16,7 millions d'euros sur une durée de 8 ans (2020-2027), il s'appuie sur 28 bénéficiaires associés, dont l'OFB. L'originalité du projet LIFE intégré ARTISAN est de placer les Solutions fondées sur la Nature (SfN) au centre de ses actions pour répondre aux enjeux de l'adaptation au changement climatique des territoires français. L'ensemble des bénéficiaires associés du projet et partenaires qui nous soutiennent (Commission européenne, MTE, MCT, etc.) sont convaincus de l'intérêt d'utiliser ce concept et ses actions associées qui permettent selon eux :

- De décloisonner les enjeux liés à la biodiversité et au changement climatique,
- De mobiliser de nouveaux acteurs traditionnellement pas ou peu présents dans les secteurs d'activités liés au climat et à la biodiversité,
- De mobiliser des financements traditionnellement alloués aux solutions dites « grises »,
- De travailler dans un cadre méthodologique détaillé (cf. **Standard mondial de l'UICN sur les SfN**).

C'est pourquoi le projet LIFE intégré ARTISAN a pour objectif de favoriser la mise en œuvre de ces SafN sur l'ensemble du territoire. Pour cela, il s'appuie sur plusieurs dispositifs mis en œuvre au travers de plus de 100 actions (cf. **Tableau 1 p.8**) aux échelles locale, régionale, nationale et européenne :

- Le Programme Démonstrateur qui regroupe **10 sites pilotes** au niveau local,
- L'animation de **14 réseaux régionaux**,
- L'animation du réseau national ARTISAN,
- La création et mise à disposition de ressources (rapports, webinaires, etc.),
- L'analyse des freins et la mise en place des leviers pour la démultiplication des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN) sur le territoire français (accompagnement de certaines filières et acteurs économiques dans leur démarche d'adaptation, mobilisation des financements, formations, etc.).



Mais qu'est-ce qu'une Solution d'adaptation fondée sur la Nature (SafN) ?

Les SafN sont des actions qui visent à favoriser la conservation de la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques ciblés sur les impacts du changement climatique permettant à nos sociétés d'être plus résilientes face à ces enjeux. Plus précisément, les SafN correspondent aux « actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement [le défi de l'adaptation au changement climatique] de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité² ». Cette notion de SafN renvoie à la réalisation d'une ou plusieurs actions concrètes de restauration, de gestion ou de protection des milieux dans le cadre d'une approche écosystémique globale. Une telle approche se doit d'englober les enjeux écologiques, sociétaux, politiques, économiques et culturels et ce à toutes les échelles, de l'individu au collectif, du local au national, de la sphère publique ou privée.

2 Site du Comité français l'UICN : <https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>
Suivi des projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)
Référentiel d'indicateurs fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN

Tableau 1 : Liste des actions et bénéficiaires associés du projet LIFE intégré ARTISAN (2020-2027).

N° action	N° sous-action	Intitulé de l'action	Bénéficiaires associés (BAs)	
			impliqués (dont pilote, en gras)	Domaine d'action
A1		Etat des lieux des freins et leviers à la mise en œuvre de SafN	OFB, Cerema, ENPC	Freins et Leviers
A2		Etat des lieux des besoins de connaissance pour la généralisation des SafN	OFB, ENPC	Freins et Leviers
A3		Etat des lieux de l'intégration croisée des enjeux climat et biodiversité dans la planification territoriale	ONERC, Ademe, OFB, ONERC, Cerema	Freins et Leviers
A4		Etat des lieux de l'intégration croisée des enjeux climat et biodiversité dans les politiques publiques nationales	ONERC, OFB	Freins et Leviers
A5		Conception de la stratégie de communication et de diffusion du projet	OFB	Communication
C1		Animation et valorisation du programme démonstrateur	OFB, CDC-B, Ademe, Cerema	Programme démonstrateur
C2	Mise en œuvre de 10 sites pilotes de SafN			
	C2.1	Faciliter l'adaptation des forêts au CC pour maintenir leurs multiples rôles	PNR Pyrénées Ariégeoises (PNR PA)	Programme démonstrateur
	C2.2	Eau-Terre-Végétal : rafraîchissement urbain	Ville des Mureaux	Programme démonstrateur
	C2.3	ResSources du Néal	Communauté de Communes Saint-Méen Montauban, Forum des Marais Atlantiques (FMA), Université Rennes 2	Programme démonstrateur
	C2.4	Un maillage bocager résilient et pérenne	Communauté de Communes Cingal-Suisse Normande (CCCSN)	Programme démonstrateur
	C2.5	Projet Z'AB	Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique (CACEM)	Programme démonstrateur
	C2.6	Ville Perméable - Acte 2 – Nature et adaptation au changement climatique	Grand Lyon Métropole	Programme démonstrateur
	C2.7	Restauration du marais de l'Estagnol	Syndicat de Gestion de l'Eygoutier (SGE), INRAE	Programme démonstrateur

N° action	N° sous-action	Intitulé de l'action	Bénéficiaires associés (BAs) impliqués (dont pilote, en gras)	Domaine d'action
	C2.8	Ancoeur 2030	AQUI'Brie, Syndicat Mixte des 4 Vallées de la Brie, INRAE	Programme démonstrateur
	C2.9	Végétalisation des cours d'écoles primaires	Ville de Lille	Programme démonstrateur
	C2.10	Promouvoir le génie végétal équatorial pour optimiser les écoulements afin de prévenir les inondations en zone urbaine	Communauté d'Agglomération du Centre Littoral (CACL)	Programme démonstrateur
C2b		Etudes transversales : observation/analyse des freins et leviers rencontrés par les sites pilotes	OFB , Ademe, Cerema, ENPC	Programme démonstrateur
	Conception et mise à disposition de ressources techniques sur les SafN			
C3	C3.1	Mise à disposition des ressources via une plateforme numérique - "boîte à outils"	Cerema	Réseau et Ressources
	C3.2	Capitalisation, adaptation et production de ressources mis à disposition des porteurs de projets	OFB , ENPC, Cerema, Ademe, CEPRI, UICN-Fr, CDC-B,	Réseau et Ressources
C4		Formation initiale et continue	OFB , ENPC, Comité 21	Freins et Leviers
C5		Mise en place de 13 plateformes régionales pour appuyer la mise en œuvre de SafN	OFB , ARB CVL, ARB IDF, ARB Occitanie	Réseaux régionaux
	Accompagnement des acteurs économiques			
	C6.1	Conception d'une stratégie de développement de l'offre privée de SafN	ADEME	Freins et Leviers
	C6.2	Accompagnement stratégique à l'adaptation fondée sur la nature de quatre filières économiques	ADEME , OFB	Freins et Leviers
C6	C6.3	Accompagnement à la conception et à la mise en œuvre de plans territorialisés d'adaptation fondée sur la nature pour le secteur de la bioéconomie	ADEME , Solagro, CNPF	Freins et Leviers

N° action	N° sous-action	Intitulé de l'action	Bénéficiaires associés (BAs)	Domaine d'action
			impliqués (dont pilote, en gras)	
C7		Appui à l'intégration des SafN dans la stratégie et la planification territoriale	OFB , ARB CVL, ARB IDF, ARB Occitanie, CERDD	Réseaux régionaux
C8		Appui à la mobilisation des financements	ONERC, CDC-B	Freins et Leviers
C9		Coordination et animation du dialogue entre la communauté scientifique et les décideurs	OFB	Freins et Leviers
C10	Améliorer le cadre réglementaire français et européen			
	C10.1	Amélioration des cadres législatifs et réglementaires nationaux et européens	OFB	Freins et Leviers
	C10.2	Intégration des solutions d'adaptation fondée sur la nature dans le référentiel normatif	ADEME	Freins et Leviers
	D1	Suivi, capitalisation des données et évaluation du projet LIFE intégré ARTISAN	OFB	Gestion de projet
	D2	Suivi des Solutions fondées sur la Nature (SfN) mobilisées pour la mise en œuvre du PNACC 2	ONERC , Ademe, OFB	Freins et Leviers
	D3	Réalisation d'enquêtes nationales multi-cibles pour évaluer l'évolution des besoins, des compétences et des comportements des principales parties prenantes	OFB	Freins et Leviers
<i>Action objet du présent document</i>	D4	Suivi et évaluation du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN	Cerema, CDC-B, ENPC	Programme démonstrateur
E1		Mise en œuvre de la stratégie de communication	OFB , UICN-Fr	Communication
E2	Mise en œuvre de la stratégie de dissémination			
	E2.1	Création et animation du réseau ARTISAN	OFB, UICN-Fr, Cerema, CDC-B, CEPRI, Ademe	Réseau et Ressources
	E2.2	Diffusion d'informations sur le projet via des supports numériques	OFB, UICN-Fr	Communication

N° action	N° sous-action	Intitulé de l'action	Bénéficiaires associés (BAs) impliqués (dont pilote, en gras)	Domaine d'action
E3		Favoriser l'intégration des SafN dans les politiques d'adaptation au changement climatique à l'échelle européenne	OFB , UICN, ENPC	Communication
E4		Faciliter l'accès aux retours d'expériences européens et internationaux	OFB , UICN-Fr	Communication
F1		Pilotage du projet	OFB	Gestion de projet
F2		Gestion administrative et financière du projet	OFB	Gestion de projet
F3		Développer une approche éco-responsable	OFB	Gestion de projet
F4		Développer une stratégie post projet LIFE intégré ARTISAN	OFB	Gestion de projet

SOMMAIRE

Après une courte introduction (p.19), ce référentiel d'indicateurs de suivi de projets de SafN est organisé en quatre grandes parties : une première partie portant sur le cadre de suivi (p.21), une seconde partie portant sur la démarche participative mise en œuvre et la présentation des 10 sites pilotes (p.27), une troisième partie regroupant les 58 fiches indicateurs organisées selon les objectifs thématiques et les types (p.67), et enfin, une quatrième partie proposant trois clés d'entrée (p.251). Une conclusion (p.266) et quatre annexes (p.267) permettent de clôturer cet ouvrage.

PRÉAMBULE : CONTEXTE ET OBJET DE CE RÉFÉRENTIEL D'INDICATEURS	6
INTRODUCTION	19
1 CADRE DE SUIVI DES PROJETS DE SAFN	21
1.1 Un cadre en cohérence avec les objectifs des SafN	21
1.2 Temporalité du suivi des projets de SafN	23
1.3 Préconisations thématiques	24
1.3.1 Indicateurs d'adaptation au changement climatique	24
1.3.2 Indicateurs de gain net en biodiversité	24
1.3.3 Indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques	25
1.3.4 Indicateurs de gouvernance	26
1.4 Un suivi des projets de SafN pour une amélioration continue	26
2 CO-CONSTRUCTION DU RÉFÉRENTIEL	27
2.1 Méthodologie de co-construction	27
2.2 Présentation des projets de SafN des 10 sites pilotes et des indicateurs de suivi préconisés	30
2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM)	30
2.2.2 Génie végétal équatorial, Communauté d'agglomération du Centre Littoral (CACL)	34
2.2.3 Végétalisation des cours d'école, Ville de Lille	38
2.2.4 Eau-Terre-Végétal, Ville des Mureaux	41
2.2.5 Ville perméable - Acte 2, Métropole du Grand Lyon	44
2.2.6 Marais de l'Estagnol, Syndicat de Gestion de l'Eygoutier	48
2.2.7 Ancoeur 2030, Syndicat mixte des 4 vallées de la Brie (Aquibrie/INRAE)	51
2.2.8 ResSources du Néal, Forum des Marais Atlantiques	55
2.2.9 Bocage résilient, Communauté de communes Cingal-Suisse Normande	59
2.2.10 Adaptation au changement climatique des forêts, PNR des Pyrénées Ariégeoises	63

3 DESCRIPTIF DES INDICATEURS	67
3.1 Nomenclature des fiches indicateurs	67
3.2 Indicateurs d'adaptation au changement climatique	73
<i>Indicateurs « Climatologie »</i>	74
3.2.1 Températures d'air	75
3.2.2 Confort thermique	78
<i>Indicateurs « Hydrologie »</i>	81
3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)	82
3.2.4 Efficacité de dépollution : températures relatives amont/aval, Temps de séjour de l'eau	85
3.2.5 Turbidité de l'eau	88
3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux)	94
3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau	96
3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement	98
3.2.10 Accrétion sédimentaire	101
3.2.11 Intensité du clapot ou de la houle, agitation	105
3.2.12 Niveau des nappes	108
3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	111
3.2.14 Potentiel d'infiltration	113
3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	115
3.2.16 Flux d'évapotranspiration	118
<i>Indicateurs « Résilience des écosystèmes et des filières économiques »</i>	121
3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	122
3.2.18 Croissance des végétaux	127
3.2.19 Diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers	130
3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	132
3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	135

3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des évènements météorologiques	137
<i>Indicateurs « Emprise spatiale »</i>	140
3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	141
3.2.24 Développement du linéaire bocager	143
3.3 Indicateurs de gain net en biodiversité	145
<i>Indicateurs « Habitats et continuités écologiques »</i>	146
3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	147
3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	150
3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers	154
3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	156
<i>Indicateurs « Faune & Flore »</i>	159
3.3.5 Diversité des espèces	160
3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	165
3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)	167
3.3.8 Surface colonisée par la végétation	169
<i>Indicateurs « Qualité et état des milieux »</i>	171
3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	172
3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	174
3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	178
3.3.12 État de santé des milieux connexes	183
3.4 Indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques	186
<i>Indicateurs « Usages et reconnaissance de la SafN »</i>	187
3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	188
3.4.2 Potentiel allergisant	191
3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	194
3.4.4 Reconnaissance de la SafN	197
3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	199

<i>Indicateurs « Économie de projet »</i>	201
3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	202
3.4.7 Emprise de la SafN sur les surfaces dévolues à d'autres activités économiques	205
3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie	207
3.4.9 Production de fourrage	210
3.4.10 Stock de carbone	212
3.5 Indicateurs de gouvernance	214
<i>Indicateurs « Gouvernance inclusive »</i>	215
3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	216
3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	220
3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	221
<i>Indicateurs « Maîtrise foncière »</i>	224
3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)	225
3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	227
3.6 Indicateurs de contexte	228
<i>Indicateurs « Territoire »</i>	229
3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	230
3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	232
3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	234
<i>Indicateurs « Pratiques de gestion et d'accompagnement de la SafN »</i>	238
3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	239
3.6.5 Tenue et état des dispositifs techniques liés à la mise en œuvre de la SafN	241
<i>Indicateurs « État du site »</i>	243
3.6.6 Indicateurs physiques, chimiques et biologiques des sols	244
3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	

4 LES TROIS CLÉS D'ENTRÉE DU RÉFÉRENTIEL	249
4.1 Clé n°1 : Indicateurs classés selon les critères du standard UICN	249
4.2 Clé n°2 : Indicateurs classés selon les types de SafN et de services écosystémiques associés	252
4.3 Clé n°3 : Indicateurs classés par objectif thématique et par type	261
CONCLUSION	264
ANNEXES	265
ANNEXE 1 / Critères pour repérer les SafN, déclinaison du standard mondial de l'UICN pour les SafN (extrait de Azam et al. 2021, Annexe 5 – Outil D1)	265
ANNEXE 2 / Composition des groupes de travail et d'expertise organisés pour la définition des indicateurs et leur suivi à venir	273
ANNEXE 3 / Critères de sélection des indicateurs	277
ANNEXE 4 / Matrice SafN du projet LIFE intégré ARTISAN	278
BIBLIOGRAPHIE	289
LISTE DES ACRONYMES	291

Index des tableaux

Tableau 1 : Liste des actions et bénéficiaires associés du projet LIFE intégré ARTISAN (2020-2027).....	8
Tableau 2 : Liste des projets de SafN, sites pilotes et localisations.....	27
Tableau 3 : Indicateurs de suivi préconisés à la CACEM.....	33
Tableau 4 : Indicateurs de suivi préconisés à la CACL.....	37
Tableau 5 : Indicateurs de suivi préconisés à la Ville de Lille.....	40
Tableau 6 : Indicateurs préconisés à la Ville des Mureaux.....	43
Tableau 7 : Indicateurs préconisés à la Métropole du Grand Lyon.....	47
Tableau 8 : Indicateurs préconisés au Syndicat de Gestion de l’Eygoutier.....	50
Tableau 9 : Indicateurs de suivi préconisés au Syndicat mixte des 4 vallées de la Brie, à Aquibrie et l’INRAE.....	53
Tableau 10 : Indicateurs de suivi préconisés au Forum des Marais Atlantiques.....	57
Tableau 11 : Indicateurs de suivi préconisés à la Communauté de Communes Cingal-Suisse Normande.....	62
Tableau 12 : Indicateurs de suivi préconisés au PNR des Pyrénées Ariégeoises.....	66
Tableau 13 : Clé d’entrée croisant les critères du standard UICN (2021a, b) avec les fiches indicateurs de suivi de projet de SafN proposé dans ce référentiel et leur fiche respective.....	249
Tableau 14 : Clé d’entrée n°2 croisant la matrice des SafN proposée dans Azam et al. (2021) avec les indicateurs de suivi des projets de SafN proposé dans ce référentiel et leur fiche respective.....	252
Tableau 15 : Clé d’entrée n°3 listant les 58 indicateurs de suivi des projets de SafN classés par objectif thématique et par type. Les intitulés des indicateurs renvoient aux fiches correspondantes dans le référentiel.....	261

Index des illustrations

Illustration 1 : Définition d'indicateurs dans une logique « objectifs – résultats » à savoir des indicateurs de contexte, de moyens, de réalisations, et de résultats dans le cas d'un projet de SafN dont l'objectif est d'améliorer le confort estival d'un espace public. L'efficacité de la SafN correspond à l'adéquation des objectifs aux résultats. L'efficience correspond à l'adéquation des résultats aux moyens.....	22
Illustration 2 : Localisation des 10 sites pilotes du projet <i>LIFE</i> intégré ARTISAN, et enjeux <i>du changement climatique</i> associés.....	28
Illustration 3 : Démarche de co-construction mise en place par les trois partenaires associés (Cerema, CDC Biodiversité, ENPC) pour aboutir au présent référentiel de suivi des projets de SafN travail fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet <i>LIFE</i> intégré ARTISAN.....	29
Illustration 4 : Pointe des sables de l'Etang Z'abricot (Crédit photo : CACEM – Vue aérienne).....	30
Illustration 5 : En haut, le Canal Michotte, Rémire – Arboré ou géonatte avec couvre-sol (Crédits photos : Astrid Abel). En bas, le Canal Hibiscus, Cayenne. Solution proposée : Enrochement avec héliophytes (Crédits photos : Astrid Abel).....	34
Illustration 6 : Aménagement en 2022 de la cour d'école Châteaubriand Madame de Maintenon. La cabane tressée à côté de l'hôtel à insectes est située du côté de l'école Primaire (Crédits photos : Wendy Arnould).....	38
Illustration 7 : A gauche, une vue aérienne de la cour d'école Paul Raoult (Crédit photo : Ville des Mureaux). A droite, une vue du Parc Molière (Crédit photo : ARB Île-de-France).....	41
Illustration 8 : A gauche, l'arbre de pluie est une branche de plus pour la ville perméable, le grand projet d'adaptation de la Métropole de Lyon (Crédit photo : Johana Sanabria / Métropole du Grand Lyon). En haut à droite, les arbres de pluie permettent aux citoyens de participer à l'adaptation de la ville au changement climatique (Crédit photo : Thierry Fournier / Métropole du Grand Lyon). En bas à droite, un arbre de pluie permet de réduire le ruissellement, de recharger la nappe phréatique, de développer un îlot de fraîcheur, de favoriser la biodiversité urbaine et d'améliorer le cadre de vie des riverains (Crédit photo : Johana Sanabria / Métropole du Grand Lyon).....	45
Illustration 9 : A gauche, visite en mars 2021 du site de l'Estagnol dans le cadre du projet <i>LIFE</i> intégré ARTISAN (Crédit photo : David Moulin / OFB). A droite, remblais qui devront être enlevés, une végétation rudérale s'est développée (Crédit photo : Bertrand Ehly / Syndicat de Gestion de l'Eygoutier).....	48
Illustration 10 : Zone humide réalisée à la Chapelle-Gauthier dans le cadre du projet Ancoeur 2030 (Crédits photos : ARB Île-de-France).....	51
Illustration 11 : Suivis réalisés dans le cadre du projet ResSources du Néal. A gauche, un contexte de station météorologique Irodouer (Crédit photo : Oriana Garcia / FMA). A droite, une station limnimétrique (Crédit photo : Alix Augier / FMA).....	55
Illustration 12 : En haut à gauche, panorama du Rocher des Parcs (Crédit photo : CCCSN). En haut à droite, Paysage de Suisse Normande (Crédit photo : CCCSN). En bas à gauche : Jeune haie bocagère sur Thury-Harcourt-Le-Hom (Crédit photo : Service Transition et continuités écologiques CCCSN). En bas à droite : Jeune haie bocagère sur Les Moutiers en Cinglais (Crédit photo : Service Transition et continuités écologiques CCCSN).....	59
Illustration 13 : A gauche, une sortie en forêt organisée par le PNR des Pyrénées Ariégeoises lors des ateliers thématiques destinés à ce que les scientifiques proposent aux propriétaires, gestionnaires et groupes de travail des SafN à déployer (Crédit photo : Raphaële Hemeryck, PNR des Pyrénées Ariégeoises). A droite, visite de chantier exploité au câble mat, technique d'exploitation actuellement quasi utilisée uniquement sur des fortes pentes non mécanisables. Cette méthode évite le passage de machines dans les peuplements, donc le tassement des sols. Le PNR des Pyrénées Ariégeoises souhaiterait la tester (éventuellement en couplage avec du débardage à cheval) sur des terrains peu pentus où l'exploitation mécanisée est actuellement privilégiée au détriment des sols (Crédit photo : Raphaële Hemeryck, PNR des Pyrénées Ariégeoises).....	64
Illustration 14 : Effet net de la mise en œuvre d'une SafN sur un indicateur donné en ayant recours à un suivi avant (t0 = état initial) et après (t1) intervention (i.e. la mise en œuvre de la SafN) et à un site témoin (adapté de GIZ 2015).....	69

INTRODUCTION

Face aux enjeux d'adaptation au changement climatique, de préservation et de restauration de la biodiversité, les collectivités sont de plus en plus nombreuses à recourir aux **Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)** afin que leur territoire gagne en **résilience**. Mesures dites « **sans regret** »³, les SafN ont pour but d'apporter dès à présent et de façon durable des **bénéfices aux territoires**, quelle que soit à terme l'intensité des effets du **changement climatique**.

Le **projet LIFE intégré ARTISAN** a pour objectif de favoriser le déploiement, à grande échelle, de SafN pour répondre tant aux enjeux d'adaptation au changement climatique qu'à celles de préservation et de restauration de la biodiversité. **Le projet compte en particulier sur son programme démonstrateur constitué de 10 sites pilotes répartis sur le territoire français**. Sélectionnés en 2018, parmi plus d'une centaine de candidatures en réponse à un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) organisé par l'Office français de la biodiversité (OFB), ces 10 sites pilotes mettent en œuvre des SafN dans des milieux variés, en métropole comme en outre-mer, pour répondre à un panel d'enjeux reflétant la diversité des situations rencontrées sur le territoire.

L'objectif de démonstration et d'essaimage, c'est-à-dire la multiplication des actions inspirées directement ou indirectement du projet LIFE intégré ARTISAN, passe par une étape incontournable : informer et convaincre les personnes/structures impliquées dans la définition et la mise en œuvre des politiques publiques, de même que les entreprises, de **l'alternative robuste aux solutions d'ingénierie classique que constituent les SafN**. Pour ce faire, il convient nécessairement :

1. de **formuler des objectifs clairs attendus des projets de SafN** pour répondre aux enjeux d'adaptation au changement climatique, de préservation et de restauration de la biodiversité mais également de co-bénéfices sociaux et économiques et de gouvernance inclusive,
2. de **suivre l'atteinte de ces objectifs en s'appuyant sur des indicateurs** adaptés aux spécificités des SafN mises en œuvre ainsi qu'aux contraintes humaines, techniques et financières des porteurs de projet.

Une des actions du projet LIFE intégré ARTISAN, l'action D4 « Suivi et évaluation du programme démonstrateur » dont le présent référentiel constitue un livrable, vise ainsi à fournir **un cadre de suivi des projets de SafN en s'appuyant sur les projets portés par les 10 sites pilotes du programme démonstrateur**. Élaboré dans le cadre d'une démarche de co-construction associant, outre les 10 sites pilotes, l'OFB, des experts extérieurs au projet ainsi que d'autres bénéficiaires associés, ce référentiel propose une série d'indicateurs de suivi des projets de SafN mis en œuvre dans le programme démonstrateur, et déclinables à d'autres projets. **Support d'accompagnement pour les 10 sites pilotes**, il a en effet été rédigé de manière à ce que l'ensemble du travail réalisé avec et par les sites pilotes puisse **inspirer d'autres porteurs de projets de SafN**.

Ce référentiel s'organise en quatre parties :

- Tout d'abord, le cadre du suivi des projets de SafN dans le contexte du standard mondial de l'UICN pour les SfN (UICN 2018, 2021a, b) et du projet LIFE intégré ARTISAN (Azam et al. 2021) est présenté (**Chapitre 1, p.21**) ;
- Ensuite, la méthodologie de co-construction du référentiel avec les 10 sites pilotes du programme démonstrateur est explicitée et leurs projets de SafN sont présentés (**Chapitre 2 p.27**) ;
- Puis, sont présentés les 58 indicateurs sous forme de fiches (**Chapitre 3, p.67**) répondant aux thématiques suivantes : **adaptation au changement climatique, gain net en biodiversité, co-bénéfices sociaux et économiques, gouvernance et contexte** ;
- Enfin, trois clés d'entrée sont proposées (**Chapitre 4, p.251**). La première s'appuie sur **les critères du standard UICN** (voir UICN 2021a, b). Elle permet au porteur de projets de vérifier que la SafN mise en

3 Voir définition des mesures « sans regret » dans la partie **1.1 Un cadre en cohérence avec les objectifs des SafN** p.23

place remplit bien les critères de définition d'une SafN proposés par l'UICN. La seconde s'appuie quant à elle sur **la matrice des SafN proposée dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN** (voir Azam et al. 2021). Elle permet de lier les enjeux et aléas climatiques, les SafN et les fonctions écologiques attendues aux indicateurs de suivi des projets de SafN de ce référentiel. Pour terminer, la troisième constitue **un récapitulatif des 58 indicateurs organisés selon les quatre objectifs thématiques et les cinq types** proposés dans le **Chapitre 3.1 p.67**.

Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN, ce référentiel est un document de préconisations d'indicateurs de suivi de projets de SafN destiné aux 10 sites pilotes du programme démonstrateur. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée des projets. Ce référentiel constitue le premier livrable de l'action D4. Le second livrable sera le bilan du programme démonstrateur en 2027. Il s'appuiera sur les suivis réalisés par les 10 sites pilotes grâce au présent référentiel (action C2) ainsi que sur des études transversales (action C2b) et sur les évaluations ex-ante, intermédiaire et finale du projet LIFE intégré ARTISAN (action D1).⁴

Dans le cadre de projets de SafN réalisés par d'autres porteurs de projets, ce référentiel de suivi des projets de SafN est aussi un document de préconisations que chaque porteur de projet pourra s'approprier selon la spécificité de son projet de SafN, ses besoins en matière de suivi ainsi que de ses moyens humains, techniques et financiers. Ainsi, certains indicateurs pourront être adaptés, de la même manière que des indicateurs ne figurant pas dans ce référentiel pourront être définis et mis en œuvre.

4 Pour plus d'information sur le projet LIFE intégré ARTISAN et ces actions, se référer au préambule p.6

1 CADRE DE SUIVI DES PROJETS DE SAFN

Le premier chapitre de ce référentiel vient fixer un cadre pour le suivi de projets de SafN en cohérence avec les objectifs définis au préalable. Il ne revient pas sur le cadre fixé par le projet LIFE intégré ARTISAN présenté de manière détaillée en préambule p.8

1.1 Un cadre en cohérence avec les objectifs des SafN

D'après Azam et al. (2021), « *Les SafN sont des actions qui visent à favoriser la conservation de la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques ciblés sur les impacts des changements climatiques permettant à nos sociétés d'être plus résilientes face à ces enjeux* ». Il s'agit donc d'une forme particulière de Solutions fondées sur la Nature (SfN) qui vise un enjeu sociétal spécifique : l'adaptation au changement climatique.

Le standard mondial de l'UICN pour les SfN propose un ensemble de critères de définition des SfN (UICN 2018, 2021a, b). Ces critères adaptés aux SafN dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN sont rappelés en **ANNEXE 1 (p.267)** du présent référentiel.

Une démarche de suivi des projets de SafN doit ainsi porter à la fois sur l'atteinte des objectifs en matière **d'adaptation au changement climatique** d'une part et, d'autre part, sur l'atteinte des objectifs en matière **de gain net en biodiversité**. Outre ces critères, le standard mondial de l'UICN et sa déclinaison dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN proposent également des objectifs de mise en place d'**une gouvernance inclusive, de viabilité et rentabilité économiques des SafN**, ainsi que **de fourniture d'avantages multiples à la population**.

Ainsi, ce référentiel de suivi de projets de SafN s'appuyant sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN, s'inscrit pleinement dans ce cadre de travail des SafN en proposant des indicateurs qui contribueront à mesurer l'atteinte de quatre objectifs thématiques :

- Adaptation au changement climatique,
- Gain net en biodiversité,
- Co-bénéfices sociaux et économiques,
- Gouvernance.

Le suivi des projets de SafN doit également s'inscrire dans **une démarche « objectifs – résultats »** se concentrant tant sur **le suivi des moyens** mis en œuvre, **des réalisations** que sur **le suivi des résultats** atteints (voir Illustration 1 p.22 pour des définitions au travers d'un exemple concret).

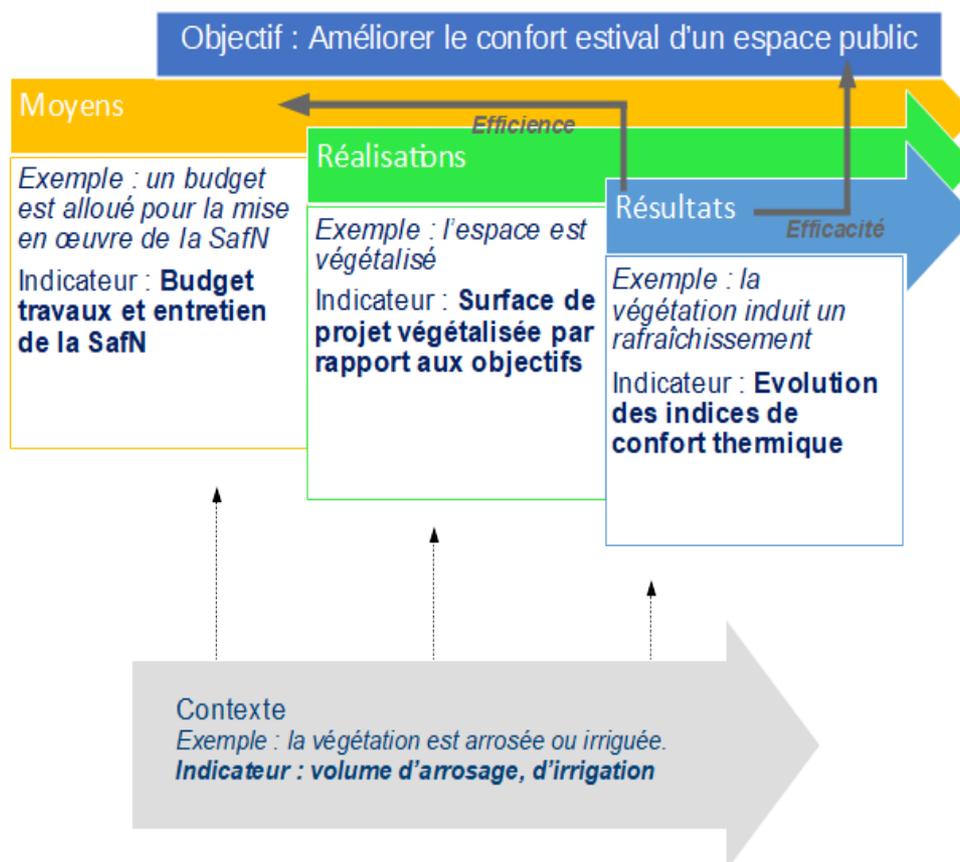


Illustration 1 : Définition d'indicateurs dans une logique « objectifs – résultats » à savoir des indicateurs de contexte, de moyens, de réalisations, et de résultats dans le cas d'un projet de SafN dont l'objectif est d'améliorer le confort estival d'un espace public. L'efficacité de la SafN correspond à l'adéquation des objectifs aux résultats. L'efficience correspond à l'adéquation des résultats aux moyens.

En complément, le suivi des projets de SafN nécessite la **description du contexte dans lequel elles sont mises en œuvre**. Il peut s'agir par exemple de décrire l'apparition ou l'évolution d'éventuelles pressions ou d'éléments externes à la SafN (p.ex. événements météorologiques extrêmes, arrivée de ravageurs, problèmes phytosanitaires des individus plantés, dispositifs techniques d'accompagnement de la mise en place de la SafN comme des tuteurs ou l'arrosage). Dans l'illustration 1, la pluviométrie et les volumes d'arrosage éventuels seraient par exemple des paramètres à connaître pour avoir une vision d'ensemble de la SafN et suivre l'atteinte des objectifs fixés au préalable.

Ainsi, l'ensemble des indicateurs de suivi des projets de SafN du programme démonstrateur sont également classés au sein de quatre types d'indicateurs :

- Indicateurs de contexte,
- Indicateurs de suivi des moyens,
- Indicateurs de suivi des réalisations,
- Indicateurs de suivi des résultats.

Selon les projets de SafN, certains indicateurs peuvent répondre à plusieurs objectifs thématiques et s'inscrire dans différents types.



Les SafN : des mesures dites « sans regret »

La mise en place d'un suivi et d'indicateurs associés pour démontrer l'atteinte d'objectifs prédéfinis d'une SafN donnée vis-à-vis des effets du changement climatique, de la préservation et de la restauration de la biodiversité, répond à des demandes croissantes de chiffrage apportant la preuve de résultats de la solution nouvelle (la SafN) vis-à-vis de la solution traditionnelle (une solution grise). Il convient de rappeler ici la notion d'actions « sans regret » :

« Les actions à mettre en œuvre pour conduire le territoire vers la résilience doivent répondre à différents critères. Elles doivent être flexibles et s'adapter à la production de nouvelles connaissances, ne pas entrer en conflit avec le principe d'atténuation du changement climatique et présenter des bénéfices pour le territoire, quelle que soit la situation future. On parle alors de mesures sans regret : ces actions présentent des bénéfices quand bien même l'impact du changement climatique est inférieur à celui envisagé. Ce type d'actions participe alors à l'attractivité socio-économique du territoire et à l'amélioration du cadre de vie. Valoriser les zones de fraîcheur urbaine pour anticiper une hausse des températures à l'avenir présente par exemple de nombreux atouts : création de lieux publics, amélioration de la qualité de vie, économies d'énergie, etc », extrait de <https://www.territoires-climat.ademe.fr/ressource/410-144>

Parce que les SafN se fondent sur des retours d'expériences d'opérations de gestion ou de renaturation des écosystèmes sur lesquelles nous disposons déjà d'un certain recul (voir CDC Biodiversité, 2019 ; TRIBU & Cerema, 2021), et dont les bénéfices sont de mieux en mieux appréhendés (préventions des risques actuels, amélioration du cadre de vie), elles peuvent être qualifiées de mesures « sans regret » (Azam et al., 2021). Ainsi, l'inscription d'un projet de SafN donné dans cette antériorité (p.ex. capitalisation des expériences passées en matière de génie écologique) peut alléger du poids de la démonstration qu'apporte cette dénomination nouvelle. Cela ne diminue pas l'intérêt du suivi, pour conforter les résultats qui le nécessiteraient, continuer de créer des retours d'expériences, et bien sûr pour opérer les choix de gestion dans une logique de gestion adaptative.

1.2 Temporalité du suivi des projets de SafN

Si certaines SafN peuvent bénéficier d'un savoir-faire et de méthodes de conception d'ores et déjà bien établis, d'autres font l'objet de réflexions/travaux s'appuyant sur de **véritables innovations en matière d'ingénierie écologique**. Ces dernières se caractérisent donc par un degré fort d'incertitude quant aux réalisations mais aussi aux résultats. De plus, **les SafN étant fondées sur la nature et ses processus biologiques complexes**, leur développement peut s'inscrire dans **un temps long**, au-delà par exemple de la durée du projet LIFE intégré ARTISAN. Ce sera le cas par exemple pour la colonisation naturelle d'une mangrove, pour la croissance des arbres, de haies récemment plantées. A l'inverse, la colonisation par la faune d'habitats créés ou restaurés peut être observée dans un temps relativement court selon le contexte (p.ex. renaturation de zones humides, création de mares).

Il convient donc **de ne négliger ni l'importance du suivi d'indicateurs de réalisation et de résultat à moyen-long terme** (c'est-à-dire au-delà de la durée du projet LIFE intégré ARTISAN), ni **l'importance du suivi à court terme**, pendant les premières années du projet, qui peuvent permettre de détecter des retards, des effets négatifs inattendus (p.ex. apparition d'espèces exotiques envahissantes, haute mortalité des végétaux plantés) et de réagir en apportant des améliorations aux projets (voir paragraphe **1.4 Un suivi des projets de SafN pour une amélioration continue**).

Le suivi des projets de SafN doit donc commencer avant les travaux et se poursuivre aussi longtemps que possible ensuite afin d'améliorer nos connaissances sur l'atteinte des effets attendus au cours du temps.

→ Les huit années du projet LIFE intégré ARTISAN (2020-2027) offrent une opportunité de suivi dont peu de projets ont la chance de bénéficier. Les indicateurs contribueront à mettre en évidence les SafN dont les objectifs sont atteints et mesurables sur un pas de temps court après leur mise en place et celles qui, au contraire, ont besoin d'un pas de temps moyen ou long. Dans tous les cas, la poursuite des suivis des projets de SafN initiés dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN devra être envisagée au-delà de 2027.

1.3 Préconisations thématiques

1.3.1 Indicateurs d'adaptation au changement climatique

Selon le contexte et les enjeux, un projet de SafN peut avoir pour **but de conserver des fonctions écologiques et des services écosystémiques existants, déjà rendus par un écosystème, mais mis en péril par le changement climatique**. Il s'agit par exemple d'une exploitation sylvicole qui chercherait à s'adapter aux effets observés ou prévus du changement climatique en adoptant de nouvelles pratiques ou de nouvelles essences adaptées aux futures températures et futurs régimes de précipitation.

L'adaptation peut également avoir pour **but de permettre la réalisation de fonctions écologiques et de services écosystémiques disparus ou jusqu'alors inexistantes sur le territoire**. En général, les projets de réhabilitation et de restauration écologiques portent ces objectifs. C'est le cas des politiques de perméabilisation et de refonctionnalisation des sols en vue de limiter les inondations par ruissellement. La SafN apporte un nouveau service de régulation en multipliant les espaces perméables et en améliorant éventuellement leur conception.

Ainsi, quelle que soit la nature du projet de SafN (conservation/création/renforcement de services écosystémiques limitant les effets du changement climatique), les indicateurs de suivi des effets positifs attendus de la SafN en matière d'adaptation au changement climatique sont liés aux services écosystémiques et aux fonctions écologiques de l'écosystème recherchés. Il n'existe donc pas d'indicateur unique de l'adaptation au changement climatique.

1.3.2 Indicateurs de gain net en biodiversité

Le suivi du gain net en biodiversité proposé par la note de cadrage des SafN du projet LIFE intégré ARTISAN comprend notamment « **une évaluation de l'état initial de l'écosystème et des principaux facteurs de dégradation et de perte de biodiversité** » ainsi que **l'identification d' « objectifs clairs et mesurables en matière de conservation de la biodiversité »** (voir Azam et al. 2021). Ces suivis doivent également permettre de suivre les effets positifs (p.ex. le renforcement des continuités écologiques) ou, à l'inverse, des effets négatifs (p.ex. l'atteinte à l'intégrité d'espaces connexes) à l'échelle du site d'intervention de la SafN et, selon la nature de la SafN, à un périmètre d'action (souhaité, attendu) plus vaste.

Le gain net en biodiversité est à comprendre dans une acception large : il concerne **la diversité des espèces vivantes, mais aussi la diversité génétique au sein des espèces et la diversité des écosystèmes au sein du territoire ou du paysage et par conséquent l'ensemble des fonctions écologiques et services écosystémiques s'y rattachant**.

À noter, la notion d'évaluation initiale de l'état des écosystèmes a fait l'objet de discussions approfondies dans le cadre de l'Efese (Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques) pour les écosystèmes

urbains (Efese, 2018), agricoles (Therond et al. 2017), forestiers (Efese, 2018), marins (Efese, 2018), rocheux et de haute-montagne (Efese, 2018), sur lesquelles tout porteur de projets peut s'appuyer au besoin.

1.3.3 Indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques

Dans le cadre de ce référentiel, **les indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques sont différenciés des indicateurs socio-économiques de l'adaptation au changement climatique.**

Les **indicateurs socio-économiques de l'adaptation** sont des indicateurs qui ne quantifient pas les processus physiques, biologiques ou chimiques directement liés à la régulation des effets du changement climatique. En revanche, ils traduisent d'un point de vue socio-économique l'atteinte des objectifs d'adaptation au changement climatique. Dans le cadre de l'adaptation à la hausse de fréquence et d'intensité des épisodes cycloniques par exemple, un indicateur physique pourrait être la dissipation d'énergie permise par le dispositif évalué (la SafN), quand un indicateur socio-économique complémentaire serait la diminution des dommages causés par ce type d'événements extrêmes via une estimation monétaire. **Dans ce référentiel, ces indicateurs socio-économiques de l'adaptation sont présentés parmi les Indicateurs d'adaptation au changement climatique, p.73.**

Le standard UICN, dans son critère 6, introduit la distinction entre **les objectifs principaux de la SafN** (entendus comme l'adaptation au changement climatique et le gain net en biodiversité dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN) et **des objectifs secondaires** concernant d'autres bénéfices de la SafN : « *Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples* » (UICN 2021a, b). **Les co-bénéfices sociaux et économiques renvoient à ces avantages multiples, ou autres retombées de la SafN qui seraient définies comme objectifs par le porteur de projet.** Il peut ainsi s'agir de services écosystémiques rendus à la population autre que les services écosystémiques liés à la régulation des effets du changement climatique comme, notamment, les services culturels. Outre leur rôle en matière d'adaptation, les SafN sont également susceptibles de participer à l'atténuation du changement climatique, soit en limitant les émissions de gaz à effet de serre soit parce qu'elles favorisent le stockage du carbone. En accord avec le standard UICN décliné pour les SafN (Azam et al. 2021, critère 6.1 de l'Annexe 1), cet effet est également compris dans le présent Référentiel comme un co-bénéfice social et économique (**voir Indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques, p.187**).

En résumé, les indicateurs socio-économiques de l'adaptation sont à définir en lien avec les objectifs de la SafN vis-à-vis des effets du changement climatique (à quel type d'événement s'adapte-t-on, pour protéger qui / quoi ?). Les indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques (retenus dans le présent référentiel) sont définis indépendamment des objectifs d'adaptation. En revanche, ils ont été orientés du point de vue des avantages et des retombées que le porteur de projets espère de la SafN.

1.3.4 Indicateurs de gouvernance

Un des socles de la réussite des projets de SafN est la qualité de leur gouvernance. Face aux enjeux à relever et à la complexité des processus sous-jacents, les projets de SafN requièrent en effet une vision globale et décloisonnée de l'aménagement du territoire à laquelle s'ajoute le besoin d'une pluralité d'acteurs et de compétences (CDC Biodiversité, 2021). Il est notamment fortement recommandé de privilégier les démarches de gouvernance participative (démocratie participative), favorisant la coopération, la concertation voire la co-construction, afin d'élargir la nature et le nombre d'acteurs dans les processus décisionnels et ainsi, d'inclure un maximum de parties prenantes (p.ex. collectivités, représentants de l'Etat, citoyens, scientifiques, associations, bureaux d'étude ; CDC Biodiversité, 2021). À ce titre, le standard UICN (2021a, b) introduit la notion de gouvernance inclusive (p.ex. identification et implication des parties prenantes touchées par le projet de SafN, prises de décisions conjointes) et transparente (p.ex. partage et remontée des plaintes et griefs, traçabilité des prises de décision).

Les indicateurs de gouvernance auront donc pour objectif de suivre la qualité de la gouvernance pour la réussite des projets de SafN. Leur analyse permettra aux porteurs de projets d'identifier les éventuels freins, de définir et mettre en place des leviers et de créer un véritable retour d'expérience pour bonifier les pratiques participatives de futurs projets. Certains de ces indicateurs peuvent être associés à des objectifs définis du projet (p.ex. co-construire la démarche avec une population cible, identifiée par le porteur de projet), et pourront donc qualifier l'atteinte de cet objectif. D'autres relèvent plutôt des signes positifs de la vitalité du projet et des moyens associés (p.ex. la tenue d'ateliers de co-construction) mais n'apportent pas d'indication quant à la qualité de la démarche (p.ex. multiplier les ateliers).

1.4 Un suivi des projets de SafN pour une amélioration continue

L'un des critères centraux du standard de l'UICN est **la gestion adaptative**. Le présent référentiel s'inscrit dans cette dynamique en proposant aux porteurs de projets des indicateurs de suivi de projets de SafN sur lesquels s'appuyer pour, le cas échéant, **améliorer et adapter leurs projets « au fil de l'eau »**.

De la même manière que **les suivis des SafN doivent appuyer cette gestion adaptative** et permettre des ajustements des SafN, **les étapes et méthodes de ces suivis doivent elles aussi être adaptées à la survenue d'évènements non prévus par le porteur de projet**. Il s'agira par exemple de compléter le jeu d'indicateurs pour suivre les effets positifs ou négatifs sur un cortège d'espèces non identifié au préalable, de suivre une pression non présente au démarrage du projet et détectée en cours de celui-ci, de mesurer un co-bénéfice inattendu, etc.

Ces adaptations ne doivent néanmoins pas se faire au détriment des suivis initialement prévus mais bien de façon additionnelle, malgré les freins budgétaires potentiels. En effet, un des principaux freins sera probablement la dimension financière du projet (budget initial) et son adaptation pour répondre au besoin d'amélioration continue. Cela pourra se faire soit avec une enveloppe financière constante (nivellement des dépenses dès lors que cela n'impacte pas négativement le projet initial), soit avec une enveloppe financière augmentée grâce à la recherche et l'obtention de nouveaux moyens/leviers financiers.

2 CO-CONSTRUCTION DU RÉFÉRENTIEL

Ce chapitre présente les projets de SafN des 10 sites pilotes du programme démonstrateur et les indicateurs de suivi proposés à l'issue du processus de co-construction du référentiel. Les descriptifs des sites pilotes mettent en évidence la logique qui, pour chaque site, lie les enjeux du changement climatique, de préservation et de restauration de la biodiversité aux objectifs de la SafN et aux indicateurs de moyens, de réalisations, de résultats et de contexte. La liste des indicateurs préconisés pour chacun des 10 projets de SafN, et transposables à d'autres projets de SafN de même nature, est présentée à l'issue de chaque descriptif. Certains indicateurs sont proposés pour l'ensemble des sites pilotes car ils répondent à une logique de suivi de l'évolution des milieux concernées par la SafN (p.ex. l'abondance des espèces exotiques envahissantes) ou de suivi de projets (p.ex. gouvernance inclusive). **Le choix final d'indicateurs relève des porteurs de projets puisqu'il dépend des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre. Il n'est donc pas précisé.**

2.1 Méthodologie de co-construction

Ce référentiel est le résultat d'un travail collaboratif entre les 10 sites pilotes, les bénéficiaires associés de l'action D4 (Cerema, CDC Biodiversité et ENPC), l'OFB et les autres bénéficiaires associés du projet LIFE intégré ARTISAN (ADEME, UICN, ARB, etc.) ainsi que d'un grand nombre d'experts sollicités au cours de la démarche (voir la liste en **ANNEXE 2, p.275**). La co-construction du référentiel s'est déclinée en plusieurs étapes d'échanges et de concertation. Tout d'abord, un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) a été organisé en 2018 par l'OFB. Elle a permis la sélection des 10 sites pilotes du programme démonstrateur et de leur projet de SafN (voir Tableau 2 p.27 et Illustration 2 p.28).

Tableau 2 : Liste des projets de SafN, sites pilotes et localisations.

Projet de SafN	Site pilote	Localisation
Projet Z'AB	Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM)	Outre-mer, Martinique
Génie végétal équatorial	Communauté d'agglomération du Centre Littoral (CACL)	Outre-mer, Guyane
Végétalisation des cours d'école	Ville de Lille	Hauts-de-France, Nord
Eau-Terre-Végétal	Ville des Mureaux	Île-de-France, Yvelines
Ville perméable - Acte 2	Métropole du Grand Lyon	Auvergne-Rhône-Alpes, Rhône
Marais de l'Estagnol	Syndicat de Gestion de l'Eygoutier, INRAE	Provence-Alpes-Côte d'Azur, Var
Ancoeur 2030	Syndicat mixte des 4 vallées de la Brie, Aquibrie, INRAE	Île-de-France, Seine-et-Marne
ResSources du Néal	Forum des Marais Atlantiques, Université Rennes 2	Bretagne, Ille-et-Vilaine
Bocage résilient	Communauté de communes Cingal-Suisse Normande	Normandie, Calvados
Adaptation au changement climatique des forêts	PNR des Pyrénées Ariégeoises	Occitanie, Ariège



Illustration 2 : Localisation des 10 sites pilotes du projet LIFE intégré ARTISAN, et enjeux du changement climatique associés

Cette étape d'AMI a également été l'occasion pour les porteurs de projets de présenter leurs projets de SafN et les grandes lignes de leur suivi.

Puis, afin d'élaborer un cadre de suivi des 10 projets SafN du programme démonstrateur, le travail s'est ensuite poursuivi en 2020. Il s'est appuyé sur les premiers éléments de connaissance collectés pendant l'AMI en tenant compte de la maturité méthodologique et des moyens contrastés spécifiques à chaque site pilote. Plus précisément, la méthodologie et le déroulé de la démarche de co-construction menant au présent référentiel ont été les suivants :

- Le recensement et l'analyse de l'ensemble des indicateurs (ou besoins d'indicateurs) proposés par les 10 sites pilotes dans le cadre de leur dossier de candidature pour faire partie du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN. Deux réunions de cadrage de l'action et d'échanges ont également été organisées au deuxième semestre 2020 entre les bénéficiaires associés de l'action, l'OFB et les porteurs des sites pilotes. Elles ont permis le partage réciproque des connaissances des sites pilotes et les échanges de réflexions sur les suivis à renforcer et les méthodes à harmoniser pour chaque site.

- La réalisation en 2020 également d'un état de l'art sur les indicateurs de suivi définis dans le cadre des démarches internationales ([UICN](#)), communautaires ([Connecting Nature](#), [Eclipse](#), [Nature4Cities](#), etc.) ou nationales ([EFESE](#)) existantes à ce moment. La réalisation de cet état de l'art était indispensable dans la mesure où le projet LIFE intégré ARTISAN n'a pas vocation à conduire des recherches. Ce référentiel se devait en effet de s'inscrire dans les dynamiques de travail existantes (programmes européens et/ou nationaux) pour tenir compte des dernières avancées et favoriser son appropriation par le plus grand nombre de porteurs de projets et leurs partenaires techniques, assurer son opérationnalité et la faisabilité de sa mise en œuvre.
- L'organisation le 30 mars 2021 d'une journée d'échanges sur le suivi des projets de SafN selon les milieux (urbain, forêt/rural, littoral, humides/aquatiques) et deux autres dimensions de leur suivi (sociale et économique, gouvernance). Cette journée a réuni une cinquantaine d'experts et a notamment permis la formalisation de critères de sélection des indicateurs, présentés en **ANNEXE 3 (p.279)**. Les sites pilotes et leurs partenaires techniques ont été invités à cette journée d'échanges qui s'est poursuivie par des échanges bilatéraux pour préciser le choix de certains indicateurs.
- Le 25 mai 2021, la restitution collective de l'état de l'art et des indicateurs associés aux porteurs des sites pilotes et aux bénéficiaires associés intéressés. A cette occasion, des préconisations adaptées à chaque site pilote ont également été formulées afin d'aboutir, à la mi-juillet, à une liste d'indicateurs et de modalités de suivi correspondant à leurs besoins et leurs moyens.
- La rédaction du présent référentiel grâce à l'implication de différents contributeurs pour la rédaction des fiches indicateurs. Un travail d'harmonisation du contenu et de la rédaction des fiches a été nécessaire afin d'en faciliter la lecture et l'appropriation.

Cette chronologie ne rend pas compte de l'important travail réalisé en parallèle par les 10 sites pilotes avec leurs partenaires techniques et scientifiques dans la proposition et l'examen de la faisabilité du suivi des indicateurs.

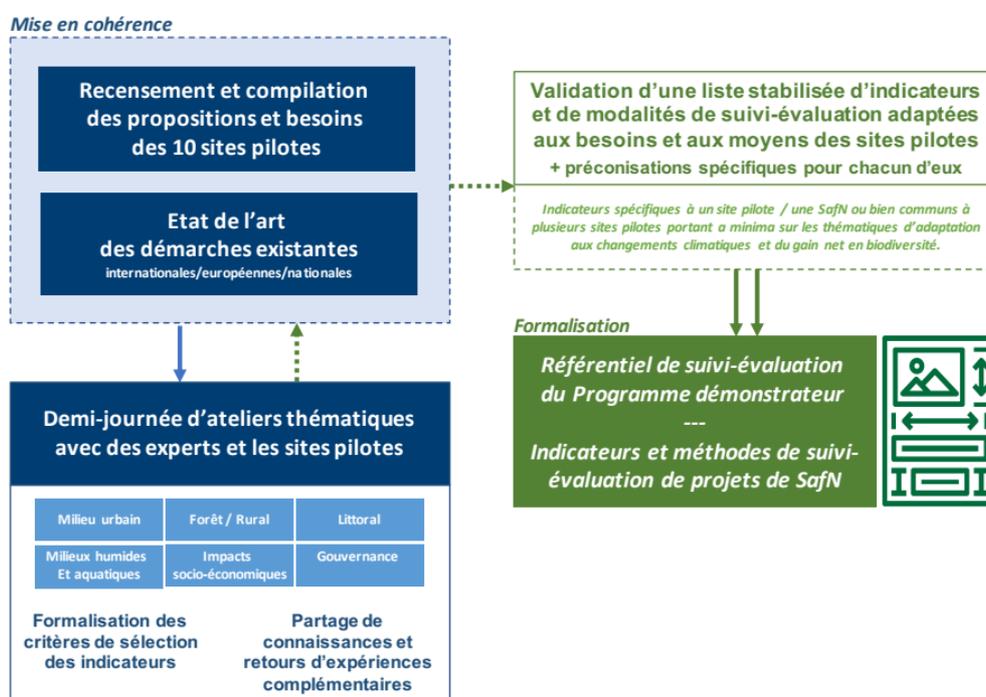


Illustration 3 : Démarche de co-construction mise en place par les trois partenaires associés (Cerema, CDC Biodiversité, ENPC) pour aboutir au présent référentiel de suivi des projets de SafN travail fondé sur les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN.

2.2 Présentation des projets de SafN des 10 sites pilotes et des indicateurs de suivi préconisés

2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM)

Interventions

Le projet est situé au niveau de l'anse de l'Étang des Z'Abriots au nord de la baie de Fort-de-France en Martinique et, plus particulièrement, au niveau de l'extrémité de la Pointe des Sables bordant le port communautaire de plaisance de l'Étang des Z'Abriots géré par la CACEM. Ce port est notamment exposé à la houle et à l'agitation. L'objectif est de diminuer l'agitation au niveau du site portuaire en accroissant la fonction protectrice de la Pointe des Sables, notamment liée à la présence d'une mangrove globalement stable et constituée majoritairement de palétuviers *Rhizophora mangle* résistants aux événements extrêmes.

Le projet présente la particularité d'être organisé en deux phases indissociables.

- En premier lieu, la plantation de pieux et de fascines vise à générer une accrétion sédimentaire pour créer des conditions favorables au développement d'une néo-mangrove dans le prolongement de la Pointe des Sables.
- En second lieu, le projet vise à suivre la restauration de la mangrove existante à l'extrémité de la Pointe des Sables et le développement de la mangrove néo-formée qui permettront de former une protection « naturelle » du port de plaisance situé au fond de l'anse.
- Dans l'hypothèse où la zone d'accrétion sédimentaire ne serait pas spontanément colonisée par la néo-mangrove, la CACEM envisage de réaliser des transplantations de palétuviers.



Illustration 4 : Pointe des sables de l'Étang Z'abricot (Crédit photo : CACEM – Vue aérienne).

Enjeux liés au changement climatique

- Élévation du niveau marin générant une réduction de l'effet protecteur de la Pointe des Sables et une réduction surfacique de la mangrove,
- Augmentation de l'exposition du port de plaisance à l'agitation en lien avec l'intensification des épisodes cycloniques,
- Résilience de la mangrove face à l'augmentation de la salinité, à la diminution surfacique, à la submersion temporaire/permanente, à l'eutrophisation et à la propagation des espèces invasives.

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Préserver et améliorer la résilience des services écosystémiques liés à la mangrove (protection de la côte, stockage de carbone, ressources halieutiques, nurserie),
- Améliorer la protection du port de plaisance face à l'agitation

En matière de gain net en biodiversité :

- Développer la mangrove sur la zone d'accrétion sédimentaire néoformée constituant le prolongement de la Pointe des Sables,
- Accroître la biodiversité associée aux palétuviers *Rhizophora mangle*, i.e. spongiaires, mollusques, etc.,
- Développer des fonctions écologiques pour les espèces et en particulier la fonction de nurserie pour les juvéniles de poissons.
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Utiliser la mangrove comme infrastructure verte et mettre à profit sa résilience, sa résistance et son auto-réparation face aux événements météorologiques extrêmes,
- Améliorer le confort des usagers du port de plaisance en dehors des événements extrêmes (clapot courant), et ainsi améliorer l'attractivité du port de plaisance et ses retombées économiques,
- Incarner un projet démonstrateur conciliant préservation de la biodiversité et activités économiques,
- Expérimenter une approche alternative aux infrastructures lourdes en proposant des aménagements légers et réversibles.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

Le projet comprend différentes phases qui conditionnent la sélection d'indicateurs permettant de qualifier l'atteinte des objectifs de chacune d'entre elles : (1) l'implantation des dispositifs favorisant l'accrétion, (2) la croissance de la zone d'accrétion sédimentaire et la création progressive de conditions propices au développement d'une néo-mangrove, (3) le développement de la néo-mangrove et de la biodiversité associée. A terme, l'objectif visé est la protection du port de plaisance contre le clapot (agitation quotidienne de la mer levée par le vent de direction sud-est).

Chaque phase étant indispensable à l'enchaînement de l'autre, il convient de suivre leurs bons déroulés respectifs par la mise en œuvre d'indicateurs permettant à la fois de contrôler la mise en œuvre des interventions prévues (indicateurs de réalisation) et de suivre les éventuels résultats et effets positifs attendus (p.ex. adaptation au changement climatique et gains nets en biodiversité).

Ainsi, il convient de définir un/des indicateur(s) permettant :

- de contrôler la tenue des dispositifs favorisant l'accrétion sédimentaire dans le temps (indicateur de réalisation),
- de réaliser le suivi des dynamiques sédimentaires au niveau du site (indicateur hybride de réalisation et de résultats en matière d'adaptation au changement climatique),
- de suivre l'évolution de la mangrove et de la biodiversité associée,
- de suivre la bonne protection du port de plaisance contre le clapot.

Les incertitudes relatives à la cinétique des différentes phases (accrétion sédimentaire, développement de la mangrove et de la biodiversité associée) et au succès /à l'échec potentiel de chacune des phases doivent être soulignées. Les risques identifiés recouvrent la non-tenue des dispositifs d'accrétion, des dynamiques sédimentaires ne rendant pas compte d'une accrétion, l'absence de la colonisation de la zone d'accrétion par une néo-mangrove (en raison de l'exposition du site et du fait qu'il s'agit d'une création de mangrove et non d'une simple restauration).

Par ailleurs, s'agissant de la biodiversité, une attention particulière doit être portée à la présence d'herbiers de phanérogames à proximité immédiate du projet (*Thalassa testudinum*, *Syringodium filiforme*). Ainsi, un indicateur à part entière est dédié au suivi de ces herbiers. Sur le site lui-même, les indicateurs de suivi de la biodiversité concernent l'abondance et la diversité des espèces de poissons, l'hypothèse étant faite que ce compartiment serait positivement impacté par le succès de la formation de la néo-mangrove.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN de la CACEM sont présentés dans le Tableau 3 p.33. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 3 : Indicateurs de suivi préconisés à la CACEM.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Accroître la protection du port face à l'agitation et à l'élévation du niveau marin	3.2.11 Intensité du clapot ou de la houle, agitation	106
	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
Améliorer le confort des usagers du port de plaisance en dehors des évènements extrêmes	3.2.5 Turbidité de l'eau	88
	3.2.10 Accrétion sédimentaire	102
	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.8 Surface colonisée par la végétation	170
	3.6.5 Tenue et état des dispositifs techniques liés à la mise en œuvre de la SafN	243
Accroître la biodiversité associée aux palétuviers <i>Rhizophora mangle</i> , i.e. spongiaires, mollusques, etc.	3.3.5 Diversité des espèces	161
	3.3.12 État de santé des milieux connexes	184
Développer des fonctions écologiques pour les espèces et en particulier la fonction de nurserie pour les juvéniles de poissons		
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236

2.2.2 Génie végétal équatorial, Communauté d'agglomération du Centre Littoral (CACL)

Interventions

Le site est situé dans une plaine sédimentaire basse en bordure de mer, très sensible aux risques d'inondation, au sein de la Communauté d'agglomération du Centre-Littoral (CACL) en Guyane. La mise en œuvre de techniques de génie végétal concerne les canaux situés dans des zones urbaines de la CACL, dans le but d'augmenter les vitesses d'écoulement. Dans un premier temps, l'action consiste à étudier les techniques de génie végétal basées sur les écosystèmes naturels et à les expérimenter sur des tronçons pilotes. Il pourra s'agir de plantations d'arbres le long des canaux pour apporter de l'ombrage et contrôler l'enherbement, de l'implantation de plantes couvre-sol pour limiter l'apparition d'espèces herbacées non désirées, etc. Après la mise en œuvre des techniques choisies sur les zones identifiées pour créer des écosystèmes fonctionnels et équilibrés dans les canaux compatibles avec un bon écoulement des eaux, la rédaction d'un guide technique à destination des aménageurs est prévue, en lien avec l'objectif de démonstration.

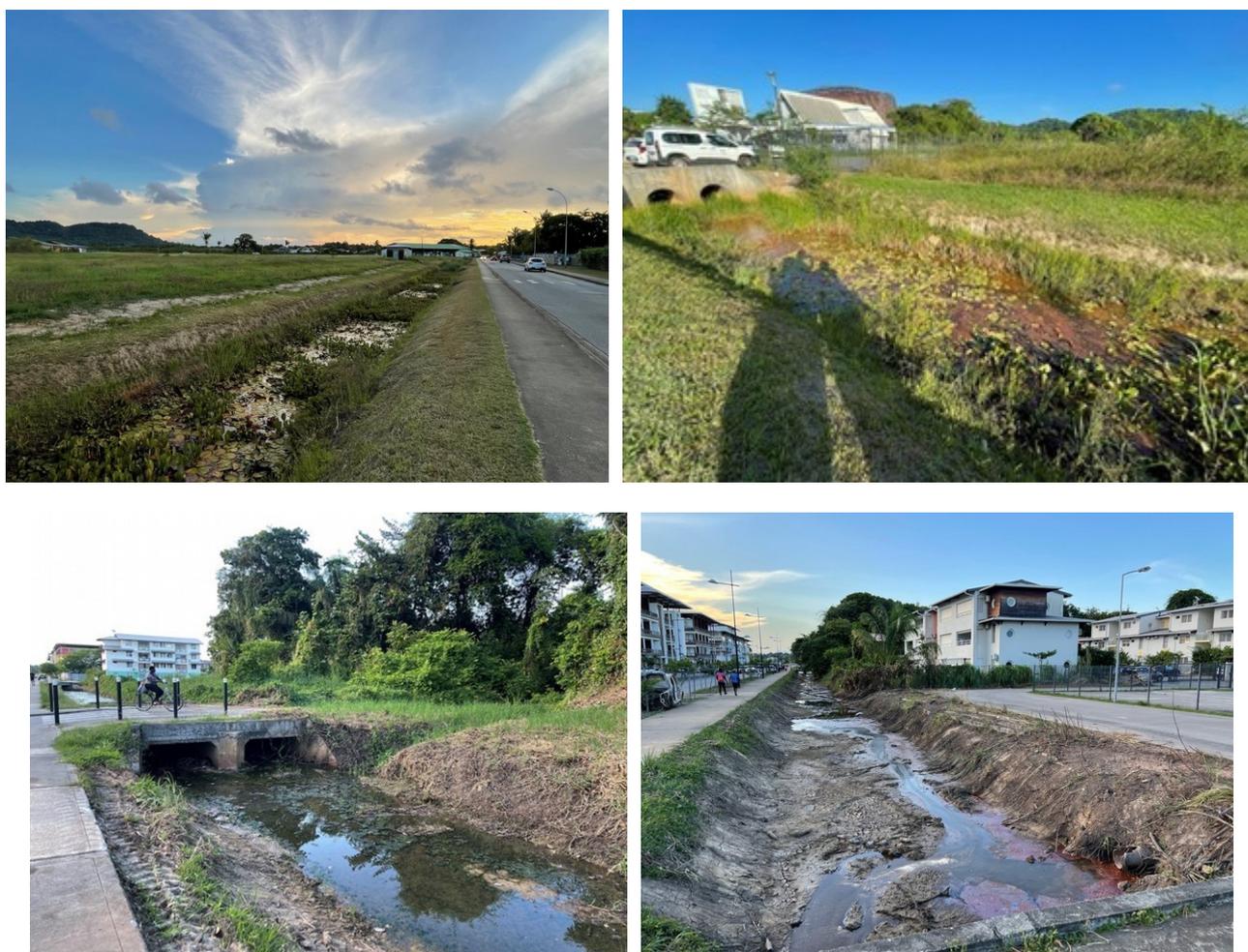


Illustration 5 : En haut, le Canal Michotte, Rémire – Arboré ou géonatte avec couvre-sol (Crédits photos : Astrid Abel). En bas, le Canal Hibiscus, Cayenne. Solution proposée : Enrochement avec héliophytes (Crédits photos : Astrid Abel).

Enjeux liés au changement climatique

- Augmentation de l'intensité et de la fréquence des précipitations intenses,
- Élévation du niveau marin,
- Aggravation sensible des inondations due à la combinaison des facteurs précédents et de mauvaises conditions d'écoulement dans les ouvrages (envasement généré par une végétation dense et herbacée)

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Améliorer le fonctionnement hydraulique des canaux,
- Limiter les risques d'inondation par débordement et ruissellement accrus par le changement climatique.
- En matière de gain net en biodiversité :
- Cesser le curage de canaux et limiter les effets négatifs sur les milieux naturels aquatiques,
- Transformer des ouvrages artificialisés en milieu végétal stable propice à la faune et à la flore locale.

Autres objectifs :

- Maîtriser les coûts liés à l'entretien de ces ouvrages (curages),
- Améliorer le cadre de vie des habitants,
- Incarner un projet démonstrateur innovant et produire un guide technique descriptif permettant la mise en œuvre de ces techniques pour les opérations d'aménagement urbain futures.
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

S'agissant d'indicateurs visant à suivre la SafN en matière d'adaptation au changement climatique, et donc sur les inondations et les conditions d'écoulement, un indicateur relatif à la mesure des vitesses d'écoulement a été retenu.

Pour le suivi de la mise en œuvre et de la croissance de la SafN, plusieurs indicateurs de réalisation ont été définis incluant la quantification du linéaire de réseaux aménagés par rapport au linéaire objectif (de 2,5 km) et celle du recouvrement par la végétation (pour suivre l'évolution de la végétation des canaux).

En matière de suivi d'éventuels gains nets en biodiversité, plusieurs indicateurs visent à mesurer les effets a priori propices à la faune et à la flore de la diminution des pratiques de curage et de la création de milieux. En ce qui concerne les compartiments traités, compte-tenu de la nature des milieux et des interventions, les groupes faunistiques à cibler pour les suivis d'abondance et de diversité comprennent entre autres les amphibiens, les odonates, les poissons, l'avifaune, voire les mammifères. Toutefois, le suivi de l'avifaune a été priorisé au regard

des moyens du maître d'ouvrage, du manque de connaissances de certains groupes comme les odonates et de l'apparente absence des poissons pour lesquels l'effet supposé des interventions serait mineur. Ce choix s'appuie également sur les conclusions du projet TRAMES (trames vertes et bleues de la CACL) au cours duquel un protocole de points d'écoute a été réalisé. Enfin, cet inventaire partiel ne permet pas d'intégrer, à ce stade, un indicateur lié aux espèces patrimoniales qui pourraient être favorisées par le projet.

En ce qui concerne les fonctions liées à la trame bleue urbaine, l'absence de connaissance sur d'éventuelles espèces migratrices au droit des habitats concernés a constitué un frein à la définition d'une démarche de suivi des espèces migratrices en amont et en aval du site pilote.

En cohérence avec les objectifs d'augmentation de la qualité des masses d'eau, le suivi de la qualité de l'eau et de la présence de macro-déchets a été envisagé, mais écarté pour des raisons de dimensionnement des études de suivi. L'hypothèse a également été formulée que l'intervention modifierait peu la qualité de l'eau, généralement mauvaise (rejets d'eaux usées).

Enfin, les objectifs associés à l'amélioration du cadre de vie des habitants ont conduit à retenir, parmi un panel d'indicateurs liés aux usages et à l'acceptabilité de la SafN, un indicateur dédié à la perception des canaux réaménagés, par le biais d'entretiens semi-directifs auprès des riverains.

Par ailleurs, compte tenu du linéaire du projet (2,5 km), les contraintes de moyens humains et techniques, de coûts (analyses, matériel, etc.), de niveau d'expertise requis ont conduit à raisonner par échantillonnage et non par un traitement du linéaire dans son intégralité.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN de la CACL sont présentés dans le Tableau 4 p.37. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 4 : Indicateurs de suivi préconisés à la CA CL.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Améliorer le fonctionnement hydraulique des canaux	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
Limiter les risques d'inondation par débordement et ruissellement accrus par le changement climatique	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.5 Diversité des espèces	161
	3.2.18 Croissance des végétaux	128
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166
Maîtriser les coûts liés à l'entretien de ces ouvrages	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
Améliorer le cadre de vie des habitants	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.5 Tenue et état des dispositifs techniques liés à la mise en œuvre de la SafN	243
	3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249

2.2.3 Végétalisation des cours d'école, Ville de Lille

Interventions

La SafN de la Ville de Lille consiste à désimperméabiliser et à végétaliser les cours d'école primaires et maternelles, au rythme de 2 à 3 par an pendant l'ensemble du projet LIFE intégré ARTISAN. Le ratio envisagé en 2018 étant d'atteindre environ 1/3 de surface végétalisée par cour d'école. Désormais, les projets ont pour ambition de cibler une perméabilité maximale selon les capacités des terrains.

En matière de végétalisation, les projets comprennent plantations d'arbres, d'arbustes et de plantes vivaces non ligneuses, des surfaces dédiées à l'infiltration de type noues d'infiltration ou zones tampon, des potagers hors-sol, et la végétalisation des surfaces verticales (murs au moyen de filins notamment, clôtures, pergolas, etc.). Les plantes nectarifères, locales et non allergisantes sont privilégiées pour leur intérêt pour la faune et pour la santé des usagers. Des plantes couvre-sols sont aussi implantées pour limiter les pertes d'eau par évaporation.

Pour les zones ne pouvant être perméabilisées, des matériaux clairs et drainants sont privilégiés. Des dispositifs de récupération des eaux de toiture sont également prévus sous la forme de cuves enterrées.

En dehors des travaux eux-mêmes, la SafN repose sur la mise en place de projets éducatifs innovants prenant appui sur ces espaces.

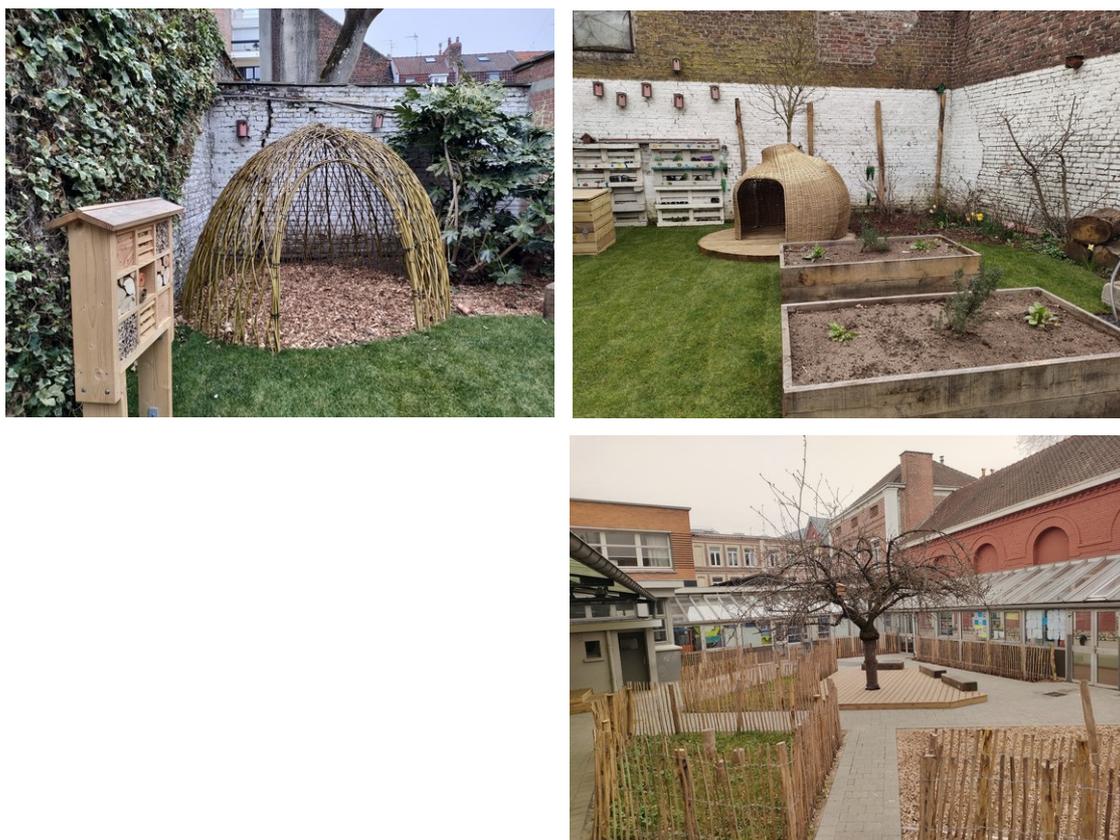


Illustration 6 : Aménagement en 2022 de la cour d'école Châteaubriand Madame de Maintenon. La cabane tressée à côté de l'hôtel à insectes est située du côté de l'école Primaire (Crédits photos : Wendy Arnould).

Enjeux liés au changement climatique

- Hausse de fréquence et d'intensité des épisodes caniculaires et de sécheresse, renforcement du phénomène d'îlot de chaleur urbain,
- Modification du régime de précipitation et augmentation du ruissellement.

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Diminuer les températures dans les sites d'intervention et rafraîchir les espaces avoisinants, limiter le phénomène d'îlot de chaleur urbain,
- Infiltrer les eaux pluviales et limiter le ruissellement.

En matière de gain net en biodiversité :

- Créer, préserver des habitats diversifiés et de qualité,
- Renforcer les continuités écologiques existantes,
- Préserver et favoriser les espèces animales et végétales locales en ville,
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Favoriser les usages et permettre un meilleur accès aux espaces de nature pour les enfants,
- Utiliser les espaces végétalisés comme support d'apprentissage pour le grand public,
- Contribuer à l'atténuation du changement climatique par le stockage du carbone.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

En matière d'adaptation au changement climatique, les indicateurs de suivis doivent permettre de qualifier ou de quantifier l'atteinte de l'objectif d'amélioration du confort thermique pour les élèves, notamment lors des épisodes de canicule. Ainsi, le suivi des températures d'air dans une cour représentative de la diversité des travaux réalisés (p.ex. désimperméabilisation, végétalisation) est préconisé. Pour apprécier l'effet cumulé des travaux sur le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU), les mesures de températures d'air peuvent être déployées via un réseau de stations dans plusieurs points de la ville (sous réserve de faisabilité technique et financière). Si la survenue de canicule est susceptible d'entraîner la fermeture ponctuelle de certains établissements, l'ouverture des établissements pour lesquels une SafN a déjà été mise en place constitue également un indicateur d'adaptation réussie. La mesure des volumes infiltrés permettra de quantifier l'effet de la SafN sur la régulation du ruissellement.

S'agissant des bénéfices pour la biodiversité, sont proposés des suivis de la flore d'une part et d'autre part, des suivis faunistiques de groupes et cortèges pour lesquels la municipalité et ses partenaires entrevoient des effets positifs de la mise en place de la SafN (p.ex. faune du sol, insectes volants, oiseaux et petits mammifères). Plusieurs indicateurs d'intérêt peuvent être dérivés des suivis floristiques, et notamment l'indice d'humidité des

milieux déduit de la présence de certaines espèces floristiques indicatrices, ou encore le potentiel allergisant des espèces végétales.

Concernant les co-bénéfices attendus, le porteur de projets entend suivre les usages (maintenus ou nouveaux) de ces espaces par les élèves et les enseignants. En estimant le stockage du carbone permis par la mise en place de la SafN, sa contribution à l'atténuation du changement climatique pourra être mesurée.

Enfin, la Ville de Lille ayant identifié des objectifs forts de co-construction des SafN avec les usagers (élèves, enseignants), les gestionnaires, et les associations déjà impliquées dans ce type de réflexions, des indicateurs de suivi de la démarche de co-construction et du mode de gouvernance sont préconisés.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN de la Ville de Lille sont présentés dans le Tableau 5 p.40. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 5 : Indicateurs de suivi préconisés à la Ville de Lille.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Infiltrer les eaux pluviales et limiter le ruissellement	3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
Diminuer les températures dans les sites d'intervention et rafraîchir les espaces avoisinants, limiter le phénomène d'îlot de chaleur urbain	3.2.1 Températures d'air	75
	3.2.2 Confort thermique	78
	3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
Créer, préserver des habitats diversifiés et de qualité	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
Renforcer les continuités écologiques existantes	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
Préserver et favoriser les espèces végétales et animales en ville	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
	3.3.5 Diversité des espèces	161
	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Favoriser les usages et permettre un meilleur accès aux espaces de nature pour les enfants	3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
	3.4.2 Potentiel allergisant	192
Utiliser les espaces végétalisés comme support d'apprentissage pour le grand public	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
Contribuer à l'atténuation du changement climatique par le stockage du carbone	3.4.10 Stock de carbone	214

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Indicateurs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241

2.2.4 Eau-Terre-Végétal, Ville des Mureaux

Interventions

La SafN prévue par la Ville des Mureaux (dans les Yvelines) porte sur deux types d'espaces.

Le parc de Bécheville constitue déjà un espace refuge dans les situations de canicule, mais des mortalités localisées de la végétation sont observées lors d'évènements extrêmes. Au sein de ce parc, les cours de l'école élémentaire Paul Raoult présente une importante surface minérale. La SafN consiste donc à entreprendre une démarche de désimperméabilisation et de végétalisation.

La ville dispose par ailleurs de réserves foncières, qu'elle entend renaturer sur une surface d'environ 1 hectare. La renaturation prendra la forme de prairies semées, prairies thermophiles, boisement, confortement d'une ripisylve, haies bocagères et vergers. L'objectif est de conforter et de créer des habitats et ressources alimentaires à la faune. Certains de ces espaces seront entourés de ganivelles de noisetiers, perméables à la petite faune mais permettant de limiter la surfréquentation.

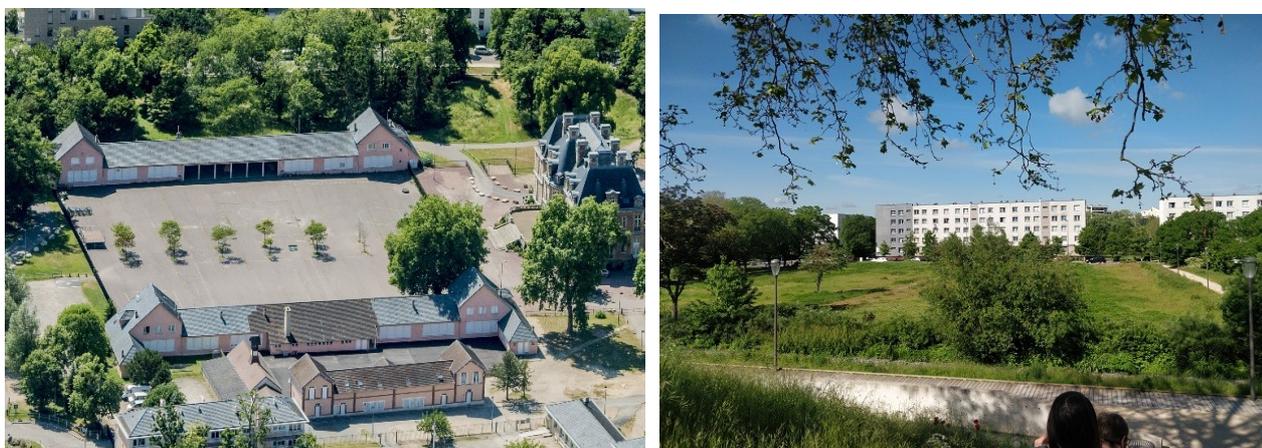


Illustration 7 : A gauche, une vue aérienne de la cour d'école Paul Raoult (Crédit photo : Ville des Mureaux). A droite, une vue du Parc Molière (Crédit photo : ARB Île-de-France).

Enjeux liés au changement climatique

- Hausse de fréquence et d'intensité des épisodes caniculaires et de sécheresse, renforcement du phénomène d'îlot de chaleur urbain,
- Résilience du patrimoine végétal face aux événements extrêmes (notamment sécheresses),
- Modification du régime de précipitation et augmentation du ruissellement.

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Rétablir le régime hydrique des sols : favoriser infiltration et évapotranspiration pour rafraîchir et réduire les volumes d'eau de ruissellement
- Diminuer les températures de 0.5 à 2°C dans les espaces d'intervention,
- Optimiser la ressource en eau et diminuer les volumes arrosés,
- Garantir la santé des végétaux et maximiser leur croissance.

En matière de gain net en biodiversité :

- Créer, préserver des habitats diversifiés et de qualité,
- Renforcer les continuités écologiques existantes,
- Permettre un développement optimal des arbres, assurer leur pérennité et leur protection,
- Préserver et favoriser les espèces animales et végétales en ville,
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Favoriser les usages et permettre une ré-appropriation de la nature et de la biodiversité par les citoyens,
- Associer largement les citoyens et partenaires dans la définition de la SafN et son suivi (gouvernance inclusive),
- Sensibiliser, communiquer et former sur les bénéfices des SafN et contribuer à leur essaimage.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

En matière d'adaptation au changement climatique, les indicateurs de suivis doivent permettre de qualifier ou de quantifier l'atteinte de l'objectif d'amélioration du fonctionnement hydrique des sols. A ce titre, et en lien avec les dispositifs déjà expérimentés par la commune par ailleurs, il est proposé de tirer parti des suivis tensiométriques. Ces mesures transmises régulièrement par le prestataire permettent le pilotage de l'irrigation des espaces verts, lorsque des seuils prédéfinis de tension de l'eau dans les sols sont franchis (plus le sol est sec, plus la tension est élevée). Un indicateur de l'atteinte de l'objectif est donc la fréquence de franchissement de ces seuils. En matière de diminution de l'effet d'îlot de chaleur urbain, plusieurs approches complémentaires sont

actuellement en réflexion pour ce site : des mesures nocturnes de températures de surface (réalisées avec un drone), et des mesures continues des températures ambiantes avec une instrumentation fixe dans la cour de récréation.

Concernant les bénéfices pour la biodiversité, sont sélectionnés des groupes et cortèges pour lesquels la municipalité et ses partenaires entrevoient des effets positifs : flore, insectes, petits mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens. Plusieurs indicateurs d'intérêt peuvent être dérivés de ces suivis : indice d'humidité des milieux déduit de la présence de certaines espèces floristiques notamment, indicateur de la patrimonialité des espèces, indicateur de développement des espèces exotiques envahissantes, etc.

Enfin, la ville de Mureaux ayant identifié des objectifs forts en matière d'appropriation des espaces par les citoyens, un certain nombre d'indicateurs définis dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN reposent sur des enquêtes régulièrement menées auprès du public dans ces espaces.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN de la Ville des Mureaux sont présentés dans le Tableau 6 p.43. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 6 : Indicateurs préconisés à la Ville des Mureaux.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Rétablir le régime hydrique des sols : favoriser infiltration et évapotranspiration pour réduire les volumes d'eau de ruissellement	3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
	3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
Diminuer les températures de 0.5 à 2°C dans les espaces d'intervention,	3.2.1 Températures d'air	75
	3.2.2 Confort thermique	78
	3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
Optimiser la ressource en eau et diminuer les volumes arrosés	3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241
Créer, préserver des habitats diversifiés et de qualité	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
Renforcer les continuités écologiques existantes	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
Préserver et favoriser les espèces végétales et animales en ville	3.3.5 Diversité des espèces	161
	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Favoriser les usages et permettre un une ré-appropriation des espaces de nature par les citoyens	3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
	3.4.2 Potentiel allergisant	192
Sensibiliser, communiquer et former sur les bénéfices des SafN, contribuer à leur essaimage	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services	200

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Associer largement les citoyens et les partenaires dans la définition de la SafN	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249

2.2.5 Ville perméable - Acte 2, Métropole du Grand Lyon

Interventions

La SafN proposée ici consiste à réaménager des fosses d'arbres déjà en place pour supprimer les barrières à l'écoulement, augmenter le volume de la fosse, mettre en place une zone de stockage d'eau (tranchée d'infiltration) et enfin, diversifier les strates et la palette végétale par des plantations complémentaires. Cette intervention doit permettre, en dirigeant les écoulements dans des fosses d'arbres de plus grande réserve, la réduction des volumes d'eau de ruissellement, ainsi qu'une meilleure alimentation des arbres et autres végétaux, et donc la maximisation de l'ombrage et de la transpiration végétale.

Le projet prévoit le traitement d'une trentaine de fosses dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN, et la Métropole ambitionne environ 2500 réalisations à l'horizon 2025 via des financements complémentaires.

Les premières fosses d'arbres à réaménager qui ont été sélectionnées dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN et pour la phase 1, se situent dans la rue Juliette Récamier du 6^{ème} arrondissement de Lyon. Ce choix a été fait notamment en raison de l'intérêt connu des habitants pour la démarche de micro-fleurissement déjà initiée par la ville (Jardins de rue), et les croisements des données entre la vulnérabilité physiologique à l'impact des îlots de chaleur urbain et le risque d'inondation local (routes de ruissellement). Les travaux seront planifiés entre 2021 et 2025 pour les trois phases du projet.



Illustration 8 : A gauche, l'arbre de pluie est une branche de plus pour la ville perméable, le grand projet d'adaptation de la Métropole de Lyon (Crédit photo : Johana Sanabria / Métropole du Grand Lyon). En haut à droite, les arbres de pluie permettent aux citoyens de participer à l'adaptation de la ville au changement climatique (Crédit photo : Thierry Fournier / Métropole du Grand Lyon). En bas à droite, un arbre de pluie permet de réduire le ruissellement, de recharger la nappe phréatique, de développer un îlot de fraîcheur, de favoriser la biodiversité urbaine et d'améliorer le cadre de vie des riverains (Crédit photo : Johana Sanabria / Métropole du Grand Lyon).

Enjeux liés au changement climatique

- Modification du régime de précipitation et augmentation du ruissellement
- Hausse de fréquence et d'intensité des épisodes caniculaires et de sécheresse, renforcement du phénomène d'îlot de chaleur urbain
- Résilience du patrimoine végétal face aux événements extrêmes (notamment sécheresses)

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Favoriser l'infiltration (objectif chiffré : 50% des eaux météoriques infiltrées) et réduire les volumes d'eau de ruissellement,
- Garantir la santé et maximiser la croissance des végétaux : ombrage et évapotranspiration.

En matière de gain net en biodiversité :

- Fournir aux espèces des habitats diversifiés de qualité,
- Subvenir aux besoins en eau des espèces,
- Renforcer les continuités écologiques existantes,
- Augmenter l'abondance et la diversité d'espèces,
- Lutter contre la propagation d'espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Favoriser l'appropriation citoyenne des espaces publics végétalisés (plantation et gestion),
- Améliorer la qualité de l'air notamment via la fixation des particules fines,
- Amoindrir les rejets des déversoirs d'orage du réseau unitaire et améliorer la qualité de l'eau.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

Compte-tenu des enjeux d'adaptation au changement climatique du site – ruissellement et confort estival - et de l'échelle d'intervention (fosses d'arbres individuelles), les indicateurs de suivi doivent être mesurables et pertinents à l'échelle de la fosse / de l'arbre. Cela conduit à sélectionner des indicateurs de rafraîchissement au plus proche de la physiologie des végétaux (p.ex. flux évapotranspirés) et sensibles à des travaux de cette ampleur (p.ex. indices du confort thermique plutôt que les seules températures d'air).

En matière d'impacts pour la biodiversité, sont sélectionnés des essences pour lesquels la maîtrise d'ouvrage et ses partenaires techniques entrevoient un effet positif de la multiplication des strates et la modification des conditions édaphiques (p.ex. teneur en eau). Dans la logique de gain net, et donc d'anticipation de potentiels impacts négatifs pour la biodiversité, sont également définis des indicateurs liés à la présence d'espèces invasives, espèces exotiques envahissantes avérées ou potentielles.

Le projet prévoit l'instrumentation et le suivi des fosses réaménagées dès la première phase du projet LIFE intégré ARTISAN, et d'arbres témoin conservés tels quels (sans intervention sur la fosse) dans des conditions comparables (essence, maturité, rue, etc.). Le suivi des indicateurs concernés sera réalisé par comparaison spatiale (site avec intervention / site témoin sans intervention), l'état de référence étant le site témoin sans intervention.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN de la Métropole du Grand Lyon sont présentés dans le Tableau 7 p.47. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 7 : Indicateurs préconisés à la Métropole du Grand Lyon.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Favoriser l'infiltration (objectif chiffré : 50% des eaux météoriques infiltrées) et réduire les volumes d'eau de ruissellement, Subvenir aux besoins en eau des espèces	3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
Garantir la santé et maximiser la croissance des végétaux : ombrage et évapotranspiration.	3.2.1 Températures d'air	75
	3.2.2 Confort thermique	78
	3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
	3.2.18 Croissance des végétaux	128
Fournir aux espèces des habitats diversifiés de qualité	3.6.6 Indicateurs physiques, chimiques et biologiques des sols	246
	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
Renforcer les continuités écologiques existantes	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
Augmenter l'abondance et la biodiversité des espèces	3.3.5 Diversité des espèces	161
	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Favoriser l'appropriation citoyenne des espaces publics végétalisés (plantation et gestion),	3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
	3.4.2 Potentiel allergisant	192
	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241

2.2.6 Marais de l'Estagnol, Syndicat de Gestion de l'Eygoutier

Interventions

La SafN proposée ici consiste à restaurer des zones humides à l'intérieur du marais de l'Estagnol, situé dans le Var dans le bassin versant de la baie de Toulon, en retirant les remblais accumulés au fil du temps.

La restauration du marais doit permettre de retrouver les fonctions hydrologiques afin d'assurer le maintien et la fourniture des services écosystémiques associés (épuration des eaux, régulation des crues et soutien d'étiages). Cette nouvelle zone humide ajoute un maillon entre deux zones humides remarquables : le parc nature du Plan de la Garde (zone humide de 130 ha aux portes de Toulon) et les étangs des Pesquiers (réserve d'oiseaux migrateurs à proximité de Hyères).

Le projet prévoit la réhabilitation de 27 hectares sur les 60 que comprend le marais.

Les travaux seront réalisés entre 2024 et 2025 après des démarches de concertations locales définissant le scénario d'aménagement puis une période d'acquisitions foncières.



Illustration 9 : A gauche, visite en mars 2021 du site de l'Estagnol dans le cadre du projet Life intégré ARTISAN (Crédit photo : David Moulin / OFB). A droite, remblais qui devront être enlevés, une végétation rudérale s'est développée (Crédit photo : Bertrand Ehly / Syndicat de Gestion de l'Eygoutier).

Enjeux liés au changement climatique

- Modification du régime de précipitation (notamment hausse de fréquence et d'intensité des épisodes méditerranéen) et augmentation du ruissellement (risque d'inondation accru),
- Hausse de fréquence et d'intensité des épisodes caniculaires et de sécheresse, confort thermique estival et problème d'étiage.

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Rétablir les fonctions hydrologiques du site (rendre son caractère humide au marais de l'Estagnol, maintenir un écoulement en étiage dans l'Eygoutier) pour réduire les inondations,
- Créer un îlot de fraîcheur périurbain.

En matière de gain net en biodiversité :

- Retrouver le caractère hydromorphe du sol favorable à la réimplantation d'espèces inféodées (faune et flore),
- Augmenter l'abondance et la diversité d'espèces,
- Contribuer aux continuités écologiques existantes (trame bleue et turquoise),
- Épurer les polluants d'origine agricole et urbaine pour améliorer de la qualité de l'eau,
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Sensibiliser les usagers locaux aux enjeux du site et en améliorer l'accueil,
- Favoriser la perception de ce type de projets et co-construire la démarche.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

Les enjeux d'adaptation au changement climatique du site – régulation des débits et soutien des débits d'étiage conduisent à sélectionner des indicateurs permettant de caractériser l'effet du projet sur les capacités d'infiltration vers la nappe et la régulation des vitesses d'écoulement.

S'agissant des bénéfices pour la biodiversité, un inventaire faune/flore a été réalisé en 2019. Comme il est impossible financièrement de reconduire un inventaire complet, seuls les indicateurs les plus pertinents sont conservés. Ainsi, sont sélectionnés les cortèges pour lesquels la maîtrise d'ouvrage et ses partenaires techniques entrevoient un effet positif de la réhabilitation de la zone humide : diversité d'espèces patrimoniales.

Concernant la gouvernance, plusieurs enquêtes auprès des riverains et des professionnels du secteur ont déjà eu lieu. Elles seront reconduites afin de compléter plusieurs indicateurs dont, par exemple, la fréquentation du site et les usages associés, l'acceptabilité du projet, l'implication des diverses parties prenantes aux différentes étapes du projet, ou encore leur influence perçue dans ce processus.

L'instrumentation et le suivi du marais sera ajusté selon le scénario d'aménagement choisi. Le suivi des indicateurs sera réalisée par comparaison à l'état de référence effectué en 2019 et par rapport à des référentiels existants comme RhoMéo, programme de suivi des restaurations de zones humides dans le périmètre de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN du Syndicat de Gestion de l'Eygoutier sont présentés dans le Tableau 8 p.50. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 8 : Indicateurs préconisés au Syndicat de Gestion de l'Eygoutier.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Rétablir les fonctions hydrologiques du site pour réduire les inondations	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
	3.2.12 Niveau des nappes	109
Créer un îlot de fraîcheur péri-urbain	3.2.1 Températures d'air	75
	3.2.2 Confort thermique	78
Épurer les polluants d'origine agricole et urbaine pour améliorer de la qualité de l'eau	3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH) (+ nitrates)	82
	3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	179
Retrouver le caractère hydromorphe du sol favorable à la réimplantation d'espèces inféodées (faune et flore)	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
Augmenter l'abondance et la diversité d'espèces	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.5 Diversité des espèces	161
Contribuer aux continuités écologiques existantes (trame bleue et turquoise)	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Sensibiliser les usagers locaux aux enjeux du site et en améliorer l'accueil	3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
Favoriser la perception de ce type de projets et co-construire la démarche	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)	227
	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	229

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236

2.2.7 Ancoeur 2030, Syndicat mixte des 4 vallées de la Brie (Aqubrie/INRAE)

Interventions

La SafN proposée ici consiste à valoriser et restaurer à l'échelle du bassin versant de l'Ancoeur un réseau de zones tampons. En particulier, ces zones peuvent épurer les eaux de surface d'une partie des pollutions diffuses avant qu'elles ne s'infiltrent, via des gouffres karstiques ou des zones de pertes en rivière, vers la nappe des calcaires de Champigny qui est utilisée pour l'alimentation en eau potable d'un million de franciliens. Le caractère multifonctionnel de ces zones repose sur l'amélioration des continuités écologiques, la reconquête de zones humides, la capacité à "stocker" de l'eau en été, et le ralentissement des crues hivernales. Un travail réalisé par l'IRSTEA (actuellement INRAE), au travers d'un outil d'analyse cartographique, a permis de pré-identifier des zones sur lesquelles des aménagements paysagers pourraient conduire à la création de zones tampons fonctionnelles. Un travail de concertation permettra d'identifier collectivement les zones tampons à aménager, et de co-construire la démarche.

Le projet prévoit la création, sur le bassin versant de la rivière Ancoeur en Seine-et-Marne, de 4 ou 5 nouvelles zones tampons, de taille suffisamment significative et sur des localisations pertinentes.

Les travaux sont planifiés entre 2021 et 2027.



Illustration 10 : Zone humide réalisée à la Chapelle-Gauthier dans le cadre du projet Ancoeur 2030 (Crédits photos : ARB Île-de-France).

Enjeux liés au changement climatique

- Modification du régime de précipitation et augmentation du ruissellement (risquant d'augmenter les pollutions d'origine agricole),
- Hausse de fréquence et d'intensité des épisodes caniculaires et de sécheresse, renforçant la sévérité et la fréquence des étiages,
- Disponibilité et qualité de la ressource en eau (moins de prélèvements en eau de surface et davantage en eaux souterraines).

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Maîtriser et limiter les effets perturbateurs des événements hydrologiques à l'échelle du bassin versant de la rivière Ancoeur (assèchements estivaux, crues hivernales),
- Améliorer le service écosystémique d'épuration de l'eau des zones-tampons,
- Améliorer la qualité de la ressource en eau potable.

En matière de gain net en biodiversité :

- Retrouver le caractère hydromorphe du sol favorable à la réimplantation d'espèces inféodées (faune et flore),
- Augmenter l'abondance et la diversité d'espèces,
- Favoriser les connexions au sein d'un corridor écologique,
- Épurer les contaminants d'origine agricole (pesticides, nutriments) et ainsi préserver la qualité de la ressource en l'eau.
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Sensibiliser les usagers locaux à la connaissance et la protection de la nappe de Champigny,
- Limiter les effets négatifs (notamment emprise) pour les activités économiques.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

Compte-tenu de l'enjeu d'adaptation au changement climatique du site – limiter les effets perturbateurs des événements hydrologiques (assèchements estivaux, crues hivernales) et améliorer le service écosystémique d'épuration – les indicateurs de suivi doivent être sobres et robustes. Cela conduit par exemple à sélectionner des indicateurs de températures de l'eau amont/aval ou des temps de séjour de l'eau sur chacun des sites aménagés. Le choix de ces indicateurs s'est basé sur la capitalisation de l'instrumentation depuis 10 ans du site du Rampillon (Seine-et-Marne), auto-épuration des eaux issues du drainage agricole.

S'agissant des bénéfiques pour la biodiversité, sont sélectionnés des cortèges pour lesquels la maîtrise d'ouvrage et ses partenaires techniques entrevoient un effet positif de la réhabilitation de la zone humide : diversité d'amphibiens et d'odonates. Le calcul de l'indice floristique d'engorgement rendra compte de la conquête des nouvelles zones humides par des plantes hydrophiles.

Concernant les co-bénéfices sociaux et économiques et au vu de l'échelle du projet (bassin versant de l'Ancoeur), les indicateurs de suivi doivent être facilement mesurables et tenir compte des enjeux économiques locaux. Cela conduit par exemple à sélectionner la fréquence d'événements extrêmes et non le calcul des dégâts évités qui nécessite une modélisation hydrologique tenant compte de la présence de gouffres dans la région.

La concertation étant une partie importante du projet, il est souhaitable que les indicateurs liés à la gouvernance inclusive permettent de suivre les moyens humains mis en œuvre. Ainsi des indicateurs tels que le nombre de parties prenantes impliquées aux différentes étapes du projet, le nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN ou encore le nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes, seront mesurés.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN d'Aquibrie sont présentés dans le Tableau 9 p.53. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 9 : Indicateurs de suivi préconisés au Syndicat mixte des 4 vallées de la Brie, à Aquibrie et l'INRAE.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Maîtriser et limiter les effets perturbateurs des événements hydrologiques (assèchements estivaux, crues hivernales)	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
	3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	112
	3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
Améliorer le service écosystémique d'épuration de l'eau des zones tampons et améliorer la qualité de la ressource en eau potable Épurer les contaminants d'origine agricole (pesticides, nutriments) et ainsi préserver la qualité de la ressource en l'eau	3.2.4 Efficacité de dépollution : températures relatives amont/aval, Temps de séjour de l'eau	85
Retrouver le caractère hydromorphe du sol favorable à la réimplantation d'espèces inféodées (faune et flore)	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
Augmenter l'abondance et la diversité d'espèces	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.5 Diversité des espèces	161
Favoriser les connexions au sein d'un corridor écologique	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Sensibiliser les usagers locaux à la connaissance et à la protection de la nappe de Champigny	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
Limiter les effets négatifs (notamment emprise) pour les activités économiques.	3.4.7 Emprise de la SafN sur les surfaces dévolues à d'autres activités économiques	207
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.2 Potentiel allergisant	192
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)	227
	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	229
	3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236

2.2.8 ResSources du Néal, Forum des Marais Atlantiques

Interventions

Le projet se propose de travailler de manière coordonnée et concertée à l'échelle de la tête de bassin versant du Néal (rivière de Bretagne, affluent droit de la Rance) pour prévenir les déséquilibres quantitatifs lors des périodes d'étiage, de plus en plus fréquentes et sévères, et ayant des effets significatifs, notamment sur la qualité de l'eau potable.

Il vise à accroître l'acceptation, et donc la bonne mise en œuvre des travaux de restauration écologiques, prévus dans le cadre du contrat territorial de bassin (2020-2025) et consistant à restaurer des zones humides et des cours d'eau sur la tête de ce bassin. Ces différentes interventions doivent permettre en priorité de soutenir le débit d'étiage et d'améliorer l'alimentation de la nappe tout en assurant une protection contre les crues, une amélioration de la qualité de l'eau et des capacités d'accueil pour la faune et la flore.

Une première étape consistera à identifier les secteurs de ce petit bassin hydrographique où les travaux permettraient les plus grands bénéfices de soutien au débit et de déterminer la faisabilité sociale par une concertation locale.

Sur la base des résultats de la concertation, un programme de travaux de restauration des milieux aquatiques sera proposé pour une période de 3 ans entre 2022 et 2024. Le contrat territorial envisage notamment la restauration de 2 hectares de zones humides, la restauration morphologique sur un linéaire de 4 km de cours d'eau et des travaux ponctuels (suppression de certains ouvrages transversaux notamment).

Grâce au suivi des effets bénéfiques croisés des différentes opérations, le projet devrait déboucher sur des recommandations techniques sur la restauration des zones humides et des cours d'eau dans le cadre de l'atténuation des effets liés au changement climatique, ainsi que des recommandations socio-économiques pour faciliter la mise en œuvre des actions.



Illustration 11: Suivis réalisés dans le cadre du projet ResSources du Néal. A gauche, un contexte de station météorologique Irodouer (Crédit photo : Oriana Garcia / FMA). A droite, une station limnimétrique (Crédit photo : Alix Augier / FMA).

Enjeux liés au changement climatique

- Disponibilité en eau (en quantité comme en qualité) dans un contexte de nappe très vulnérable,
- Hausse de fréquence et d'intensité des épisodes de sécheresse et d'inondation,
- Résilience des habitats aquatiques face aux événements extrêmes (notamment sécheresses).

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Maintenir l'eau en période estivale, soutenir les débits d'étiage et recharger les nappes phréatiques souterraines,
- Réguler les débits par le stockage des précipitations dans le sol ou en surface, atténuer les pics de crues et ralentir leur progression vers l'aval.

En matière de gain net en biodiversité :

- Améliorer la qualité de la ressource en eau,
- Restaurer les continuités écologiques et mettre en relation la rivière et la nappe de la zone humide,
- Retrouver le caractère hydromorphe du sol favorable à la réimplantation d'espèces inféodées (faune et flore).
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Sensibiliser les usagers locaux sur la vulnérabilité du territoire face au changement climatique,
- Améliorer la perception locale de ces travaux,
- Améliorer la qualité de la ressource en eau potable,
- Valoriser les effets de la reconquête des milieux aquatiques pour un territoire plus résilient.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

Compte-tenu des enjeux d'adaptation au changement climatique du site – régulation des débits et soutien des débits d'étiage - et de l'échelle d'intervention (différents sites en tête du bassin versant), les indicateurs de suivi doivent être mesurables et pertinents à l'échelle des sites restaurés mais également en aval des aménagements. Cela conduit par exemple à sélectionner des indicateurs permettant de caractériser l'effet du projet sur les capacités d'infiltration vers la nappe ou l'évolution des composantes hydromorphologiques sur les cours d'eau restaurés, en parallèle du suivi de paramètres climatiques et hydrologiques tels que les précipitations et les niveaux d'eau des cours d'eau.

S'agissant des bénéfices pour la biodiversité, sont sélectionnés des cortèges pour lesquels la maîtrise d'ouvrage et ses partenaires techniques entrevoient un effet positif de la réhabilitation de la zone humide : diversité

d'amphibiens et d'odonates. Le calcul de l'indice floristique d'engorgement rendra compte de la conquête des nouvelles zones humides par des plantes hydrophiles.

Concernant les co-bénéfices sociaux et économiques et aux vues de l'échelle du projet, les indicateurs de suivi doivent être facilement mesurables et tenir compte des enjeux économiques locaux. Cela conduit par exemple à sélectionner la production de fourrage ou la fréquence d'évènements extrêmes avec, en particulier, la survenue d'assecs.

La concertation étant une partie importante du projet, il est souhaitable que les indicateurs liés à la gouvernance inclusive permettent de suivre les moyens humains mis en œuvre et l'implication des parties prenantes. Ainsi des indicateurs tels que le nombre de parties prenantes impliquées aux différentes étapes du projet ou encore le nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes, seront décomptés. A contrario, afin de mesurer d'éventuelles réticences au projet, le nombre de litiges / recours / contentieux en lien avec le projet de SafN sera également suivi. De la même manière, en raison de difficultés anticipées quant à la maîtrise du foncier (non maîtrisé en début de projet), un indicateur de suivi des surfaces maîtrisées (p.ex. conventionnée) et négociation est préconisé.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN du Forum des Marais Atlantiques sont présentés dans le Tableau 10 p.57. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 10 : Indicateurs de suivi préconisés au Forum des Marais Atlantiques.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Maintenir l'eau en période estivale, soutenir les débits d'étiage et recharger les nappes phréatiques souterraines	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
	3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau	96
	3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement	99
Réguler les débits par le stockage des précipitations dans le sol ou en surface, atténuer les pics de crues et ralentir leur progression vers l'aval	3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
	3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux)	94
	3.2.12 Niveau des nappes	109
	3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	112
	3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des évènements météorologiques	138
Restaurer les continuités écologiques	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
Améliorer la qualité de la ressource en eau	3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	179
	3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)	82
Retrouver le caractère hydromorphe du sol favorable à la réimplantation d'espèces inféodées (faune et flore)	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Sensibiliser les usagers locaux à la vulnérabilité du territoire face au	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
changement climatique Améliorer la perception locale de ces travaux Valoriser les effets de la reconquête des milieux aquatiques pour un territoire plus résilient	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)	227
	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	229
Objectifs transversaux	3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133
	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.4.7 Emprise de la SafN sur les surfaces dévolues à d'autres activités économiques	207
	3.4.9 Production de fourrage	212
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236

2.2.9 Bocage résilient, Communauté de communes Cingal-Suisse Normande

Interventions

L'élévation des températures a une conséquence directe sur le développement des espèces ligneuses. Sont ainsi observés : un risque de vulnérabilité accru lié aux gelées hivernales et printanières, une difficulté de régénération et une croissance limitée. En outre, l'élévation des températures a une conséquence directe sur le développement d'agents pathogènes qui menacent la survie de nombreuses essences d'arbres qui composent les haies. Enfin, l'augmentation du stress hydrique contribue à fragiliser les arbres. Sur le territoire de Cingal-Suisse Normande, ces difficultés biophysiques se doublent de facteurs humains peu propices au maintien des haies, à savoir une certaine méconnaissance des services écosystémiques rendus par le bocage que le remembrement a déjà fortement réduit. Le maillage bocager ne se résume pas uniquement aux haies mais implique également les bandes enherbées, les fossés, les talus, etc.

La SafN proposée ici consiste à maintenir et à restaurer un maillage bocager. Il s'agit notamment : d'identifier les « stations résistantes » et de les protéger. Il s'agit également d'accompagner les exploitants agricoles et les propriétaires dans la restauration et le renforcement de haies résilientes et pérennes via plusieurs Plans de Gestions Durables des Haies (PGDH). Plusieurs types d'aménagements bocagers pourront être créés en fonction des enjeux et des contraintes de chaque planteur. Sur les secteurs fortement soumis au risque d'érosion, des haies sur talus (plus contraignantes pour la circulation d'engins agricoles) seront notamment privilégiées tandis que les secteurs moins vulnérables pourront faire l'objet de plantation à plat.



Illustration 12 : En haut à gauche, panorama du Rocher des Parcs (Crédit photo : CCCSN). En haut à droite, Paysage de Suisse Normande (Crédit photo : CCCSN). En bas à gauche : Jeune haie bocagère sur Thury-Harcourt-Le-Hom (Crédit photo : Service Transition et continuités écologiques CCCSN). En bas à droite : Jeune haie bocagère sur Les Moutiers en Cinglais (Crédit photo : Service Transition et continuités écologiques CCCSN).

Enjeux liés au changement climatique

- Élévation des températures et augmentation du stress hydrique menant à l'affaiblissement et à la disparition ponctuelle du maillage bocager,
- Modification des régimes de précipitation pouvant aggraver les phénomènes d'érosion, de ruissellement et de coulées de boue.

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Renforcer les effets d'ombrage durant les périodes de chaleur et abris contre le froid l'hiver pour soutenir la production laitière (bénéfices agro-écologiques),
- Intercepter le ruissellement et les solides pour limiter l'érosion, les inondations et les coulées de boue, et favoriser l'auto-épuration de l'eau,
- Infiltrer les eaux de pluies pour recharger les nappes phréatiques.

En matière de gain net en biodiversité :

- Fournir des habitats diversifiés de qualité synonymes d'une grande richesse écologique,
- Renforcer les continuités écologiques au sein du territoire,
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Appuyer la mise en place d'une filière bois,
- Participer à l'atténuation du changement climatique par le stockage de carbone,
- Appuyer le développement d'une filière bois-énergie,
- Maintenir l'identité paysagère du territoire et l'attractivité touristique,
- Développer sur le territoire une dynamique positive autour du bocage.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

L'indicateur premier de suivi de la SafN concerne le développement du linéaire bocager qui contribue à la fourniture des services écosystémiques suivis. Outre certaines incertitudes liées à la maîtrise du foncier (conventionnement avec les agriculteurs), le maintien des haies créées et restaurées s'expose aux périls climatiques. Après des travaux de plantation ou de restauration de haies, une attention particulière doit être portée sur la reprise et le maintien des plants.

S'agissant des autres objectifs d'adaptation au changement climatique, il convient de préciser que le territoire de Cingal-Suisse Normande se compose de deux ensembles distincts :

- Le territoire de Suisse normande, au relief accidenté, est plus propice à l'élevage. Les services écosystémiques rendus par la haie vis-à-vis du changement climatique sont alors plutôt ceux qui augmentent le confort des bêtes (ombrage, évapotranspiration), et le maintien de la production des prairies en été. Les haies permettront dans une certaine mesure d'améliorer l'eau du sol et de créer un microclimat. Des indicateurs de suivi éthologique seront définis au cours du projet, et ne sont pour l'heure pas intégrés au référentiel. Pour approcher l'évolution de l'effet d'ombrage, des proxys sont préconisés à ce stade (p.ex. linéaire bocager et IPERBOC pour la structure tridimensionnelle des haies). Ce territoire est aussi soumis à l'érosion et au ruissellement. L'érosion est moins spectaculaire que sur le territoire du Cingal (décrit ci-après) mais tout aussi problématique, les particules de sol pouvant très vite être transportées dans les cours d'eau du fait d'un chevelu dense (réseau de rigoles).
- Le territoire de Cingal, dans la plaine de Caen, est quant à lui confronté aux problématiques de ruissellement et d'érosion des terres arables. Les suivis préconisés intègrent ainsi les paramètres hydrologiques et, en particulier, la turbidité des cours d'eau du bassin versant pour rendre compte de phénomènes érosifs. Le suivi de certaines espèces indicatrices (truite ou macro-invertébrés) est également envisagé pour rendre compte d'une éventuelle amélioration de la qualité des cours d'eau si la SafN limite le ruissellement sur les surfaces agricoles. Pour qualifier l'atteinte de l'objectif de recharge de nappes, des suivis de leur niveau par piézomètre sont préconisés et en cours d'examen. Enfin, des indicateurs socio-économiques de l'adaptation tels que l'estimation des dommages évités (inondations et coulées de boue), ou encore l'évolution de la part des populations exposées aux inondations sont à intégrer à la démarche.

Concernant la biodiversité, pour l'ensemble du territoire, outre l'amélioration de la qualité de l'eau sont espérés des effets bénéfiques pour les populations d'auxiliaires de culture que l'indicateur de diversité des espèces permettra de suivre. Des cortèges d'espèces seront potentiellement impactés positivement par la mise en place de haies (avifaune, autres groupes d'insectes, mammifères, etc.) et les possibilités de suivis sont en cours d'examen. Le suivi de la diversité végétale, en dehors des ligneux implantés, est également à l'étude.

En matière de gouvernance, le projet repose sur l'implication des agriculteurs, qui fait donc l'objet de plusieurs indicateurs : nombre de situations conflictuelles liées au conventionnement, nombre d'agriculteurs impliqués dans la démarche, nombre de plans de gestion mis en place, ou encore nombre d'évènements et de chantiers participatifs.

Pour les co-bénéfices (notamment d'attractivité du territoire), le suivi des usages et de la fréquentation des espaces de bocage, au moins sur le territoire de Suisse Normande, est envisagé. L'estimation du potentiel de stockage du carbone, en lien avec les méthodes du label bas Carbone, l'est également.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN de la Communauté de Communes Cingal-Suisse Normande sont présentés dans le Tableau 11 p.62. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 11 : Indicateurs de suivi préconisés à la Communauté de Communes Cingal-Suisse Normande.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Renforcer les effets d'ombrage durant les périodes de chaleur et abris contre le froid l'hiver pour soutenir la production laitière (bénéfices agro-écologiques)	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
	3.2.18 Croissance des végétaux	128
	3.2.24 Développement du linéaire bocager	144
	3.4.9 Production de fourrage	212
Intercepter le ruissellement et les solides pour limiter l'érosion, les inondations et les coulées de boue, et favoriser l'auto-épuration de l'eau	3.2.5 Turbidité de l'eau	88
	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
Infiltrer les eaux de pluie pour recharger les nappes phréatiques	3.2.12 Niveau des nappes	109
Fournir des habitats diversifiés de qualité synonymes d'une grande richesse écologique	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité (truite)	157
	3.3.5 Diversité des espèces	161
Renforcer les continuités écologiques au sein du territoire	3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers	155
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Appuyer la mise en place d'une filière locale pour le bois / le bois-énergie	3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie	209
Maintenir l'identité paysagère du territoire et l'attractivité touristique	3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
Participer à l'atténuation du changement climatique par le stockage du carbone	3.4.10 Stock de carbone	214
Développer sur le territoire une dynamique positive autour du bocage.	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)	227
	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	229
Objectifs transversaux	3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'événements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236

2.2.10 Adaptation au changement climatique des forêts, PNR des Pyrénées Ariégeoises

Interventions

Les forêts du PNR des Pyrénées Ariégeoises jouent des rôles multiples, parmi lesquels la diminution du risque d'avalanches, de glissements de terrain, de coulées de boue ou de chutes de pierre. Or, les conséquences attendues du changement climatique sur le territoire du PNR sont la multiplication de vagues de dépérissement dans les forêts, lesquelles pourront conduire à la mortalité des peuplements qui ne pourront plus fournir les différents services écosystémiques qu'ils fournissent actuellement. Deux stratégies coexistent pour maintenir les services écosystémiques rendus par les espaces forestiers : la plantation de nouvelles essences supposées adaptées aux climats futurs, et/ou maintenir le couvert arboré existant et continuer de valoriser la richesse génétique des peuplements anciens.

Les SafN proposées par le PNR des Pyrénées Ariégeoises s'inscrivent plutôt dans la seconde stratégie, et consistent à déployer des techniques de gestion permettant de renforcer le fonctionnement naturel des forêts actuelles, en s'appuyant sur une biodiversité préservée à toutes les échelles.

Différents types de chantiers pilotes vont ainsi être réalisés en mettant en œuvre des mesures distinctes selon les problèmes spécifiques qui se posent dans les peuplements :

1°) Certains peuplements subissent d'ores et déjà les effets des aléas climatiques et dépérisent. L'enjeu est donc leur renouvellement et plusieurs scénarios de reconstitution vont être testés. Ils s'appuieront notamment sur la dynamique naturelle des recrues ligneux plutôt que sur des plantations en plein, ainsi que sur la régénération naturelle.

2°) D'autres peuplements ne sont pas encore complètement touchés, mais sont identifiés comme vulnérables à court-terme. L'enjeu est alors d'anticiper ce dépérissement pour mettre en place des mesures de gestion permettant de faciliter l'implantation et la régénération naturelle. Il s'agira en particulier de faciliter l'implantation d'un sous-étage qui protégera le développement des futurs semis contre les surchauffes, les coups de vent, etc.

3°) Enfin, d'autres peuplements ne présentent pas encore de signe de dépérissement mais seront vulnérables à plus long terme si les modes d'exploitation n'évoluent pas. Pour ces peuplements, l'objectif est de mettre en place des techniques de gestion qui permettent de renforcer le fonctionnement naturel de l'écosystème (maintien du bois mort et des arbres porteurs de micro-habitats favorables à la biodiversité, maintien de gros bois, etc).

Outre la mise en œuvre de ces chantiers, le porteur de projets prévoit la formalisation et la diffusion de bonnes pratiques (itinéraires techniques) à destination des propriétaires et exploitants forestiers.



Illustration 13 : A gauche, une sortie en forêt organisée par le PNR des Pyrénées Ariégeoises lors des ateliers thématiques destinés à ce que les scientifiques proposent aux propriétaires, gestionnaires et groupes de travail des SafN à déployer (Crédit photo : Raphaële Hemeryck, PNR des Pyrénées Ariégeoises). A droite, visite de chantier exploité au câble mat, technique d'exploitation actuellement quasi utilisée uniquement sur des fortes pentes non mécanisables. Cette méthode évite le passage de machines dans les peuplements, donc le tassement des sols. Le PNR des Pyrénées Ariégeoises souhaiterait la tester (éventuellement en couplage avec du débardage à cheval) sur des terrains peu pentus où l'exploitation mécanisée est actuellement privilégiée au détriment des sols (Crédit photo : Raphaële Hemeryck, PNR des Pyrénées Ariégeoises).

Enjeux liés au changement climatique

- Dépérissement des forêts, mortalité des peuplements et augmentation des risques naturels vis-à-vis desquels la forêt ne sera plus en mesure de jouer son rôle de protection,
- Perte de rendements du secteur sylvicole liée à ces dépérissements.

Objectifs du projet de SafN

En matière d'adaptation au changement climatique :

- Accroître la résistance et la résilience des forêts du territoire au changement climatique afin de limiter au maximum les dépérissements et éviter les mortalités massives,
- Maintenir le couvert forestier afin que les forêts continuent à jouer un rôle de protection,
- Maintenir la capacité productive des forêts exploités (production de bois).

En matière de gain net en biodiversité :

- Augmenter la diversité spécifique de la strate arborée,
- Accroître la diversité génétique du peuplement,
- Augmenter les capacités d'accueil du milieu.
- Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Autres objectifs :

- Préserver les services culturels (usages récréatifs, activités touristiques, etc.),
- Formaliser et diffuser des préconisations d'itinéraires techniques (bonnes pratiques) à destination des propriétaires forestiers.

Définition des modalités de suivi et choix des indicateurs

Compte-tenu de la nature de la SafN et des enjeux du site, les indicateurs d'adaptation au changement climatique recourent à la fois des indicateurs qualifiant la résilience des peuplements, le maintien de la fonction productive, et la protection des populations vis-à-vis de risques naturels (coulées de boue, avalanches, etc.).

S'agissant de la résilience des peuplements, elle sera suivie à la fois par un indicateur de vitalité des peuplements (déficit foliaire suivant les protocoles du Département de la santé des forêts ou dérivé du NDVI, indice de végétation par différence normalisée) ainsi que par le suivi visuel de l'architecture des arbres. Ces suivis sont notamment préconisés à la suite d'évènements extrêmes (p.ex. sécheresses intenses). Compte-tenu de la stratégie d'adaptation du PNR, fondé sur le renouvellement naturel des individus et la valorisation des ressources génétiques existantes, le suivi de la diversité génétique des peuplements est aussi envisagé même si les moyens (partenariaux et financiers) représentent un obstacle. La fonction de protection sera elle estimée par le nombre de chablis.

En matière de productivité, le PNR entend réaliser d'une part le suivi de la forme de l'humus (indicateur de la fertilité des sols forestiers), et d'autre part, le suivi de l'accroissement naturel des arbres. Des indicateurs socio-économiques du maintien de la production sont également préconisés, à l'image du nombre d'emplois sylvicoles, mais sont encore à l'étude et non décrits dans le présent référentiel.

Les gains nets en biodiversité seront estimés par le suivi de l'indice de biodiversité potentielle (IBP). La qualification de la forme humus constitue également une estimation de la biodiversité (fonctionnelle) des sols. La diversité génétique participe également au suivi du gain net en biodiversité.

Compte-tenu des objectifs de diffusion des connaissances produites, plusieurs indicateurs de communication et d'implication du public cible (professionnels du secteur forestier, voire grand public) sont également préconisés. Ils comprennent notamment le suivi du nombre de communications et d'évènements qui leur sont destinés, le nombre de participants à ces évènements. Par ailleurs, le PNR propose aux habitants du territoire de faire remonter des observations de terrain (rougissements du feuillage en été, défoliations importantes, chablis, etc.). Le nombre de ces témoignages constitue également un indicateur de suivi proposé.

Les indicateurs préconisés pour le suivi du projet de SafN du PNR des Pyrénées Ariégeoises sont présentés dans le Tableau 12 p.66. Le choix final d'indicateurs dépendra des moyens humains, financiers et techniques pour les mettre en œuvre et les suivre sur toute la durée du projet.

Tableau 12 : Indicateurs de suivi préconisés au PNR des Pyrénées Ariégeoises.

Objectifs de la SafN	Indicateurs préconisés	Page
Accroître la résistance et la résilience des forêts du territoire au changement climatique afin de limiter au maximum les dépérissements et éviter les mortalités massives Maintenir le couvert forestier afin que les forêts continuent à jouer un rôle de protection	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
Maintenir la capacité productive des forêts exploitées (production de bois)	3.2.18 Croissance des végétaux	128
	3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	175
Accroître la diversité génétique du peuplement	3.2.19 Diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers	131
Augmenter la diversité spécifique de la strate arborée		
Augmenter les capacités d'accueil de la biodiversité du milieu	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)	168
Lutter contre la propagation des espèces exotiques envahissantes	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
Préserver les services culturels (usages récréatifs, activités touristiques)	3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
Formaliser et diffuser des préconisations d'itinéraires techniques (bonnes pratiques) à destination des propriétaires forestiers	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
Objectifs transversaux	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236

3 DESCRIPTIF DES INDICATEURS

3.1 Nomenclature des fiches indicateurs

Chaque indicateur fait l'objet de la rédaction d'une fiche où les informations renseignées s'organisent de la façon suivante :

Type(s) d'indicateurs

Les indicateurs sont classés selon quatre types en référence au cadre méthodologique présenté en Chapitre 1 p.21 :

- Indicateurs de contexte,
- Indicateurs de suivi des moyens,
- Indicateurs de suivi des réalisations,
- Indicateurs de suivi des résultats,

Certains indicateurs peuvent être rattachés à plusieurs types. Dans ce cas, les différents types sont renseignés.

Objectif(s) thématique(s)

Pour refléter les principaux objectifs des SafN, les fiches descriptives des indicateurs sont organisées selon quatre objectifs thématiques conformément au cadre méthodologique présenté en **Chapitre 1 p.21** :

- Adaptation au changement climatique,
- Gain net en biodiversité,
- Co-bénéfices sociaux et économiques,
- Gouvernance.

Certains indicateurs peuvent concourir à suivre l'atteinte de plusieurs objectifs thématiques, et donc être rattachés à chacun d'entre eux. Dans ce cas, l'indicateur est présenté dans l'objectif thématique principal auquel il répond pour les sites pilotes qui le mettent en œuvre dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN. L'ensemble des objectifs thématiques auxquels l'indicateur peut être rattaché sont mentionnés dans l'en-tête de chaque fiche indicateur. A noter, les indicateurs de contexte ne sont pas rattachés à des thématiques et figurent dans une partie distincte.

Titre

Nom de l'indicateur.

Descriptif

Description synthétique de l'indicateur détaillant si possible le contexte dans lequel il s'inscrit (problématique de mise en œuvre, contribution aux SafN, liens avec le type et la thématique), son/ses objectif(s) à plus ou moins long terme. Le parti a également été pris de se détacher des projets de SafN des sites pilotes (à l'exception de cas particulier comme les SafN déployées en Outre-mer) afin de rendre les fiches indicateurs parlantes pour des porteurs de projets hors projet LIFE intégré ARTISAN.

Question(s) évaluative(s)

Question(s) à laquelle l'indicateur répond. Les questions évaluatives portent sur la SafN. Il peut s'agir de questions ouvertes ou fermées.

Mise en œuvre

Présentation des méthodes utilisées pour mesurer l'indicateur, les étapes de réalisation et de suivi de l'avancement de sa mise en œuvre et de l'atteinte des objectifs de la SafN. Les difficultés pressenties voire les résultats attendus ont été précisés le cas échéant. Des informations comme les unité(s) de mesure et les données d'entrée trouvent aussi leur place ici. Des notions de moyens à mobiliser (équipement, humain, etc.) et leur coût (achat et fonctionnement) ont également été précisées quand cela était possible. Certains indicateurs se prêtent plus à une démarche d'estimation financière (p.ex. achat de matériel spécialisé) que d'autres (p.ex. analyses génétiques).

État de référence

Il s'agit ici de préciser si la mesure de l'indicateur requiert la réalisation d'un état initial et/ou la mise en place d'un/de site(s) témoin(s).



A quoi se référer : états initiaux, sites témoins et scénarios du changement climatique ?

Une démarche de suivi s'appuyant sur un ensemble d'indicateurs suppose de comparer leur valeur et son évolution à une valeur de référence ou à une « valeur objectif » à atteindre. Sur un temps long, il est indispensable que cette référence intègre les effets du changement climatique, que l'on s'intéresse aux effets en matière d'adaptation ou aux effets sur la biodiversité (GIZ et al. 2015).

Une première approche serait de comparer les indicateurs mesurés sur le site d'intervention de la SafN à des indicateurs modélisés à l'aide de scénarios de changement climatique à hautes résolutions (p.ex. la température d'un espace public lors d'un type de canicule par rapport aux températures modélisées pour ce type d'espaces lors de tels pics dans les scénarios de changement climatique).

A l'échelle des SafN telles que mise en œuvre dans le programme démonstrateur, la démarche privilégiée est le recours aux états initiaux et aux sites témoins (dans la mesure du possible et selon la pertinence pour l'indicateur), parce qu'il est délicat de modéliser finement l'évolution de certains indicateurs en l'absence de mise en œuvre de SafN.

En choisissant a priori (avant toute intervention) un site témoin, et en réalisant au minimum des mesures avant (t_0 = état initial) et après intervention (t_1) tant sur le site d'intervention que sur le site témoin, on devrait être en mesure de quantifier (ou qualifier selon la nature de l'indicateur) l'effet net de la mise en œuvre de la SafN (Illustration 14). La seule mesure à t_0 et à t_1 sur le site d'intervention de la SafN ne permet pas d'intégrer les facteurs hors intervention influençant l'évolution de l'indicateur. En revanche, en sélectionnant un site témoin, il devient possible de suivre l'effet de la mise en œuvre de la SafN seule.

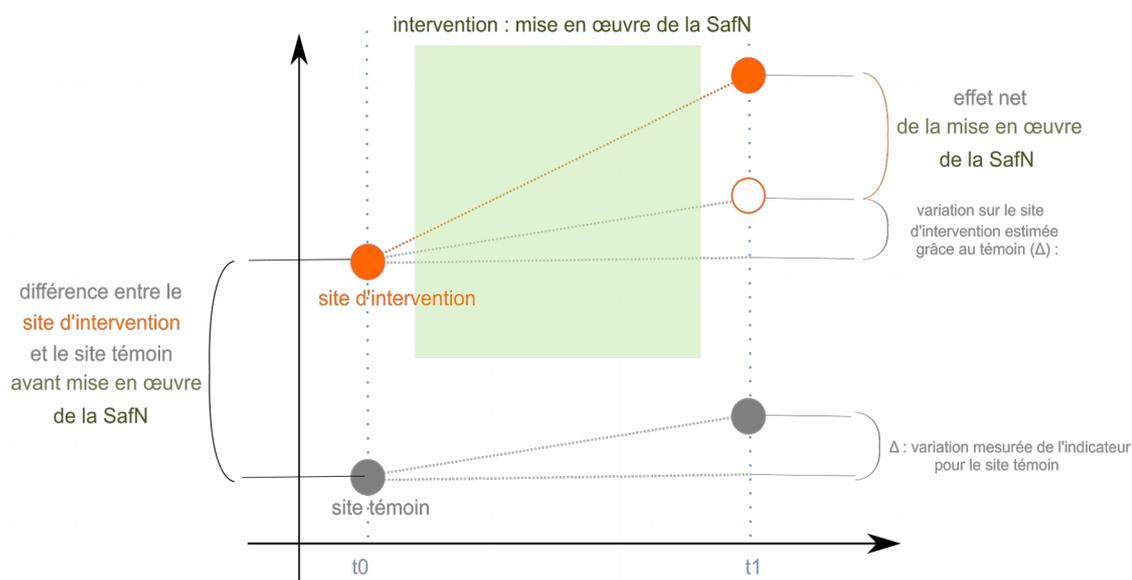


Illustration 14 : Effet net de la mise en œuvre d'une SafN sur un indicateur donné en ayant recours à un suivi avant (t_0 = état initial) et après (t_1) intervention (i.e. la mise en œuvre de la SafN) et à un site témoin (adapté de GIZ 2015).

Cette approche suppose néanmoins de choisir un site témoin exposé aux mêmes pressions que le site d'intervention de la SafN pour minimiser les différences entre les valeurs des indicateurs à l'état initial sur les deux sites et donc, faciliter l'interprétation des résultats.

Échelle spatiale préconisée

Préconisation(s) d'échelle spatiale à laquelle l'indicateur doit être mis en œuvre.

Échelle temporelle préconisée

Préconisation(s) d'échelle temporelle à laquelle l'indicateur doit être mis en œuvre.

Clé(s) d'interprétation

Il s'agit des clés d'interprétation de l'indicateur. Des informations comme les valeurs indicatives ainsi que des liens avec d'autres indicateurs peuvent être proposés.

Avantages

Avantages de l'indicateur.

Limites, points de vigilance

Limites de l'indicateur et points de vigilance éventuels.

Critère(s) UICN

Critère(s) UICN dans le(s)quel(s) les projets de SafN que les indicateurs permettent de suivre s'insèrent. L'information est extraite de la note de cadrage « *Les solutions fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique* » rédigée dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN (voir Azam et al. 2021).

Commentaires

Au besoin, des informations qui n'auraient pas trouvé leur place dans les autres champs à renseigner peuvent être renseignées ici.

Ressources complémentaires

Dans la mesure du possible, les éléments bibliographiques ayant servi de supports à la rédaction de la fiche ou permettant de compléter l'indicateur y sont cités. Ce champ n'est pas complété de manière systématique ou exhaustive. Il peut s'agir de publications, rapports scientifiques, techniques, de guides et de sites internet.

FICHE VIERGE (page suivante)

Type(s) d'indicateurs	Objectif(s) thématique(s)	Titre
Descriptif		
Question(s) évaluative(s)		
Mise en œuvre		
État de référence		
Échelle spatiale préconisée		
Échelle temporelle préconisée		
Clé(s) d'interprétation		
Avantages		
Limites, points de vigilance		
Critère(s) UICN		
Commentaires		
Ressources complémentaires		

3.2 Indicateurs d'adaptation au changement climatique

Sont regroupés dans cette partie les différents indicateurs qui permettent de suivre l'atteinte des résultats en matière d'adaptation au changement climatique.

Comme explicité dans la partie **1.3.1 Indicateurs d'adaptation au changement climatique**, le suivi des services écosystémiques limitant les effets du changement climatique et des fonctions écologiques sous-jacentes est une approche possible pour quantifier ou qualifier les effets de la SafN en matière d'adaptation. Certains indicateurs socio-économiques sont également susceptibles de refléter la manière dont la SafN permet à des filières / populations / territoires de s'adapter à ces effets. De la même façon, des indicateurs liés à la santé, la bonne croissance et la survie des espèces / des écosystèmes sont également à même de démontrer l'atteinte (ou non) des objectifs d'adaptation au changement climatique.

Les indicateurs sont rarement spécifiques à un aléa donné. A titre d'exemple, des indicateurs liés au service de régulation du cycle de l'eau seront susceptibles d'être mobilisés à la fois pour les projets de SafN visant à s'adapter aux sécheresses ou aux inondations plus sévères et plus fréquentes.

Pour en permettre une lecture cohérente, les indicateurs sont regroupés de la façon suivante :

- Indicateurs « **Climatologie** » : indicateurs liés à la régulation du micro-climat,
- Indicateurs « **Hydrologie** » : indicateurs liés à la régulation du cycle de l'eau (y compris flux solides et de polluants),
- Indicateurs « **Résilience de l'écosystème et des filières économiques** » : indicateurs liés à la résilience des écosystèmes, y compris les socio-écosystèmes productifs, face aux effets du changement climatique,
- Indicateurs « **Emprise spatiale** » : indicateurs intégrant plusieurs dimensions de l'adaptation au changement climatique.

Le programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN reposant sur un nombre fini de projets de SafN, les aléas considérés et les indicateurs associés ne peuvent refléter la variété des indicateurs d'adaptation au changement climatique. Ainsi, le programme démonstrateur ne compte pas d'indicateurs qui seraient explicitement liés aux risques tels que les feux de forêts ou les glissements de terrain, mais certains indicateurs présentés ici pourront faire l'objet d'adaptation pour répondre aux besoins des porteurs de projets.

Indicateurs « Climatologie »

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.1 Températures d'air
Descriptif		
<p>Le changement climatique est susceptible d'augmenter la fréquence et l'intensité des épisodes caniculaires (c'est-à-dire des épisodes de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée). Leurs effets sont accentués par le phénomène d'îlot de chaleur urbain, c'est-à-dire une élévation des températures de l'air des centres-villes par rapport aux périphéries plus rurales, particulièrement la nuit. L'évolution des températures d'air locales après la mise en place d'une SafN, par rapport à des sites sans intervention bien choisis, permet d'identifier des zones de rafraîchissement à l'intérieur d'un espace, ou bien l'atténuation locale de l'effet de surchauffe diurne ou d'îlot de chaleur urbain (ICU) à une échelle élargie (p.ex. comparaison entre deux îlots, quartiers). Si ces deux questions évaluatives sont liées, elles appellent néanmoins des distinctions dans la mise en œuvre du suivi qui sont détaillées dans le reste de cette fiche.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>La SafN permet-elle d'atténuer localement la surchauffe ? La SafN permet-elle d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Les mesures de température d'air ont besoin d'être traitées sur une période de référence pour former un indicateur, et ce traitement dépend du protocole mis en place, qui dépend lui-même de la question évaluative (atténuation ICU – échelle macro, phénomène nocturne ; ou surchauffe – phénomène localisé, plutôt diurne).</p> <p>Pour l'atténuation du phénomène d'ICU, on s'intéressera plutôt à la différence de température d'air entre le site d'intervention et un site de référence sans intervention, principalement en période nocturne. Le site de comparaison sans intervention doit montrer une intensité comparable du phénomène d'ICU. Le recours à des mesures en continu de températures d'air sous abri (ou stations météorologiques complète) est plus adapté. Il convient ensuite d'isoler parmi les séries de données celles qui correspondent à des journées types (journées anticycloniques chaudes), avant travaux et après travaux, pour chaque site de mesure. L'indicateur est alors, pour ces journées types, un écart spatial de températures d'air pour le site d'intervention et pour le site sans intervention, avant/après intervention. On choisira de calculer ces écarts sur la période de rafraîchissement (après-midi) et surtout de nuit (p.ex. une heure fixe entre 3 et 6h du matin), en lien avec la définition du phénomène d'ICU (nocturne).</p> <p>Pour l'atténuation locale de la surchauffe, on s'intéressera très localement à la réduction de pics de chaleur au sein du site d'intervention ou dans sa zone d'influence. On peut alors avoir recours à des mesures mobiles, ou à un maillage dense de capteurs fixes. Pour le suivi de l'atténuation de la surchauffe, l'indicateur préconisé est un écart de températures à l'intérieur de l'espace (site d'intervention, site sans intervention). Il n'y a pas de comparaison temporelle (avant/après), et il n'est alors pas nécessaire de définir de journée type. En revanche, on veillera à ne traiter prioritairement des journées de conditions anticycloniques et chaudes, et dans le cas de mesures ponctuelles, à les réaliser dans ces conditions. L'heure pour laquelle on choisit de calculer cet écart peut être sélectionnée par le porteur de projet selon ses enjeux propres : pour la santé publique, on pourra s'intéresser aux heures nocturnes (perturbation du sommeil) ; pour certains sites, on pourra préférer les heures d'usage (p.ex. les heures de récréation pour une école). Les heures qui sont en général les plus chaudes de la journée (début d'après-midi) devraient également faire l'objet d'une analyse.</p>	
État de référence	<p>L'état de référence pour définir l'effet de la SafN dépend de la question évaluative.</p> <p>Atténuation de la surchauffe : comparaison spatiale qui nécessite un témoin suffisamment éloigné de la SafN pour ne pas être sous son influence directe.</p>	

	<p>Atténuation du phénomène d'ICU : la comparaison est spatiale et temporelle, et nécessite donc un témoin (site sans intervention) et un état initial (comprenant au moins des journées de référence anticycloniques et chaudes). Ce témoin doit montrer une intensité comparable du phénomène ICU (ce qui suppose un diagnostic préalable).</p>								
<p>Échelle spatiale préconisée</p>	<p>L'échelle spatiale préconisée dépend des objectifs du suivi.</p> <p>Dans le cadre d'un suivi de l'atténuation du phénomène d'ICU, on privilégiera la réalisation de mesures sur le site d'intervention et sur un site témoin sans intervention située en dehors de la zone d'influence supposée de la SafN (c'est-à-dire, le périmètre dans lequel les effets rafraîchissants de la SafN ne seront a priori pas nuls).</p> <p>Si on s'intéresse au suivi de l'atténuation de la surchauffe, outre le site d'intervention et un témoin sans intervention, on pourra multiplier les points dans la zone d'influence supposée de la SafN pour confirmer (ou pas) ce périmètre hypothétique. Au sein du site d'intervention, on pourra (en particulier dans le cas de mesures mobiles) sélectionner des « sous-espaces » contrastés (p.ex. exposition au soleil, aux vents dominants, usages).</p> <p>En reprenant quelques résultats de l'étude (Aram et al. 2019), on peut supposer les zones d'influence suivantes (dans lesquelles, pour rappel, on ne prendra pas le témoin) :</p> <table border="1" data-bbox="571 1010 1406 1223"> <thead> <tr> <th>Surface de la SafN</th> <th>Distance tampon à considérer pour la zone d'influence</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inférieure à 0,2 ha</td> <td>Zone d'influence négligeable</td> </tr> <tr> <td>Comprise entre 0.2 et 10ha</td> <td>Entre 0 et 150 m au-delà du site</td> </tr> <tr> <td>Supérieure à 10ha</td> <td>Entre 150 et 350 m au-delà du site</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ces distances sont indicatives et peuvent être adaptées selon les choix de végétalisation (p.ex. des strates hautes sont à bonifier).</p>	Surface de la SafN	Distance tampon à considérer pour la zone d'influence	Inférieure à 0,2 ha	Zone d'influence négligeable	Comprise entre 0.2 et 10ha	Entre 0 et 150 m au-delà du site	Supérieure à 10ha	Entre 150 et 350 m au-delà du site
Surface de la SafN	Distance tampon à considérer pour la zone d'influence								
Inférieure à 0,2 ha	Zone d'influence négligeable								
Comprise entre 0.2 et 10ha	Entre 0 et 150 m au-delà du site								
Supérieure à 10ha	Entre 150 et 350 m au-delà du site								
<p>Échelle temporelle préconisée</p>	<p>Dans le cas de mesures fixes, elles peuvent être réalisées en continu et à un pas horaire. Dans le cas de mesures ponctuelles (mesures mobiles), il convient de les réaliser quelques fois par an et de rechercher particulièrement les journées chaudes et anticycloniques et d'éviter les épisodes orageux ou pluvieux.</p> <p>Des mesures doivent être réalisées avant travaux (pour l'atténuation du phénomène d'ICU), et après travaux à plusieurs intervalles de temps à déterminer selon la croissance de la SafN (+1, +3, +5 ans par exemple).</p>								
<p>Clé(s) d'interprétation</p>	<p>Pour des températures d'air, la réduction qui peut être atteinte vis-à-vis d'un espace témoin (sans intervention) est de l'ordre de quelques degrés. La réduction peut être plus marquée lors d'épisodes extrêmes (p.ex. 1°C lors d'une journée chaude, 3°C lors du jour de chaleur extrême). Une différence est potentiellement sensible pour les humains à partir d'un écart de 0,5°C environ. Notons néanmoins que pour une interprétation liée au ressenti humain, l'indicateur 3.2.2 Confort thermique p.78 est plus adapté.</p> <p>L'interprétation nécessite quelques données de contexte météorologique (notamment, pluviométrie précédant et pendant des journées types), se référer à 3.6.1 Contexte</p>								

	météorologique et climatique local p.232.
Avantages	Diversité de méthodes suivant le type d'espaces d'intervention de la question évaluative
Limites, points de vigilance	<p>Les mesures nécessitent des traitements et ne doivent pas faire l'objet d'une lecture directe.</p> <p>La mesure des seules températures ne reflète pas directement le ressenti humain. L'indicateur 3.2.2 Confort thermique p.78 propose d'autres méthodes qui appréhendent davantage ce ressenti.</p> <p>Recours à des témoins spatiaux dont il faudra au moins qualitativement décrire les évolutions de contexte (p.ex. un site industriel de 10ha est renaturé à proximité du témoin).</p>
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Il est aussi recommandé de suivre cet indicateur sur une période suffisamment longue (+20 ans) pour documenter les effets du changement climatique (voir 3.6.1 Contexte météorologique et climatique local p.232).

Ressources complémentaires

Présentation des méthodes de suivi de la surchauffe en milieu urbain et cas d'étude :

ADEME(2017). Diagnostic de la surchauffe urbaine. Méthodes et applications territoriales. 64 p. Disponible ici : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/1812-surchauffe-urbaine-recueil-de-methodes-de-diagnostic-et-d-experiences-territoriales-9791029709234.html>

ADEME (2019). Rafraîchir la ville. Des solutions variées. 80p. Disponible ici : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4649-rafraichir-les-villes-9791029717475.html>

Aram F., García E.H., Solgi E. & Mansournia S. (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*, 5 : e01339.

Cerema & Métropole du Grand Lyon (2017). Confort thermique en milieu urbain. Quelques outils disponibles pour l'aide à la décision. 17 p. Disponible ici : https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/09/carnets_fevrier2016_vf_cle7a1f49.pdf

Description de l'indicateur « 1.3 TX_x, Monthly mean value of daily maximum temperature » (p.26) :

European Commission. Directorate General for Research and Innovation (2021). Evaluating the impact of nature-based solutions : Appendix of methods. Publications Office. 1177 p. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.2 Confort thermique
Descriptif		
<p>Le ressenti d'un usager vis-à-vis de son environnement climatique peut être évalué par la notion de stress thermique. Il est conditionné par les caractéristiques physiologiques de l'individu et les variables climatiques extérieures comme la température d'air, mais aussi l'humidité, le vent et le rayonnement solaire et infrarouge. Le degré de stress ou de (in)confort peut être calculé à partir d'indices qui intègrent l'ensemble de ces contributions</p> <p>La température physiologique équivalente (PET), l'indice universel du climat thermique (UTCI) ou encore la température au thermomètre-globe mouillé (WGBT) sont des exemples d'indices du confort thermique utilisés pour qualifier les atmosphères extérieures. L'UTCI, utilisé à l'international et validé dans des régions climatiques différentes, fait aujourd'hui consensus et est largement utilisé. La plupart des indices expriment une température d'air équivalente ressentie en °C.</p> <p>Le changement climatique est susceptible d'augmenter la fréquence et l'intensité des épisodes caniculaires dont les effets sont accentués en milieu urbain par le phénomène d'îlot de chaleur urbain, c'est-à-dire une élévation des températures de l'air et de surface des centres-villes par rapport aux périphéries, particulièrement la nuit. Par ailleurs, la conception de certains espaces et des formes bâties environnantes peut créer des situations d'inconfort thermique en l'absence même d'effet marqué d'îlot de chaleur urbain ou de renforcement des phénomènes de surchauffe par le changement climatique.</p> <p>L'évolution des indices du confort thermique après la mise en œuvre d'une SafN permet de suivre son amélioration à l'échelle d'un espace public par exemple.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN permet-elle au fil du projet d'améliorer le confort d'un espace donné, vis-à-vis du confort de l'espace avant sa mise en place et vis-à-vis des espaces environnants ?	
Mise en œuvre	<p>Pour calculer ces indices, le porteur de projet doit se munir d'une ou plusieurs stations de mesure micrométéorologique dotées des capteurs adaptés. À titre d'exemple (les autres indices pourront être trouvés dans les ressources citées), les variables mesurées dans les cas de l'UTCI sont la température de l'air ambiant, la température radiante moyenne, la pression de vapeur d'eau, l'humidité relative et la vitesse de vent.</p> <p>Contrairement aux températures d'air qui peuvent être assez constantes à l'échelle d'un aménagement, les indices de confort peuvent montrer des hétérogénéités importantes dans un espace limité (p.ex. ombrages, courants d'air)</p> <p>Si rien ne s'oppose techniquement au développement de petits réseaux de stations fixes de mesure du confort climatique, les instruments peuvent être utilisés pour des mesures ponctuelles. Le coût total de l'achat des instruments qualitatifs pour une station complète démarre à partir de ~ 3 000 €.</p> <p>Parmi les données d'entrée, plusieurs indices requièrent la modélisation d'un humain « standard » (p.ex. âge, genre, taille, habits, métabolisme, niveau d'activité). Pour une étude très fine et ciblée, ces variables peuvent être reparamétrées dans la mesure du possible pour refléter au mieux le type d'utilisateurs de la SafN (en particulier si les utilisateurs sont très ciblés, à l'image d'enfants dans le cas d'une cour d'école).</p>	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site	

	d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN (voir Illustration 14 p.69)
Échelle spatiale préconisée	On privilégiera la réalisation de mesures à l'échelle de l'espace traité (p.ex. cour d'école, place), en sélectionnant des sous-espaces intérieurs ou extérieurs de proximité contrastés (p.ex. exposition au soleil, aux vents dominants, usages).
Échelle temporelle préconisée	Il convient de réaliser ces mesures plusieurs fois par an à l'occasion d'évènements météorologiques contrastés, de rechercher notamment les journées chaudes et d'éviter les épisodes orageux ou pluvieux. Des mesures doivent être réalisées avant travaux, et après travaux à plusieurs intervalles de temps à déterminer selon la croissance de la SafN (+3, +5 ans par exemple).
Clé(s) d'interprétation	La réduction qui peut être atteinte vis-à-vis d'un espace témoin (sans intervention) est de l'ordre de quelques degrés, avec des contrastes généralement plus importants que dans le cas des seules mesures de température d'air. Des écarts de 10° UTCI peuvent être attendus dans le cas d'une zone d'intervention ombragée vis-à-vis de la référence. L'interprétation nécessite quelques données de contexte météorologique (p.ex. données météo locales Météo-France, pluviométrie précédant les périodes de mesure).
Avantages	La plupart des indices de confort thermique conservent le °C comme unité et sont donc aisément communicables. La multiplicité des points de mesure permet de spatialiser finement les effets de la SafN sur l'espace d'intervention et de déterminer l'étendue de ses effets. L'intégration des paramètres météorologiques (hygrométrie, vent...) et physiologiques de ces indices (outre les températures) permet de mieux qualifier le ressenti (à la différence de l'indicateur 3.2.1 Températures d'air p.75).
Limites, points de vigilance	Peu de bureaux d'études proposent ces suivis en routine pour les espaces extérieurs. Instruments de mesure coûteux Les mesures nécessitent une certaine expertise pour les post-traitements et analyses très contextualisées qui ne doivent pas faire l'objet d'une lecture directe. L'utilisation du °C pour les indices du confort thermique peut aussi induire des confusions avec l'expression des températures d'air
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Si on ne peut pas mesurer l'ensemble des paramètres de l'indice UTCI, des mesures de températures de surface peuvent également être réalisées, et donnent une indication complémentaire aux températures d'air sur le confort d'un espace.

Elles peuvent être acquises de façon ponctuelle par campagne aéroportée (drone) ou caméra thermique (températures de surfaces radiatives). Elles sont très sensibles à l'exposition au rayonnement solaire, et au vent.

Il existe des adaptations de certains indices pour le suivi du stress du bétail, non développés ici, tels que le Temperature Humidity Index (THI).

Ressources complémentaires

Présentation des méthodes de suivi de la surchauffe en milieu urbain et cas d'étude (en particulier, cas d'étude de la Métropole du Grand Lyon) :

ADEME (2017). Diagnostic de la surchauffe urbaine. Méthodes et applications territoriales. 64 p. Disponible ici : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/1812-surchauffe-urbaine-recueil-de-methodes-de-diagnostic-et-d-experiences-territoriales-9791029709234.html>

Cerema & Métropole du Grand Lyon (2017). Confort thermique en milieu urbain. Quelques outils disponibles pour l'aide à la décision. 17 p. Disponible ici : https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/09/carnets_fevrier2016_vf_cle7a1f49.pdf

Description des indicateurs «2.9 Human Comfort » (p.62 à 71) :

European Commission. Directorate General for Research and Innovation. 2021. Evaluating the impact of nature-based solutions: Appendix of methods. Publications Office. 1177 p. Disponible ici : <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

Indicateurs « Hydrologie »

Résultats / Contexte	Adaptation au changement climatique	3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)
Descriptif		
<p>La qualité des eaux peut avoir un effet négatif conséquent sur les écosystèmes aquatiques et terrestres simultanément. Dans ce contexte, elle doit être régulièrement surveillée dans les milieux susceptibles d'être affectés par l'activité anthropique, ou dans les écosystèmes sensibles. Les paramètres physico-chimiques indiquent d'une façon globale comment les eaux peuvent être utilisées ou si elles doivent être traitées en fonction de leur objectif d'usage (p.ex. eau potable, aptitude au soutien de la biodiversité). Ils peuvent être le reflet de certains effets du changement climatique (p.ex. augmentation de la salinité des eaux rétro-littorales).</p> <p>Les SafN sont susceptibles d'avoir un effet positif sur certains de ces paramètres qui peuvent par ailleurs servir d'indicateurs contextuels pour analyser les variations d'autres indicateurs (indicateurs de gain net en biodiversité par exemple). À terme, le but des paramètres physico-chimiques est de dresser un état des lieux quantitatif sur la qualité des eaux de surface. Pour cela, les résultats doivent être positionnés par rapport aux législations environnementales (locales ou régionales) applicables dans le contexte étudié.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Comment évoluent les paramètres hydrologiques généraux <i>pré, péri et post-</i> SafN ? Comment évolue la qualité de l'eau en présence de la SafN ? Quels usages pourront en être faits ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Généralement, les paramètres hydrologiques peuvent être quantifiés à l'aide d'instruments de mesure sur le terrain (mesures en continu), ou à travers des échantillons prélevés et transportés au laboratoire pour analyse (mesures ponctuelles).</p> <p>La salinité : La Conductivité Électrique (CE), ou conductivité, reflète la teneur en sels minéraux dissous (ionisables) d'une eau. La CE (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) fournit une approximation de la teneur totale en solides dissous (TDS, en mg/L), via l'équation : $CE * 2/3 = \text{teneur totale en solides dissous}$. La salinité peut aussi être mesurée en passant un courant électrique entre les deux électrodes d'un salinomètre (ex : Stylo testeur de conductivité, coût estimé : 55-66 €).</p> <p>Concentration en oxygène et température : La teneur en Oxygène Dissous (OD) dans les eaux naturelles est généralement surveillée pour déterminer si ces eaux sont aptes à soutenir la vie et les processus aquatiques. La teneur en OD est inversement proportionnelle à la température, ainsi la solubilité de l'O_2 dans l'eau diminue avec l'augmentation de température. C'est pourquoi, l'OD et la température doivent toujours être mesurés ensemble. Ces deux paramètres sont généralement mesurés par des instruments directement sur le terrain. De nombreux compteurs d'OD possèdent une sonde de température intégrée et afficheront le contenu DO en mg/L, le pourcentage de saturation en O_2, ainsi que la température de l'eau mesurée (en °C). (coût estimé pour un oxymètre analyseur d'eau portable : 200 – 400 €)</p> <p>pH : Le pH est l'un des paramètres de qualité les plus importants. C'est un paramètre critique de la santé des écosystèmes aquatiques qui reflète une mesure de l'acidité relative ou l'alcalinité d'une solution. Généralement, un pH = 7 indique un milieu neutre, un pH > 7 indique un milieu alcalin et un pH < 7 indique un milieu acide. Les eaux naturelles ont un pH entre 6.5-8.0 mais peuvent avoir des valeurs différentes en fonction de leur substrat et les apports exogènes. Le pH est mesuré avec un pH mètre calibré en plaçant l'électrode directement dans l'eau (ex : coût estimé pour un pH-mètre</p>	

	portable : 120 – 144 €) . Les matières en suspension (turbidité): Voir fiche dédiée 3.2.5 Turbidité de l'eau p.88
État de référence	Ces indicateurs devront être suivis en comparant l'état initial du site (état de référence) avant la mise en œuvre du projet de SafN.
Échelle spatiale préconisée	La sélection des sites d'échantillonnage est l'un des éléments les plus importants pour le suivi de projets de SafN. L'emplacement des points de surveillance doit être choisi de manière à ce que ces points fournissent les informations les plus utiles (p.ex. l'exutoire d'un bassin versant, des points à la proximité de différents groupes d'occupation de sols).
Échelle temporelle préconisée	La fréquence et la période d'échantillonnage sont des facteurs clés à considérer pour obtenir des informations suffisamment détaillées et représentatives. Ainsi, il convient d'établir une stratégie temporelle d'échantillonnage (selon l'objectif d'application) en prenant en compte la contribution de facteurs externes (p.ex. crues, canicules, apports exogènes). Par exemple, des campagnes de mesure bihebdomadaires en temps normal, mais bi-journalières ou horaires après des événements climatiques majeurs, voir inférieures pour des mesures continues (5 minutes).
Clé(s) d'interprétation	Les valeurs indicatives obtenues doivent être comparées à des valeurs de référence pour déterminer et comprendre ce qu'elles reflètent (p.ex. les plages de valeurs indiquées par la Directive Cadre sur l'Eau).
Avantages	Pertinent, reproductible, indicatif, justifiable et opérationnel.
Limites, points de vigilance	Les mesures en laboratoire sont coûteuses en temps. Les résultats obtenus peuvent avoir des interprétations, des significations, ainsi que des implications différentes par rapport à des valeurs de référence auxquelles ils sont confrontés pour être interprétés (p.ex. normes d'eau potable). Source d'erreurs techniques (matériel, instrumentations et marge d'erreur d'analyse de laboratoire) ou difficulté d'accès aux sites d'échantillonnage (p.ex. lors d'évènements extrêmes). Nécessité de maintenance et d'étalonnage. Biais possible par des facteurs externes tel que les apports exogènes (p.ex. crue, ruissellement de parcelles voisines).
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique Questions d'échelles / 2. Le projet s'insère et prend en compte des échelles variées Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	Pour accompagner le suivi de ces indicateurs, un inventaire de matériel requis et des protocoles de laboratoires pertinents est recommandé au préalable. De même, la planification des visites de terrain et les stratégies d'échantillonnages doivent être

discutées avec des experts.

Ressources complémentaires

Wendling L., Rinta-Hiiri V., Jermakka Fatima Z., Ascenso A., Miranda A.I., Roebeling P., Ricardo M. & Mendonça R. (2019). Performance and Impact Monitoring of Nature-Based Solutions. UnaLab, D3.1 Deliverable, 229 p. Disponible ici : <https://unalab.eu/system/files/2020-02/d31-nbs-performance-and-impact-monitoring-report2020-02-17.pdf>

Cerema (2021). Changement climatique : adapter les territoires littoraux. Collection, Le P'tit Essentiel. Éditions du Cerema. 12 p. Disponible ici : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/changement-climatique-adapter-territoires-littoraux>

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.4 Efficacité de dépollution : températures relatives amont/aval, Temps de séjour de l'eau
Descriptif		
<p>Les SafN telles que les créations de Zone Tampon Humide Artificielle (ZTHA) assurent de multiples fonctions de régulation quantitative et qualitative de l'eau, ainsi que de support de biodiversité. Ces SafN permettent de répondre à l'accentuation des problèmes inhérents aux sites fortement drainés en milieux agricoles.</p> <p>Dans le cas de la dépollution des eaux de drainage dans des bassins, plus la température et le temps de séjour sont élevés, plus l'efficacité potentielle de la dépollution des pesticides et des nitrates par les bactéries, les plantes et le soleil est importante. Ces deux paramètres permettent donc de suivre l'efficacité de dépollution de la SafN sans avoir à mesurer précisément les éléments polluants.</p> <p>De plus, la température peut induire d'éventuels effets négatifs en aval sur la vie aquatique dans le cas d'une augmentation trop importante du fait du passage dans le système (en période chaude et d'étiage).</p> <p>Si le territoire compte plusieurs zones tampons de conception et nature similaires, il est possible de réaliser sur l'une (ou plusieurs) d'entre elles des mesures directes de l'abattement des substances polluantes (p.ex. les nitrates), et des variables ici décrites (températures relatives, temps de séjour), de façon à constituer des abaques permettant d'estimer l'abattement de la substance considérée en ne mesurant que ces deux variables. La présente fiche ne détaille toutefois par les protocoles de suivis des substances polluantes. Préalablement au projet LIFE intégré ARTISAN, c'est la démarche qui a été menée par l'INRAE et AQUI'Brie avec le site d'expérimentation du Rampillon.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN permet-elle une épuration efficace des nitrates et des pesticides ?	
Mise en œuvre	<p>Le temps de séjour de l'eau dans le système, <i>ie.</i> des bassins épurateurs, est dépendant du volume de la ZTHA et du débit qui en ressort (par débit de fuite ou par surverse).</p> $T = V / Q_f$ <p>T : Temps de séjour de l'eau dans le système (en seconde)</p> <p>V : Volume de la ZTHA (en m³), vrai si à t=0 la ZTHA soit totalement saturée or ce n'est pas toujours le cas. Il s'agit là d'une hypothèse.</p> <p>Q_f : Débit de sortie (par débit de fuite ou par surverse, en m³/s)</p> <p>Pour obtenir le temps de séjour, il est nécessaire de recueillir le flux (débit) sortant ou entrant d'eau ainsi que de connaître le volume du système. Il est préférable d'équiper l'exutoire de sortie (généralement unique) pour prendre en compte l'ensemble des entrées d'eau (dont celles diffuses, pluie).</p> <p>Ce paramètre est à associer avec la mesure de la température qui consiste à réaliser des mesures de température de l'eau en entrée et en sortie de système de préférence de manière automatique.</p>	
État de référence	Cet indicateur est très dépendant du système (p.ex. végétalisation, morphologie, entrée d'eau) et ne peut être comparé à l'état initial avant travaux ou à un site témoin présent à	

	<p>proximité.</p> <p>En revanche, un site expérimental peut servir de référence si ces paramètres y ont été suivis et comparés à la capacité réelle du système à dépolluer par la mesure de la concentration en polluant en amont et en aval du système (p.ex. site expérimental de Rampillon).</p>
Échelle spatiale préconisée	<p>Le temps de séjour se mesure à l'échelle du site faisant l'objet de la SafN.</p> <p>La température se mesure à l'amont et à l'aval direct du site faisant l'objet de la SafN.</p>
Échelle temporelle préconisée	<p>Les pratiques culturales, les propriétés du sol, les précipitations et le système de drainage influent sur le régime des écoulements et les quantités de polluants présentes dans les eaux de drainage. L'efficacité de dépollution des ZTHA varie donc suivant les saisons et les années. Il est donc important de suivre ces paramètres tout au long de la démarche, voire après, et préférentiellement au printemps et en automne, période où les eaux de drainage sont les plus chargées en polluants.</p> <p>Les températures devront être relevées en continu en même temps que les relevés de débits de fuite au minimum, ce en particulier aux périodes les plus chaudes.</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Plus la température et le temps de séjour sont élevés, plus l'efficacité potentielle de la dépollution augmente.</p> <p>Les résultats obtenus sur des sites témoins (expérimentaux) peuvent servir de référence pour estimer l'intensité de la dépollution.</p>
Avantages	<p>Facile à obtenir pour la température.</p> <p>L'équipement par un exutoire de sortie aux dimensions connues peut faciliter le relevé du débit de sortie.</p> <p>Permet une estimation du niveau de dépollution sans avoir à analyser la concentration en polluant à l'entrée et à la sortie du système</p>
Limites, points de vigilance	<p>Les seuls paramètres de température amont/aval et de temps de séjour ne peuvent qualifier l'atteinte d'objectifs de dépollution : la capacité à dépolluer dépend d'autres paramètres comme la présence de végétation, de bactérie, du niveau d'ensoleillement ainsi que de la teneur en polluant des eaux pénétrant dans le système.</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	<p>Par l'interception des eaux précipitées ou ruisselées, par l'évapotranspiration et le maintien des capacités de stockage du sol, et par la modification directe des conditions d'écoulement (reliefs) et d'infiltration, les SafN sont susceptibles de modifier les flux d'eau et, en particulier, les flux écoulés en sortie du site d'intervention. Selon le contexte, ces flux peuvent s'écouler vers le réseau de récupération des eaux pluviales,</p>

vers le milieu naturel. La limitation de leur volume peut alors être l'un des objectifs du porteur de projet dans la perspective d'adaptation au changement climatique. La mesure du débit de sortie du système ici présentée pour le calcul du temps de séjour dans des ZTHA pourrait faire l'objet d'un indicateur à part entière pour d'autres applications (flux écoulé en sortie du site d'intervention).

Ressources complémentaires

Projet de Rampillon : <http://www.set-revue.fr/qualite-de-leau-et-ecotoxicologie-des-zones-tampons-humides-artificielles-de-rampillon-seine-et>

Travaux de recherche menés dans le cadre du projet de Rampillon :

Mander U., Tournebize J., Espenberg M., Chaumont C., Torga R., Garnier J., Muhel M., Maddison M., Lebrun J.D., Uher E., Remm K., Pärn J. & Soosaar K. (2021). High denitrification potential but low nitrous oxide emission in a constructed wetland treating nitrate-polluted agricultural run-off. *Science of The Total Environment*, 779 : 146614. Disponible ici : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146614>

Lebrun J.D., Ayrault S., Drouet A., Bordier L., Fechner L.C., Uher E., Chaumont C. & Tournebize J. (2019). Ecodynamics and bioavailability of metal contaminants in a constructed wetland within an agricultural drained catchment. *Ecological Engineering*, 136 : 108-117. Disponible ici : <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.06.012>

Tournebize J., Chaumont C. & Mander U. (2017). Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. *Ecological Engineering*, 103 : 415-425. Disponible ici : <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.014>

Résultat / Contexte	Adaptation au changement climatique	3.2.5 Turbidité de l'eau
Descriptif		
<p>Le changement climatique est susceptible de modifier les régimes de précipitation, occasionnant notamment des événements pluvieux extrêmes sur sols saturés, du ruissellement et en conséquence, une érosion hydrique plus forte des sols. La fragilisation du couvert végétal par le changement climatique peut aussi augmenter cette érosion.</p> <p>Ces phénomènes d'érosion hydrique provoquent le déplacement de grands volumes de matières présentes dans le sol depuis l'amont des bassins vers l'aval. On parle de matières en suspension (MES). Ces MES peuvent provenir du ruissellement des sédiments, des champs agricoles, des activités d'exploitation forestière, des chantiers de construction, etc. Leur teneur dans l'eau augmente fortement durant et immédiatement après un événement pluvieux. Les MES peuvent ainsi affecter la productivité des écosystèmes aquatiques.</p> <p>La turbidité permet une estimation de la teneur de ces MES dans l'eau, et peut donc refléter les phénomènes d'érosion hydrique d'un bassin versant donné. La turbidité est un indice de la présence de particules minérales ou organiques (y compris micro-organismes) dans un fluide, généralement l'eau. Il s'agit d'un indice optique, correspondant à la propriété permettant à une lumière incidente d'être déviée (diffraction) ou absorbée par des particules plutôt que transmise en ligne droite.</p> <p>En limitant l'érosion et en retenant les particules, des SafN de type renforcement du couvert végétal sont susceptibles de diminuer la turbidité de l'eau.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN permet-elle de limiter l'érosion ?	
Mise en œuvre	<p>Plusieurs approches sont possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un suivi semi-quantitatif par mesure de la turbidité. Exemple : le disque Secchi. Un disque plongé dans l'eau. Le niveau où le disque disparaît est enregistré et la turbidité est approximée à partir de la visibilité. Le disque Secchi est une méthode visuelle très couramment utilisée vu sa simplicité et ses coûts réduits. L'unité de mesures est alors une longueur (le mètre), et l'on parle plutôt de transparence que de turbidité. • Mesure directe de la turbidité par turbidimètre portable ou de laboratoire (coût estimé : 450 – 600 €), ou intégré à une prestation d'analyse de la qualité de l'eau à des bureaux d'étude d'hydrologie ou hydrobiologie. Cet instrument est composé d'une source lumineuse qui éclaire un échantillon d'eau, et d'une cellule photoélectrique qui mesure l'intensité de la lumière diffusée par les particules dans l'échantillon à un angle de 90°. La turbidité s'exprime alors en unité de turbidité néphélométrique (uTN). • La mesure des MES totales (poids sec des MES dans un échantillon d'eau, mg/L) est également possible, mais doit être réalisée en laboratoire, et est plus onéreuse et chronophage. Elles sont généralement quantifiées à l'aide d'un processus gravimétrique et sont exprimées en unités de masse par volume (mg/L ou ppm). 	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site	

	d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial, en conditions météorologiques comparables), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN (voir Illustration 14 p.69).
Échelle spatiale préconisée	Au plus près de l'intervention (la SafN), et à pas réguliers à son amont et à son aval pour apprécier son effet. Dans un cours d'eau donné, la mesure sera faite de préférence au milieu (en plusieurs points) et répétée dans les points particuliers tels que les confluences.
Échelle temporelle préconisée	Les mesures doivent permettre de révéler la variabilité de la turbidité au fil des événements météorologiques (p.ex. après une longue période sèche, après des pluies abondantes). Des mesures régulières (par exemple hebdomadaires) sont donc préconisées pour couvrir la variété de ces situations météorologiques au cours du suivi.
Clé(s) d'interprétation	<p>L'interprétation de l'évolution de la turbidité rend impératif le suivi de paramètres climatiques locaux avec, en premier lieu, la pluviométrie : les valeurs connaissent une forte variation temporelle puisque directement liées à l'intensité des événements pluvieux. Une diminution de la turbidité lors d'épisodes météorologiques comparables après la mise en œuvre de la SafN est le signe d'une diminution de l'érosion hydrique. Par ailleurs, des mesures de débit (par jaugeage) des masses d'eau sont également nécessaires pour analyser et interpréter correctement ces données.</p> <p>Une valeur inférieure à 5 uTN correspond à une eau claire ou incolore, quand une valeur supérieure à 50 uTN renvoie à une eau trouble ou colorée. Les valeurs peuvent atteindre de l'ordre de 1000uTN.</p> <p>Les normes de qualité de l'eau (potable ou rejets d'eaux usées) sont exprimées vis-à-vis des MES totales et non de la turbidité.</p>
Avantages	<p>Mesure peu technique (turbidimètre ou disque de Secchi)</p> <p>Matériel peu onéreux (particulièrement disque de Secchi)</p>
Limites, points de vigilance	La variation de l'indicateur ne reflète pas uniquement les processus d'érosion naturelle, mais d'autres activités humaines également (p.ex. déforestation, rejets de station d'épuration, rejets industriels, activités agricoles), ainsi que le dynamisme sédimentaire.
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Pour accompagner le suivi de ces indicateurs, un inventaire de matériel requis et des protocoles de laboratoires pertinents est recommandé au préalable. De même, la planification des visites de terrain et les stratégies d'échantillonnages doivent être discutées avec des experts.

Ressources complémentaires

Recommandations pour le suivi de la turbidité :

DEAL Guyane. 2018. Guide technique pour le suivi de la turbidité en Guyane. 43p.
http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide_technique_pour_le_suivi_de_la_turbidite_en_guyane.pdf

[uyane.pdf](#) (consulté le 10/10/2021)

Description de l'indicateur « 3.15 Total Suspended Solids (TSS) content », comparant l'intérêt des mesures de turbidité et de mesures de MES totales (p.154) :

European Commission. Directorate General for Research and Innovation. 2021. Evaluating the impact of nature-based solutions : Appendix of methods. Publications Office. 1177p. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

Illustration d'une étude de suivi des phénomènes érosifs à l'aide de la turbidité :

Robert E. 2014. Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso), *Bulletin de l'association de géographes français* [En ligne], 91-3 | 2014, mis en ligne le 22 janvier 2018, URL : <http://journals.openedition.org/bagf/1673> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/bagf.1673> (consulté le 10/10/2021)

Guide technique de mesure :

Versini P.-A., Joannis C. & Chebbo G. (2015). Guide technique sur le mesurage de la turbidité dans les réseaux d'assainissement. Guides et Protocoles, ONEMA, 82 p. Disponible ici : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/Guide-Turbidite.pdf>

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement
Descriptif		
<p>Le changement climatique est susceptible de modifier les régimes de précipitation, occasionnant notamment des événements pluvieux extrêmes ou des périodes de sécheresses prolongées.</p> <p>Dans le cas de secteurs drainés à enjeux, le développement de la végétation au niveau des canaux peut entraîner un colmatage des canaux et une réduction de la capacité des écoulements. Ainsi, dans le cadre de la mise en œuvre de SafN portant sur la restauration des canaux par une végétalisation contrôlée en vue d'une régulation des débits de crue et d'étiage, l'indicateur « Débit, vitesse d'écoulement » vise à mesurer les effets de la SafN sur les écoulements d'eau. Il permet également de mesurer le risque de pression sur les écosystèmes aquatiques, particulièrement en période d'étiage.</p> <p>Dans d'autres cas, la SafN mise en œuvre (p.ex. restauration de zone humide, végétalisation de berges) vise au contraire à diminuer les vitesses d'écoulement. Le même indicateur peut également être mobilisé pour qualifier l'atteinte de cet objectif.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment la SafN agit-elle sur les écoulements de surface ?	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit de mesurer localement les vitesses d'écoulements (en m/s) dans les canaux avec un courantomètre. Le débit (en m³/s) peut être déduit en connaissant la section du cours d'eau ou du canal.</p> <p>Ce type de mesures peut être réalisé en régie. Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN par exemple, pour le site pilote CACL, l'investissement est estimé à ½ à 2 jours par an pour un coût de 4 000 € (phase 1).</p> <p>Il est également possible de recourir à des mesures de hauteurs d'eau (décrites dans la fiche 3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux) p.94). La transformation des niveaux d'eau en débits se fait par réalisation de courbes de tarage lors de jaugeages. La répétition des jaugeages (mesures du débit) permet d'intégrer différentes conditions hydrologiques. La technique de jaugeage au sel est adaptée dans le cas de petits cours d'eau présentant un écoulement suffisamment turbulent (site du Néal). Dans le cas de ce site, pour le jaugeage au sel, 20 jours sont estimés nécessaires sur les 6 années de suivi du projet (pour l'ensemble des stations suivies).</p> <p>D'autres méthodes de mesure ou d'estimation des débits sont possibles selon le débit et la précision recherchée, et présentées parmi les ressources de la présente fiche (p.ex. flotteur, méthode du seuil).</p>	
État de référence	Un état initial avant travaux est indispensable pour mesurer l'effet de la SafN mise en œuvre. De plus, il est pertinent de suivre des cours d'eau/canaux similaires situés sur le même bassin versant et de rang équivalent (sites témoins) afin de mesurer l'effet des SafN mises en œuvre.	
Échelle spatiale préconisée	Les mesures doivent être réalisées en amont et en aval de la SafN voire sur le site lui-même dans le cas de restauration de tronçons.	

Échelle temporelle préconisée	<p>Les mesures doivent permettre de révéler la variabilité des débits au fil des évènements météorologiques. Des mesures régulières (p.ex. Hebdomadaires), voire en continu, sont donc préconisées pour couvrir la variété de ces situations météorologiques au cours du suivi.</p> <p>A plus long-terme, afin de s'assurer que les aménagements conservent leur effet, des suivis ponctuels peuvent être envisagés dans le cas de survenue d'évènements météorologiques (p.ex. après une longue période sèche, après des pluies abondantes).</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Il n'existe pas de valeur indicative pour cet indicateur : les gammes de variation du débit d'un même cours d'eau à régime contrasté au cours d'une année sont larges (facteur 10, 20, voire supérieur), et les variations entre cours d'eau le sont encore d'avantage (facteur 1 000, 10 000, voire supérieur). Aussi, l'interprétation des variations de l'indicateur se fait en connaissance du contexte météorologique sur le bassin d'apport (pluviométrie notamment), et du régime connu du (des) cours d'eau. On interprète l'évolution de l'indicateur (baisse ou augmentation) par rapport à l'état initial, et par rapport à d'éventuels témoins de même régime, pour des épisodes météorologiques comparables.</p>
Avantages	<p>Paramètre mesurable, coûts modérés</p>
Limites, points de vigilance	<p>Facteurs extérieurs influençant potentiellement le paramètre mesuré (remontées d'eau marine dans le cas de canaux à proximité du littoral)</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p>
Commentaires	<p>Pour une meilleure perception des services écosystémiques rendus, en particulier comme support de la biodiversité, cet indicateur peut être couplé à l'indicateur 3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux) p.94.</p> <p>L'acquisition d'un instrument réalisant à la fois mesure des débits, des hauteurs d'eau et des températures peut être une bonne option selon les moyens financiers disponibles.</p> <p>Il est également possible d'obtenir une valeur de débit grâce à la hauteur d'eau sur une station où l'on aura fait des jaugeages au sel (cf. 3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux) p.94.)</p>
Ressources complémentaires	
<p>Baudoin J-M., Boutet-Berry L., Cagnant M., Gob F., Kreutzenberger K. (Coord.), Lamand F., Malavoi J-R., Marmonier P., Pénil C., Rivière C., Sadot M., Tamisier V. et Tual M., (2017). Carhyce - Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau. Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied. Agence française pour la biodiversité. Collection Guides et protocoles. 52 p.</p> <p>Cerema (2021). Changement climatique : adapter les territoires littoraux. Collection, Le P'tit Essentiel. Éditions du Cerema. 12 p. Disponible ici : https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/changement-climatique-adapter-territoires-littoraux</p> <p>Chandesris A., Mengin N., Malavoi J-R.Souchon Y., Pella H. & Wasson J-G. (2008). SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau. Principes et méthodes (Version V 3). Cemagref. 81 p. Disponible ici : https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/0000000016d1f9b064e2005f846ef58</p>	

Ministère de la Transition Ecologique (2017). Charte qualité de l'hydrométrie - Guide de bonnes pratiques. 84p.
Disponible ici : https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/documents/pdf/Schapi_Charte_hydro_P01-84_BasseDefinition_5Mo_.pdf

Techniques pour mesurer le débit :

http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Mesures_de_d%C3%A9bit

https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705f/x6705f03.htm

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux)
Descriptif		
<p>Le changement climatique est susceptible de modifier les régimes de précipitation, occasionnant notamment des évènements pluvieux extrêmes ou des périodes de sécheresses prolongées menant à des variations brutales du débit et du niveau d'eau. La fragilisation du couvert végétal par le changement climatique, la disparition des zones humides et l'artificialisation des cours d'eau peuvent accentuer ce phénomène.</p> <p>Dans le cadre de la mise en place de SafN portant sur la restauration de milieux humides en vue d'une régulation des débits de crue et d'étiage (restauration de zones humides et de cours d'eau), l'indicateur « Niveau de l'eau (des cours d'eau ou canaux) » vise à établir si les travaux de restauration de milieux aquatique ont un effet sur la disponibilité en eau estivale dans les cours d'eau. L'observation de la hauteur d'eau permet d'estimer le débit des rivières, notamment par réalisation de courbes de tarage, comme explicité dans la fiche 3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement p.91. La mesure du niveau peut pour certaines SafN représenter un indicateur indépendant du calcul du débit, en relation notamment avec la répartition des espèces végétales le long de la berge. Il permet alors de mesurer le risque de pression sur les écosystèmes aquatiques, particulièrement en période d'étiage.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment la SafN agit-elle sur les écoulements de surface ?	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit de mesurer les hauteurs d'eau grâce à une station limnimétrique équipée d'une sonde de niveau d'eau.</p> <p>Il est recommandé un relevé mensuel des sondes.</p> <p>La vérification du matériel dure de l'ordre 40 minutes par station et par mois une fois le matériel posé (sans compter le temps de trajet), et le coût d'acquisition de 7 stations est de l'ordre de 5000€.</p>	
État de référence	Un état initial avant travaux est indispensable pour mesurer l'effet de la SafN mise en œuvre tout comme de suivre des cours d'eau similaires situés sur le même bassin versant et de rang équivalent (sites témoins).	
Échelle spatiale préconisée	Il faut prévoir l'installation des stations limnimétriques juste en aval des secteurs (p.ex. cours d'eau) aménagés ainsi que sur des secteurs équivalents non aménagés.	
Échelle temporelle préconisée	<p>Les mesures doivent permettre de révéler la variabilité des hauteurs au fil des évènements météorologiques. Des mesures en continu, permises grâce à une sonde, sont donc préconisées pour couvrir la variété de ces situations météorologiques au cours du suivi.</p> <p>A plus long-terme, afin de s'assurer que les aménagements conservent leur effet, des suivis ponctuels peuvent être envisagés dans le cas de survenue d'évènements météorologiques extrêmes (p.ex. après une longue période sèche, après des pluies abondantes).</p>	
Clé(s) d'interprétation	Il n'existe pas de valeur indicative pour cet indicateur. L'indicateur est interprété en comparant sa valeur pour un cours d'eau donné à celle de témoins : les SafN mises en	

	<p>œuvre doivent permettre de conserver un débit plus important en période d'étiage que dans les zones témoin.</p> <p>En période de crue, grâce à la SafN, l'onde de crue est étalée dans le temps avec des valeurs de débit maximal plus faible.</p>
Avantages	<p>Paramètre mesurable, coûts modérés, installation assez pratique</p> <p>Méthode commune (et expérimentée) avec le projet Berceau élaboré avec l'appui du Centre de Ressources Scientifique sur l'Eau en Bretagne (CRESEB).</p>
Limites, points de vigilance	<p>Facteurs extérieurs influençant potentiellement le paramètre mesuré</p> <p>Multiplication des jaugeages au sel nécessaire pour avoir une bonne représentativité des conditions d'écoulement du cours d'eau, si on veut travailler en débit. Possibilité de s'en affranchir en travaillant uniquement sur les niveaux d'eau.</p> <p>La courbe de jaugeage dépend de la section du cours d'eau où le niveau est mesuré. Si la section du tronçon suivi est modifiée (cf. 3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau p.96), il faudra aussi mettre à jour la courbe de jaugeage.</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p>
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Projet Berceau : https://bretagne-environnement.fr/berceau-bilan-suivi-et-evaluation-des-actions-de-restauration-des-cours-deau-bretons</p> <p>Ministère de la Transition Ecologique (2017) Charte qualité de l'hydrométrie - Guide de bonnes pratiques. 84p. Disponible ici : https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/documents/pdf/Schapi_Charte_hydro_P01-84_BasseDefinition_5Mo_.pdf</p>	

Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité	3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau
Descriptif		
<p>Le profil en long d'un cours d'eau traduit les processus physiques s'y déroulant (érosion/dépôt) sous l'effet des variations de débits liquide ou solide. Il présente un équilibre entre la capacité de transport d'une part, le volume et le calibre de la charge solide d'autre part. Il peut ainsi évoluer avec les modifications induites par le changement climatique, en particulier la survenue de phénomènes extrêmes. A l'échelle des bassins, les ajustements ne peuvent se faire que sur le long terme, alors qu'à l'échelle des tronçons, des ajustements peuvent se réaliser à un pas de temps plus court.</p> <p>Par exemple, le profil en travers des cours d'eau permet de visualiser la forme d'une section de collecteur ou d'une rivière. Il peut également apporter une aide pour apprécier l'influence de la forme de la section sur l'écoulement (p.ex. hauteur d'eau atteinte, zones recouvertes).</p> <p>La mise en œuvre d'un projet de SafN est susceptible de modifier ces profils de façon directe (p.ex. reprofilage, interventions sur les berges) ou indirecte (p.ex. diminution de l'érosion dans le bassin d'apport).</p> <p>L'étude de ces profils permet ainsi d'apprécier la mobilité du lit de la rivière ainsi que sa dynamique sédimentaire pouvant influencer sur les capacités de la rivière à réguler les flux d'eaux autant en étiage qu'en période de crue. Le suivi doit également permettre d'identifier et de quantifier, sur l'ensemble de la zone d'étude, les ruptures de pente, pour analyser leur évolution. De plus, il conditionne aspects en lien avec les habitats d'espèces, en particulier comme frayère et il s'agit d'un bon indicateur pour mesurer les résultats attendus d'opérations de restaurations hydromorphologiques de tronçons.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment la SafN modifie-t-elle le profil des cours d'eau ?	
Mise en œuvre	<p>Plusieurs méthodes sont possibles pour l'inventaire des profils d'un cours d'eau. Il est ainsi possible d'utiliser :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un niveau de chantier avec une mire, outils robustes et peu coûteux mais nécessitant une prise de note, un champ de vision dégagé et ne permettant un géoréférencement direct. • Un tachéomètre mesurant les angles et les distances, enregistrable directement dans l'appareil mais ne permettant pas non plus un géoréférencement direct. • Un GPS différentiel, relié ou non au RTK-réseau, plus coûteux mais permettant un géoréférencement direct. <p>Pour des prises de points de routine, il s'agit de prendre des points réguliers, au minimum à 5 largeurs de plein bord (L_{pb}). La finesse de relevé peut être abaissée mais doit rester constante tout au long du suivi (conserver les mêmes points de relevé limitant les biais de sélection). La prise de points se fait dans le fond du lit mouillé, au point le plus bas de la section en travers et peut être associée au relevé du profil en travers.</p> <p>L'indicateur se basera sur une évolution temporelle du profil en long et des profils en</p>	

	<p>travers.</p> <p>De plus, ce paramètre peut être complété par une cartographie avant et après travaux des faciès d'écoulement qui donnera des informations complémentaires quant à la qualité des habitats physiques des tronçons restaurés.</p> <p>Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN, le site du Néal estime ces inventaires à 2 jours/an/tronçon (1 journée de terrain et 1 journée d'exploitation).</p>
État de référence	Un état initial avant travaux est indispensable pour mesurer l'effet de la SafN mise en œuvre.
Échelle spatiale préconisée	<p>Il est recommandé de relever ce paramètre sur les tronçons ayant fait l'objet de restauration, en aval voire en amont. Dans le cas d'effacement d'obstacle par exemple, il est également intéressant de suivre les éléments en amont de l'opération d'effacement, jusque l'extrémité amont de la retenue formée par l'obstacle.</p> <p>En matière de linéaire, 50 L_{pb} peuvent ainsi être l'objet de suivi en amont et en aval du linéaire faisant l'objet de travaux, en plus du suivi de cette section aménagée.</p>
Échelle temporelle préconisée	Cet indicateur traduisant des processus physiques à court terme, il est souhaitable de réaliser les inventaires tous les ans, en période d'étiage, à partir de la réalisation des travaux jusqu'à la fin du projet et, si possible, tous les 5 ans ensuite.
Clé(s) d'interprétation	Ce suivi s'adapte à des opérations ambitieuses de restauration. Il s'agit de comprendre le réajustement de la rivière après la recréation d'un lit d'étiage. Ces profils devront être replacés dans leur contexte afin d'éviter une interprétation trop localisée. Une vitesse d'incision ou d'exhaussement pourra être calculée.
Avantages	Résultats chiffrés, les fortes évolutions sont facilement mesurables
Limites, points de vigilance	Petites évolutions indécélables, temps agent important
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau :</p> <p>Agence Française pour la Biodiversité. (2019). Profil en long et faciès d'écoulement. In : Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau, Mai 2019, Fiche suivi 08 : 113-140. Disponible ici : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2019-SSM_PartieC-</p>	

[Fiche8.pdf](#)

Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité	3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement
Descriptif		
<p>Un faciès d'écoulement correspond à une portion de linéaire présentant une physionomie générale homogène sur le plan des hauteurs d'eau, des vitesses et de la granulométrie. La succession de ces unités hydromorphologiques fondamentales au sein du lit d'une rivière traduisent les processus physiques à court terme (érosion/sédimentation) et permettent d'appréhender le fonctionnement d'un cours d'eau. Leur diversité traduit une diversité d'habitats et donc des espèces qui leur sont inféodées. L'étude de la dynamique des écoulements, intégrateurs de la morphologie, permet de mesurer la qualité des habitats physiques ainsi que la résilience des cours d'eau aux phénomènes extrêmes potentiellement induits par le changement climatique.</p> <p>Traditionnellement, pour déterminer les faciès, la clé de détermination de Malavoi & Souchon (2002) est utilisée. Elle discrimine les faciès suivant plusieurs niveaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le niveau 1 qui se fonde sur la hauteur d'eau moyenne (profond et peu profond) et la vitesse d'écoulement (lentiques et lotiques). • Le niveau 2 qui permet d'affiner le premier découpage basé sur les profils en long et en travers ainsi que sur les caractéristiques de l'eau. <p>La granulométrie du substrat est parfois utilisée pour préciser encore la classification.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment la SafN modifie-t-elle le faciès d'écoulement du cours d'eau ?	
Mise en œuvre	La détermination des faciès d'écoulement se réalise par un recensement visuel de préférence en période d'étiage avec report sur SIG pour une analyse quantitative facilitée. L'utilisation d'une tablette connectée est recommandée pour la prise d'informations géoréférencées sur le terrain. A titre d'exemple, dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN, sur le site du Néal, ce recensement est estimé à 2 jours/an/tronçon.	
État de référence	Un état initial avant travaux est indispensable pour mesurer l'effet de la SafN mise en œuvre.	
Échelle spatiale préconisée	Il est recommandé de relever ce paramètre sur les tronçons ayant fait l'objet de restauration et éventuellement en aval.	
Échelle temporelle préconisée	Cet indicateur traduisant des processus physiques à court terme, il est souhaitable de réaliser les inventaires tous les ans, en période d'étiage, à partir de la réalisation des travaux jusqu'à la fin du projet et, si possible, tous les 5 ans ensuite.	
Clé(s) d'interprétation	<p>Une diversification des faciès sur un tronçon, caractérisant l'hétérogénéité des conditions d'habitat, constitue un bon indicateur d'amélioration de la qualité du milieu.</p> <p>Il est possible d'utiliser cette cartographie pour déterminer le potentiel d'accueil d'une rivière pour certaines espèces. Par exemple, la surface de production de juvéniles de saumons est estimé de la façon suivante (Baglinière et al. 1993 ; Baglinière, données</p>	

	<p>non publiées <i>in</i> Prévost et Porcher, 1996) :</p> <p>$Serr = Srr + (1/5 \times Spl)$</p> <p>Serr = Surface de production de juvéniles de saumon en m² d'équivalent radier-rapide</p> <p>Srr = Surface des radiers et des rapides en m²</p> <p>Spl = Surface des plats lents et des plats courants en m²</p>
Avantages	<p>Intégrateur de la morphologie et de la dynamique hydrologique, permet de préjuger de la disponibilité des habitats</p> <p>Fournis, sous SIG, une donnée quantifiable</p>
Limites, points de vigilance	<p>Subjectivité liée à l'estimation des largeurs et longueurs (surfaces)</p> <p>Résultats très dépendants du régime hydrologique lors de la prospection</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau :</p> <p>Agence Française pour la Biodiversité. (2019). Profil en long et faciès d'écoulement. In : Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau, Mai 2019, Fiche suivi 08 : 113-140. Disponible ici : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2019-SSM_PartieC-Fiche8.pdf</p> <p>Clé de détermination des faciès d'écoulement :</p> <p>Malavoi J-R. et Souchon Y. (2002). Standardized description of streams and rivers channel geomorphic units: Qualitative description key and physical measurements. Bulletin Francais De La Pêche Et De La Pisciculture, 365/366: 357-372. Disponible ici : https://www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/2002/02/kmae2002365p357.pdf</p> <p>Document OFB : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/chap6-4.pdf</p> <p>Restauration hydromorphologique des cours d'eau intermittents ou à faible débit d'étiage :</p> <p>Agence Française pour la Biodiversité. (2017). Recommandations pour la restauration hydromorphologique des cours d'eau intermittents ou à faible débit d'étiage. Rapport mis à jour le 27 juillet 2017, 7 p. Disponible ici : https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/</p>	

[recommandations_restaurer_cours_eau_intermittents_afb.pdf](#)

Détermination du potentiel d'accueil de juvéniles de saumon à partir des fasciés d'écoulement d'une rivière

Baglinière J.L., Maisse G. & Nihouarn A. (1993). Comparison of two methods of estimating atlantic salmon (*Salmo salar*) wild smolt production. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, NRC Research Press, 118: 189-201. Disponible ici : <https://hal.inrae.fr/hal-02712679/document>

Prévost E. & Porcher J.P. (1996). Méthodologie d'élaboration de totaux autorisés de captures (T.A.C.) pour le Saumon atlantique (*Salmo salar* L.) dans le massif armoricain. Propositions et recommandations scientifiques. GRISAM, Document scientifique et technique, 26 p. Disponible ici : https://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/images/pdf/Reglement_Lois/tac_grisam_doc1.pdf

Contexte / Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.10 Accrétion sédimentaire
Descriptif		
<p>La mise en œuvre d'une SafN peut avoir objectif de modifier les transports solides (sédiments) et de favoriser les phénomènes d'accrétion, ce pour créer de nouveaux habitats ou modifier les conditions d'écoulement des fluides.</p> <p>Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN et de cette fiche indicateur, un exemple est fourni par le projet de création de mangrove (SafN) au niveau de l'extrémité de la Pointe des Sables dans l'anse de l'Etang des Z'abricots au nord de la baie de Fort-de-France (Martinique) (voir 2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM) p.30).</p> <p>Une série de pieux et de fascines seront implantés à l'extrémité de la Pointe des Sables pour générer une accrétion sédimentaire censée favoriser la mise en place de conditions favorables à la création d'une néo-mangrove dans le prolongement de la Pointe des Sables.</p> <p>Cette fiche présente plusieurs méthodes à combiner pour caractériser l'évolution de l'accrétion sédimentaire au niveau des dispositifs favorisant l'accrétion afin d'avoir une idée de la réussite d'implantation d'une nouvelle mangrove grâce au projet de SafN.</p> <p>Il convient de souligner que l'indicateur relatif à la granulométrie ne caractérise pas directement le processus d'accrétion mais permet de caractériser les sédiments déposés au fur et à mesure du processus d'accrétion.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La mise en œuvre de la SafN favorise-t-elle l'accrétion sédimentaire ?	
Mise en œuvre	<p>Granulométrie des sédiments au niveau des pieux</p> <p>L'objectif est de prélever des sédiments dans le dispositif d'accrétion pour caractériser la nature des sédiments liés au processus d'accrétion. Pour cela, il faut</p> <p>prélever - avec une benne à sédiments - 1 kilogramme de sédiments sur différents points de mesure (au moins 3 points dans la mangrove actuelle et au moins 3 points également dans la zone de pieux).</p> <p>L'analyse des sédiments collectées doit être réalisée en laboratoire (granulométrie, carbonates, matières minérales, matières organiques, matières sèches).</p> <p>Analyses topo-bathymétriques</p> <p>Il existe différentes méthodes de suivi de la topographie et de la bathymétrie de degrés de technicité, de coûts et de précisions très variables :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le suivi par photographies fixes : degré de technicité faible, précision très faible, surface couverte de quelques dizaines de m², pas de compétences particulières, coût très modeste. • Les mesures par tachéomètre : technicité relativement importante, précision de 5-10m, surface couverte de 200-300 m, présence de deux opérateurs non 	

	<p>spécialistes requise, coût entre 4 000 – 5 000 €.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les mesures par GPS différentiel : technicité importante, précision de 5 cm, surface couverte de plusieurs ha, opérateurs spécialisés requis, coût de 10 k€ +coût du traitement. Il s'agit de la méthode pressentie dans le cas du site pilote du projet LIFE intégré ARTISAN. • Les mesures techniques photogrammétriques sur images acquises par un drone : technicité très importante, précision de 5 mm, surface couverte de plusieurs m², opérateurs spécialisés, coût de 20 k€ environ+coût du traitement. • Les mesures par scanner laser : technicité encore plus importante, précision de 5mm, surface couverte de 1 km², opérateurs spécialisés, coût de 50 – 90 k€ pour l'appareil+coût du traitement. <p>La mesure de la bathymétrie par sondeur acoustique de fond : technicité aussi importante que la dernière méthode citée, précision de 5 cm, surface de plusieurs km² /jour, opérateurs spécialisés, coût de plus 200 k€ pour l'appareil + déploiement d'un navire + coût du traitement et inadapté dans certains secteurs.</p> <p>Mesure des hauteurs d'eau</p> <p>Plusieurs techniques existent mais la plus simple est d'utiliser un mètre placé au niveau des pieux pour mesurer la hauteur d'eau au fil du temps.</p>
État de référence	<p>Granulométrie des sédiments au niveau des pieux</p> <p>Il est préconisé d'organiser un prélèvement unique dans la zone de mangrove actuelle comme témoin. Également, un prélèvement initial avant pose des pieux est recommandé pour état de référence initial.</p> <p>Analyses topo-bathymétriques et hauteurs d'eau</p> <p>La réalisation d'un état initial est à prévoir avant la mise en place des pieux.</p>
Échelle spatiale préconisée	<p>Granulométrie des sédiments au niveau des pieux</p> <p>Au moins 3 points dans la mangrove actuelle et au moins 3 points également dans la zone de pieux doivent être réalisés lors de chaque session d'échantillonnage.</p> <p>De telles mesures peuvent être réalisées en dehors du site d'intervention pour apprécier l'évolution des écosystèmes connexes. (voir 3.3.12 État de santé des milieux connexes 184).</p> <p>Analyses topo-bathymétriques</p> <p>Il s'agit du lieu d'implantation des dispositifs d'accrétion et dans les espaces connexes du projet si la technique utilisée le permet (voir 3.3.12 État de santé des milieux connexes 184).</p> <p>Mesure des hauteurs d'eau</p>

	Les mesures seront réalisées au niveau des points d'implantation des pieux.
Echelle temporelle préconisée	<p>Granulométrie des sédiments au niveau des pieux</p> <p>Il est préconisé d'organiser des prélèvements bisannuels (en et hors saison de fortes houles) dans la zone de pieux pour voir l'évolution de l'accrétion.</p> <p>Analyses topo-bathymétriques</p> <p>Des campagnes annuelles à bisannuelles sont recommandées.</p> <p>Mesure des hauteurs d'eau</p> <p>Tous les deux mois pendant 2 ans après l'installation des pieux puis, tous les six mois.</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Granulométrie des sédiments au niveau des pieux</p> <p>Si les différentes caractéristiques tendent vers l'état témoin de la mangrove actuelle durant la phase d'accrétion alors cela indiquera que la SafN favorise l'implémentation d'une nouvelle mangrove.</p> <p>Analyses topo-bathymétriques</p> <p>Une diminution de la bathymétrie au niveau de la zone d'implantation des pieux/fascines traduit une accrétion (pour des conditions analogues) et un succès des dispositifs d'accrétion mis en place dans le cadre de la SafN.</p> <p>Mesure des hauteurs d'eau</p> <p>Une diminution du niveau d'eau est lié à une accrétion sédimentaire pour des conditions analogues (p.ex. marnage, saison).</p>
Avantages	<p>Granulométrie des sédiments au niveau des pieux</p> <p>Simple à réaliser et relativement peu coûteux, indicateur complété par une analyse bathymétrique qui montre l'évolution quantitative (positive, négative ou nulle) du fond lors de l'accrétion.</p> <p>Analyses topo-bathymétriques</p> <p>Précision</p> <p>Mesure des hauteurs d'eau</p> <p>Simplicité, coût faible</p>
Limites, points de vigilance	<p>Analyses topo-bathymétriques</p> <p>Nécessite des moyens de mesure performants et coûteux pour avoir une précision importante</p>

	<p>Mesure des hauteurs d'eau</p> <p>Les pieux risquent d'être arrachés, les mesures ne sont pas très précises et l'échelle spatiale du suivi reste limitée aux pieux uniquement.</p>
<p>Critère(s) UICN</p>	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
<p>Commentaires</p>	<p>Il serait pertinent de comparer les résultats obtenus avec ceux obtenus par le BRGM dans le cadre du projet HydroSedmar</p>

Ressources complémentaires

Portail du projet « HydroSedmar » (BRGM) incluant la zone de mise en œuvre de SafN de la CACEM :

<https://hydrosedmar.brgm.fr/>

Lien vers le site web des risques côtiers :

<https://www.risques-cotiers.fr/connaitre-les-risques-cotiers/projets/cocorisco/guide-et-glossaire-cocorisco/suivre-la-topographie-et-la-bathymetrie/les-differentes-techniques-de-suivi/mesures-par-gps-differentiel/>

En ce qui concerne la mesure des hauteurs d'eau via un mètre, se référer à la boîte à outils MANG pour avoir des compléments d'information sur des techniques de mesure analogues (se référer en particulier à la Fiche n°1 : Niveau d'eau) :

Impact-Mer, 2016. Boîte à outils pour les zones humides d'Outre-mer. Outils pour la mise en œuvre de suivis en zones humides : Aide à la décision & Fiches descriptives. Rapport pour : Conservatoire du Littoral, 78 pp (annexes incluses). Disponible ici : https://base-documentaire.pole-tropical.org/documents/Docs_lies/2017/03/24/A1490364986SD_0_Impact_Mer_2016_MANG_Rapport_intro_VF.pdf

Autre lien vers la boîte à outils MANG : <https://www.pole-tropical.org/actions/formations/les-actions-du-pole-relais-oultre-mer/boite-a-outils-mang-outils-de-diagnostic-et-de-suivis/>

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.11 Intensité du clapot ou de la houle, agitation
Descriptif		
<p>Les projets de SafN mis en œuvre sur les littoraux (p.ex. restauration ou création de mangroves, cordons dunaires, bancs de sable, marais rétro-littoraux) sont susceptibles de limiter l'intensité de la houle ou du clapot (ou agitation) au niveau d'infrastructures qui y seraient vulnérables.</p> <p>Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN, un projet de création de mangrove (SafN) au niveau de l'extrémité de la Pointe des Sables dans l'anse de l'Etang des Z'abricots au nord de la baie de Fort-de-France (Martinique) est mis en œuvre (voir 2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM) p.30).</p> <p>Une série de pieux et de fascines seront implantés à l'extrémité de la Pointe des Sables pour générer une accrétion sédimentaire censée favoriser la mise en place de conditions favorables à la création d'une néo-mangrove dans le prolongement de la Pointe des Sables.</p> <p>La formation de cette néo-mangrove pourrait conduire à une éventuelle baisse d'énergie reçue au niveau du port et le protéger ainsi contre l'agitation, en particulier lors d'événements climatiques extrêmes liés au changement climatique. Des instruments de mesure immergés permettraient de quantifier l'énergie de la houle au niveau de l'entrée du port, de la mangrove, de la zone de mangrove néoformée et de la baie.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN mise en œuvre permet-elle de limiter l'agitation au niveau des infrastructures qui y sont vulnérables ?	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit d'utiliser des capteurs de pression selon les besoins : mesurer la pression, la houle (hauteurs moyennes, périodicité, sachant que l'énergie de la vague est proportionnelle au carré de sa hauteur) et la direction du courant. Techniquement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • En disposer 3-7 (selon moyens) répartis régulièrement (entrée port, mangrove existante, mangrove néoformée, baie). • Ancrer les dispositifs de mesure au fond suivant le type de fond (dur ou meuble) pour éviter la dérive des instruments et/ou leur perte lors d'une éventuelle tempête. • Effectuer 4 sessions de mesures de 40 jours chacune : état des lieux avant pose des pieux, suivi durant la phase d'accrétion, suivi durant la phase de formation de la nouvelle mangrove, état des lieux final avec la mangrove néoformée. Choisir la/les période(s) de tempêtes/forte houle pour les sessions de mesure afin de suivre la SafN en conditions d'aléas significatifs. • Comparer les résultats sur les différents points de mesure d'énergie pour mesurer la dissipation liée à la mangrove néoformée. <p>Pour le contrôle et la validité des données, il est nécessaire de vérifier la présence en eau ou hors eau, le déplacement de l'appareil (due à une trop faible hauteur d'eau) et l'inclinaison de l'appareil lors des mesures. Choisir de préférence des points de mesure qui resteront en eau même à marée basse.</p>	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site	

	d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN. (voir Illustration 14 p.69)
Échelle spatiale préconisée	Il est recommandé de réaliser 3 à 7 points de mesures répartis entre l'entrée du port, la mangrove actuelle, la mangrove néoformée et la baie.
Echelle temporelle préconisée	Des sessions de mesures de 40 jours durant des périodes de forte houle sont préconisées. Trois sessions de mesures sont requises : état initial, durant la formation de la mangrove, état final (mangrove suffisamment formée).
Clé(s) d'interprétation	Pour des conditions météo-océaniques similaires, une baisse moyenne de l'énergie de la houle sur chaque point de mesure indiquera que la SafN est efficace.
Avantages	Il est possible de quantifier de façon précise l'éventuelle baisse d'énergie de houle provoquée par la mangrove néoformée.
Limites, points de vigilance	<p>L'utilisation des données issues des capteurs requière de vérifier voire mesurer également les conditions météo-océaniques pour se baser sur des données d'entrée comparables.</p> <p>Les instruments de mesure doivent être ancrés au fond de manière stable afin de résister aux fortes houles et courants.</p> <p>La récupération des données en continu (via wifi) est recommandée en continu afin d'éviter une perte complète des données en cas de perte d'un appareil.</p> <p>Les coûts des capteurs sont relativement élevés.</p> <p>La durée de l'accrétion et de la formation d'une nouvelle mangrove étant variable, il ne sera peut-être pas possible d'effectuer les sessions de mesures 3 et/ou 4.</p>
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Il serait pertinent de comparer les résultats avec ceux obtenus par la simulation du BRGM dans le cadre du projet HydroSedmar.

Ressources complémentaires

Cerema (2021). Changement climatique : adapter les territoires littoraux. Collection, Le P'tit Essentiel. Éditions du Cerema. 12 p. Disponible ici : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/changement-climatique-adapter-territoires-littoraux>

Portail du projet « HydroSedmar » (BRGM) incluant la zone de mise en œuvre de SafN de la CACEM : <https://hydrosedmar.brgm.fr/>

Les rapports détaillant la méthodologie déployée dans le cadre des campagnes de mesure (figurant dans l'onglet rapports) sont les suivants :

Vincent L. (2017a). Mesures hydro-sédimentaires dans le baie de Fort-de-France en Martinique, période de carême du 22/02/2017 au 04/04/2017. EON1496_Rapport_HydroSed_Careme_2017.

Vincent L. (2017b). Mesures hydro-sédimentaires dans le baie de Fort-de-France en Martinique, période hivernale du 13/09/2017 au 18/10/2017. EON1496_Rapport_HydroSed_Hiver_2017.

Desmazes F., Lecacheux S., Verbiese G., Taillame A.L., Lombard M., Idier D. & Pedreros R. (2018). Projet HYDROSEDMAR : Mesures hydro-sédimentaires complémentaires réalisées en continu dans la baie de Fort-de-France (2017-2018). Rapport final. 121 p.

Lecacheux S., Desmaze F., Idier D. & Pedreros R. (2018). Projet HYDROSEDMAR : Synthèse et analyse des mesures hydro-sédimentaires réalisées dans la baie de Fort-de-France (2017-2018). Rapport final. BRGM/RP-68217-FR, 76 p.

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.12 Niveau des nappes
Descriptif		
<p>Les nappes phréatiques se rechargent régulièrement et lentement, grâce aux précipitations, pour se décharger ensuite dans les rivières et autres étendues d'eau. Or, le changement climatique est susceptible de modifier les régimes de précipitation, occasionnant notamment des événements pluvieux extrêmes ou des périodes de sécheresses prolongées jouant sur la capacité de décharge et recharge des nappes, en particulier sur les nappes de surface.</p> <p>La mise en place de certaines SafN (p.ex. restauration de zones humides, opérations de perméabilisation) est susceptible de favoriser la recharge des nappes.</p> <p>Le fonctionnement hydrologique des zones humides peut être approché par la connaissance de la dynamique de la nappe d'eau dans le sol qui résulte de la différence entre les entrées et les sorties d'eau du bilan hydrique à l'échelle du site. Cette dynamique détermine la présence des espèces hygrophiles et des sols hydromorphes. L'indicateur caractérise la distribution des valeurs annuelles de la nappe pour un suivi à moyen et long terme de la dynamique hydrologique par des piézomètres.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN permet-elle un rechargement efficace des nappes ?	
Mise en œuvre	<p>Il est proposé ici de suivre le protocole défini dans le cadre du programme Rhoméo (2014) de l'indice « Dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres ».</p> <p>Il s'agit de mettre en place un piézomètre sur le site dans un contexte hydrologique et topographique représentatif de la zone d'étude. Il est équipé d'une sonde de pression à enregistrement automatique permettant de relever les niveaux d'eau au-dessus de la sonde à une fréquence si possible horaire.</p> <p>Les niveaux sont ensuite transformés en niveau par rapport au sol (le niveau d'eau pouvant être au-dessus du sol).</p> <p>Les données horaires sont ensuite traitées pour calculer des valeurs statistiques mensuelles et annuelles du niveau de la nappe (valeur moyenne, 1^{er} et 3^{ème} quartile, valeurs maximales et minimale).</p> <p>Il faut compter une demi-journée d'installation suivie de 2 ou 3 passages dans le mois suivant pour vérifier la bonne installation du dispositif et le calage des profondeurs. Ensuite, suivant l'autonomie et la capacité mémoire de la sonde, il peut être envisagé 1 relevé annuel des données, mais il est conseillé de relever les sondes plus régulièrement au risque sinon de perdre un an de données en cas de dysfonctionnements.</p> <p>Le coût d'un tel dispositif par site est d'environ 1 500 € et demande environ 1 jour de travail par an de maintenance et de relevé des données.</p> <p>Ce protocole peut être développé par la mise en place non pas d'un piézomètre mais d'une série de piézomètres le long d'un transect perpendiculaire à la rivière.</p>	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site	

	d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial, en conditions météorologiques comparables), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN. (voir Illustration 14 p.69)
Échelle spatiale préconisée	Le(s) piézomètre(s) sera(ont) installé(s) sur le site d'intervention (la SafN) et sur un site témoin équivalent à sa situation avant travaux.
Échelle temporelle préconisée	Les données seront relevées automatiquement toutes les heures et seront ensuite traitées pour calculer des valeurs statistiques mensuelles et annuelles du niveau de la nappe (valeur moyenne, 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartile, valeurs maximales et minimale). Il est également recommandé de le suivre si possible à plus long-terme, l'indicateur n'étant pertinent que sur le long terme.
Clé(s) d'interprétation	L'interprétation des évolutions de la nappe se fait sur des temps longs (5 ans) afin de s'affranchir des variations inter-annuelles en étudiant la tendance de l'altitude médiane de la nappe que l'on s'attend à présenter une tendance positive d'évolution. Le suivi du protocole Mhéo et dans le cas de l'existence de valeurs de référence à l'échelle du bassin, il est possible de comparer avec une situation théorique normale pour une zone humide de même nature.
Avantages	Relativement facile d'installation et, une fois le dispositif en place, la maintenance et le relevé des données ne nécessite qu'un temps limité.
Limites, points de vigilance	Nécessite l'installation de piézomètres dont la profondeur n'est pas facile à déterminer lors de l'installation (à installer en période d'étiage). Il est difficile d'interpréter les évolutions de la nappe à court terme, celle-ci variant suivant les conditions météorologiques. Seule une analyse sur le long terme est pertinente, ce qui n'est pas toujours compatible avec la durée du projet. Cette mesure est rendue difficile dans des contextes pédologiques/lithostratigraphiques caractérisés par une perméabilité réduite, ou à fonctionnement hydrologique complexe (p.ex. Karst ou aquifère multi-couche).
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Les piézomètres peuvent être équipés d'une sonde multiparamétrique : outre le niveau de nappe, ils mesurent ainsi conductivité, température, oxygène dissous, pH et potentiel Redox.
Ressources complémentaires	
Programme Mhéo : https://reseau-cen.org/fr/les-programmes/mheo-0	
Description de l'indicateur I03 « Dynamique hydrologique de la nappe – piézomètres » :	
Rhoméo. (2014). Dynamique hydrologique de la nappe – piézomètres. I03. Extrait de la boîte à outils de suivi des zones humides, Version 1, 28 p. Disponible ici :	

http://rhomeo-bao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/I03_ZH_Boite-outils.pdf

Le projet Hydrindic en cours piloté par INRAE consiste à développer un indicateur hydrologique pour les maîtres d'ouvrage (et bureaux d'études, gestionnaires d'espaces naturels, etc.) qui réalisent des projets de restauration/création de zones humides (déblaiement, suppression de drains souterrains, modification des apports en eau, etc.). Cet indicateur se veut « basse technologie » (low-tech), rapide de réponse et pourra être une alternative intéressante une fois développé : <http://zones-humides.org/actualit%C3%A9/projet-hydrindic>

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.13 Températures relatives nappe/rivière
Descriptif		
<p>Les milieux humides jouent un rôle important dans la régulation quantitative et qualitative de l'eau et comme support de biodiversité. Ils subissent des altérations qui accentuent les phénomènes liés au changement climatique comme les inondations ou les périodes de faible niveau d'eau. Les échanges nappe-rivière sont ainsi importants à suivre dans le cadre d'une SafN portant sur la restauration de milieux humides riverains des cours d'eau en vue d'une amélioration de la recharge de la nappe pour lutter contre les phénomènes d'étiages sévères.</p> <p>Le suivi du fonctionnement hydrologique d'un site riverain de cours d'eau et, en particulier, les processus de charge et décharge sont très intéressants à étudier suite aux travaux de restauration. Toutefois, il s'agit de phénomènes complexes nécessitant des protocoles conséquents (Paran & Augeard, 2017), incompatibles avec les ressources consacrées dans certains projets à suivi multi-thématique.</p> <p>L'indicateur « Températures relatives nappe/rivière », sans permettre de déterminer de manière précise le niveau d'échange entre la rivière et la nappe, permet de donner une idée sur ces échanges.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment la SafN influence-t-elle l'intensité des échanges entre la rivière et la nappe ?	
Mise en œuvre	<p>La température de la nappe est mesurée par les sondes de niveau et la température de la rivière est mesurée en parallèle. L'indicateur correspond au delta entre la température de la nappe et celle de la rivière.</p> <p>Le coût du matériel est très peu onéreux (sonde de température) et 15 jours annuels sont par exemple nécessaires pour réaliser les prélèvements sur sept sites à analyser.</p>	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN. (voir Illustration 14 p.69)	
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur sera relevé au niveau du(des) piézomètre(s) installé(s) sur le site d'intervention de la SafN et sur un site témoin dans le cadre de la mesure du niveau de la nappe. La mesure sur le cours d'eau sera réalisée au plus près du piézomètre.	
Échelle temporelle préconisée	<p>Les températures sont relevées lors de six campagnes annuelles renouvelées chaque année : deux lors de la mise en charge de la nappe, deux en pleine charge et deux lors de la décharge.</p> <p>Ces campagnes démarrent avant les travaux de la SafN, puis sont conduites annuellement le temps du projet, en prolongeant ensuite si possible.</p>	
Clé(s) d'interprétation	Il est attendu qu'un niveau d'échange plus important entre la rivière et la nappe se traduise par une homogénéisation des températures (la différence des températures nappe/rivière diminue). Notamment, en période d'étiage, on peut s'attendre à une température moins élevée de la rivière du fait de la décharge d'eau issue de la nappe	

	de la zone humide riveraine.
Avantages	<p>Il s'agit d'un complément intéressant aux mesures de niveaux pour comprendre le fonctionnement de la zone humide et, en particulier, son lien avec le cours d'eau.</p> <p>Intégrateur des variations saisonnières et ponctuelles</p>
Limites, points de vigilance	<p>L'interprétation des résultats n'est pas toujours aisée et dépend de multiples paramètres comme la géologie du site.</p> <p>Il est parfois difficile de déterminer avec certitude quand faire les campagnes annuelles.</p>
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Pourra être complété par des mesures de composants dissous (nitrates, carbone organique dissous) et conductivité. Une sonde multiparamètres devra être mobilisée.
Ressources complémentaires	
<p>Paran F.& Augeard B. (2017). Guide technique interactions nappe/rivière. Des outils pour comprendre et mesurer les échanges. Agence française pour la biodiversité. 106 p. Disponible ici : https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/guidenaprom_completweb.pdf</p>	

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.14 Potentiel d'infiltration
Descriptif		
<p>L'objectif de cet indicateur est de quantifier le pouvoir infiltrant de la SafN mise en œuvre. Il doit permettre d'estimer sa capacité à stocker les eaux de pluie et/ou de ruissellement, et de comprendre comment ces eaux s'infiltrent dans le sol au fil du temps et selon l'épisode pluviométrique considéré. Cet indicateur fait écho à la gestion des eaux pluviales et du risque inondation. Les SafN modifiant le sol ou sa couverture sont susceptibles de modifier le pouvoir infiltrant.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Dans quelle mesure la SafN permet-elle d'infiltrer et de stocker localement les eaux de pluie, et d'empêcher ainsi le ruissellement de surface et/ou la saturation des réseaux d'assainissement ? Dans quelle mesure la SafN permet-elle d'augmenter la teneur en eau des sols et de limiter le stress hydrique ? Comment cet outil de gestion à la source se comporte-t-il selon les caractéristiques de l'évènement pluvieux considéré (intensité, durée, fréquence) et de son état initial ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur peut être estimé à l'aide d'instruments de mesure dédiés à la mesure de la teneur en eau dans le sol.</p> <p>Selon l'épaisseur du sol considéré, différentes configurations peuvent être envisagées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faibles épaisseurs (<15 cm) : le capteur est implanté verticalement s'il effectue une mesure intégrée sur sa longueur (dans ce cas, on obtient une valeur moyenne sur cette longueur), ou horizontalement s'il effectue une mesure locale. • Épaisseurs plus importantes (>15 cm) : plusieurs capteurs peuvent être implantés horizontalement afin de quantifier la teneur en eau à différents horizons du sol. <p>Différentes technologies permettent d'effectuer ces mesures de teneur en eau. Citons les plus courantes : Sonde capacitive (coût : 100 - 200 €), sonde TDR (Time Domain Reflectivity, coût : 50 – 300 € selon la qualité requise), sonde tensiométrique (bougie poreuse, coût ~ 100 €). Dans chaque cas, il faut ajouter le coût d'une station d'acquisition pour collecter, stocker et transmettre les données (« datalogger » ~ 1 000-3 000 € selon le modèle).</p> <p>Ces sondes nécessitent normalement d'être étalonnées pour ajuster la relation entre la variable réellement mesurée par le capteur (permittivité électrique pour les sondes TDR et capacitives, relation pression/succion pour les sondes tensiométriques) et la variable souhaitée (teneur en eau). Il est néanmoins possible de se contenter d'une valeur relative si l'information souhaitée ne requiert pas de précision quantitative, mais plutôt une information qualitative (sol sec ou humide).</p>	
État de référence	<p>L'état de référence pour cet indicateur est l'état initial (avant la mise en œuvre de la SafN), à contexte climatique comparable (même saison, condition météorologique des jours de mesure, et des jours antérieurs similaires), et/ou l'état d'un site témoin, sans intervention.</p>	

Échelle spatiale préconisée	Les sondes de teneur en eau fournissent une information localement, à l'endroit où elles sont implantées. Les sols étant souvent caractérisés par des compositions et caractéristiques fortement hétérogènes, il est difficile d'extrapoler ces mesures locales à l'ensemble de la SafN concernée. Si l'on souhaite appréhender les effets de la SafN à l'échelle du projet, il convient donc de multiplier les points de mesure pour refléter divers contextes (localisation dans le bassin versant, nature du sol...).
Échelle temporelle préconisée	Afin d'appréhender la forte variabilité temporelle du processus d'infiltration en lien avec celle des précipitations, il semble nécessaire d'estimer cet indicateur en continu avec un pas de temps relativement faible (1 heure, voire 5 minutes si l'on s'intéresse à la réponse du sol aux pluies intenses).
Clé(s) d'interprétation	<p>La teneur en eau varie entre 0 (sol complètement sec) et une valeur maximale égale à la porosité du sol considéré. Cette porosité peut varier entre 30% (sol compacté à la texture fine) à 70% (sol fracturé à la texture équilibrée). Une valeur de teneur en eau critique (appelée point de flétrissement) définit l'état du sol pour lequel les plantes ne peuvent plus puiser l'eau nécessaire à leur croissance et flétrissent de manière irréversible si cette situation demeure. Cette valeur dépend des espèces considérées et de la nature du sol. Il y a donc nécessité à bien connaître le sol en place, quitte à réaliser des analyses en laboratoire si nécessaire (voir à ce titre l'indicateur 3.6.6 Indicateurs physiques, chimiques et biologiques des sols p.246).</p> <p>La valeur de teneur en eau rapportée à la profondeur du sol et sa porosité peut renseigner sur son potentiel d'infiltration. Plus un sol sera mince, saturé et compacté, et plus sa capacité d'infiltration sera faible. Inversement, plus un sol sera épais, fracturé et relativement sec, et plus sa capacité d'infiltration sera forte.</p>
Avantages	Les capteurs de teneur en eau, qu'ils soient capacitifs ou résistifs, sont relativement simples à mettre en œuvre et peu coûteux.
Limites, points de vigilance	Les capteurs de teneur en eau, qu'ils soient capacitifs ou résistifs, sont peu robustes et peu précis. Ils sont à utiliser de manière relative pour avoir une indication qualitative et relative sur l'état d'humidité des sols.
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Cet indicateur peut aussi être utilisé pour savoir quand déclencher une irrigation si un tel système est en place, et quelle quantité d'eau apporter le cas échéant, ainsi qu'interpréter des indicateurs de survie et croissance des espèces végétales. Il est à lier à l'indicateur de contexte 3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN p.241
Ressources complémentaires	

Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols
Descriptif		
<p>Le changement climatique est susceptible de modifier les régimes de précipitation, occasionnant notamment des évènements pluvieux extrêmes ou des périodes de sécheresses prolongées menant à des variations brutales du débit et du niveau d'eau. Des SafN de type restauration de milieux humides sont susceptibles de lutter contre les conséquences de ces phénomènes extrêmes en jouant un rôle tampon par une augmentation de l'engorgement des sols ou augmentant le degré d'humidité des sols et de la végétation.</p> <p>La mesure directe de ces paramètres est parfois difficile et coûteuse, mais il est possible de l'estimer à travers plusieurs indices biologiques intégrateurs du degré d'humidité édaphique. De tels indices ont été définis dans le cadre du projet Rhoméo sur le bassin Rhône Méditerranée Corse et sont en cours de déploiement sur l'ensemble du territoire métropolitain français (programme Mhéo). Si ces programmes portent sur les zones humides, de tels indices peuvent également être suivis dans le cas d'opération de perméabilisation, de restauration du petit cycle de l'eau dans d'autres milieux pour apprécier la variation de la disponibilité de la ressource en eau.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN permet-elle un engorgement de la zone humide favorable aux espèces inféodées à ce type de milieu ?	
Mise en œuvre	<p>La présence d'une nappe d'eau dans le sol constitue une contrainte pour les végétaux, contrainte à laquelle les espèces sont plus ou moins tolérantes ou adaptées. Il est donc possible de mesurer de manière simplifiée l'optimum de chaque espèce vis-à-vis du niveau moyen de la nappe : c'est sa valeur indicatrice. Les végétaux peuvent donc être utilisés pour estimer le niveau de la nappe à travers un indicateur, appelé « indice floristique d'engorgement ». La flore est inventoriée sur un ensemble de placettes réparties de manière à échantillonner un maximum d'habitats naturels possibles. Sur chaque placette, il est noté les espèces présentes, leur recouvrement, la physionomie et la hauteur de la végétation.</p> <p>L'indicateur « Humidité du milieu : orthoptère » définit quant à lui un degré d'humidité moyenne de la zone humide (humidité stationnelle) au niveau du sol et de la strate herbacée, à partir des peuplements d'orthoptères (criquets, sauterelles et grillons) observés par rapport à une liste d'espèces potentielles. L'indicateur est un pourcentage correspondant au ratio entre une note obtenue en additionnant les valeurs indicatrices d'hygrophilie de chaque espèce observée et celle des espèces potentielles. L'inventaire des orthoptères (criquets, sauterelles et grillons), des cicindèles et d'un perce-oreille de la zone humide est réalisé à vue afin d'identifier les espèces, leur stade de développement et leur comportement reproducteur. Ces espèces indicatrices sont définies régionalement : pour l'heure des listes sont disponibles dans le domaine biogéographique méditerranéen (voir ressource Rhoméo) et en cours de déploiement dans les autres domaines.</p> <p>Les valeurs obtenues (par placette ou par site) sont ensuite comparées à des valeurs de références attendues à l'échelle du bassin pour définir l'état de la zone humide.</p> <p>On estime à 1,5 jours d'inventaires pour la flore et à 3 jours pour les orthoptères par sites ainsi qu'une journée supplémentaire dans chaque cas pour l'interprétation des données.</p>	

	Le lien vers les protocoles détaillés sont disponibles dans la partie ressources complémentaires.
État de référence	<p>Il est nécessaire d'effectuer un état initial avant le début de la mise en œuvre de la SafN envisagée. Il permettra de connaître l'évolution de l'indicateur au cours du temps.</p> <p>Des sites témoin peuvent être envisagés pour apprécier les évolutions tendanciennes de l'indicateur, et définir l'effet net de l'intervention. De plus, les valeurs sont comparées à des valeurs de références à l'échelle du bassin (Référentiels Mhéo), dans le cas d'une utilisation pour des milieux humides.</p>
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur peut être suivi de manière exhaustive sur la totalité des zones humides faisant particulièrement l'objet des travaux, ou pouvant être influencée par ces travaux. Il peut être suivi en dehors du site d'intervention, pour apprécier l'effet de la SafN sur les conditions édaphiques des milieux connexes.
Échelle temporelle préconisée	<p>Il est pertinent de suivre l'indicateur orthoptère à intervalle de 2 ans, et 5 ans pour l'indice floristique d'engorgement. Au minimum, il sera mesuré avant l'intervention pour constituer l'état initial et à la fin du projet.</p> <p>Il est également recommandé de le suivre si possible à plus long-terme, tous les 5 ans par exemple, afin de mesurer le résultat du projet sur le long terme.</p>
Clé(s) d'interprétation	La valeur de ces 2 indicateurs augmente avec le degré d'humidité des sols ou de la végétation. Dans le cas de l'existence de valeurs de référence à l'échelle du bassin, ils permettent également de comparer avec une situation théorique normale pour une zone humide de même nature.
Avantages	<p>Indicateur d'état basé sur des valeurs de référence</p> <p>Intégrateur des variations saisonnières et ponctuelles</p>
Limites, points de vigilance	<p>Nécessite des compétences importantes pour les inventaires, l'identification des espèces et l'analyses des résultats.</p> <p>Les valeurs de référence ne sont pas disponibles pour l'intégralité des grands bassins versant français, en particulier pour l'indice orthoptère qui ne fait pas partie du socle commun des valeurs de référence de Mhéo.</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	Ces deux indices sont liés (même protocole) avec d'autres indices Rhoméo permettant d'évaluer la qualité de la zone humide (p.ex. indice trophique, dynamique sédimentaire).
Ressources complémentaires	

Programme Mhéo :

<https://reseau-cen.org/fr/les-programmes/mheo-0>

Description de l'indicateur I09 « Indice floristique d'engorgement » issue de la boîte à outil Rhoméo (2014):

http://rhomeo-bao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/I02_ZH_Boite-outils.pdf

Description de l'indicateur I09 « Humidité du milieu : orthoptères » issue de la boîte à outil Rhoméo (2014):

http://rhomeo-bao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/I09_ZH_Boite-outils.pdf

Base de données des indices associés à la flore (colonne HE pour l'humidité édaphique) :

Julve P. (1998). Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France. Programme Catminat : Flore et végétation de la France et du monde. Disponible ici : <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>. Consulté le 25/10/2021.

Résultats	Adaptation au changement climatique	3.2.16 Flux d'évapotranspiration
Descriptif		
<p>Les SafN, en augmentant le couvert végétal et/ou en améliorant l'alimentation en eau des végétaux, sont susceptibles d'augmenter les volumes d'eau évapotranspirés. On entend par « évapotranspiration » l'ensemble des processus d'évaporation des surfaces et de transpiration des organismes qui permettent tous deux de transformer l'eau stockée localement dans le complexe sol/végétation en vapeur d'eau. Ce changement d'état permet d'une part, de rendre sa capacité de stockage (et donc d'infiltration) à la SafN étudiée, et d'autre part de diminuer localement la température en consommant de l'énergie. L'objectif de cet indicateur est donc de quantifier le pouvoir évapotranspirant de la SafN mise œuvre. Il s'exprime sous la forme d'un flux et correspond à la quantité d'eau évapotranspirée ou d'énergie consommée pendant une certaine durée.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Dans quelle mesure la SafN mise en œuvre permet-elle de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • diminuer localement la température en évapotranspirant l'eau qu'elle contient (effet sur le confort thermique et le micro-climat) ? • de retrouver une capacité de stockage en vue de retenir les eaux de pluie (effet sur le ruissellement) ? 	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur peut être estimé soit directement à l'aide d'instruments de mesure, soit indirectement à l'aide d'un modèle utilisant des données météorologiques locales.</p> <p><u>A l'aide d'instruments de mesure</u> : Si il est possible d'isoler une partie de la SafN, un lysimètre peut être installé (coût ~ 5-6 k€). Il effectue une mesure de poids et estime ainsi les pertes en eau dues à l'évapotranspiration entre deux événements pluvieux. Ponctuellement, une chambre à transpiration peut être installée sur la SafN. Cette petite boîte en plexiglas (1 m²) est dotée d'appareils de mesure (humidité absolue, rayonnement, température) pour qualifier le micro-climat (coût ~ 8 k€). La variation d'humidité absolue pendant un court moment (~1 minute) après l'installation de la chambre permet d'estimer l'évapotranspiration. Elle doit ensuite être retirée du sol avant d'être utilisée de nouveau pour une nouvelle mesure quelques minutes plus tard.</p> <p><u>A l'aide d'un modèle</u> : Différentes équations existent. Celle de Penman-Monteith est couramment utilisée. Elle fait intervenir des mesures locales de température, humidité, radiation, vitesse de vent et pression (coût pour ces instruments ~ 3 k€). L'évapotranspiration dite « potentielle » ainsi calculée correspond à celle d'un gazon irrigué. Elle doit donc être modifiée/pondérée en fonction du site étudié en tenant compte de la teneur en eau du sol et des espèces végétales en place (cf. parmi les ressources de la fiche la référence FAO pour des exemples de coefficient de pondération)..</p> <p>Cet indicateur peut être mesuré en W/m² si l'on s'intéresse au bilan énergétique (effet sur le confort thermique), ou en mm/h (ou mm/jour) si on s'intéresse davantage au bilan hydrique (effet sur le ruissellement).</p> <p>Pour les végétaux ligneux, il est à noter que des dispositifs de mesure des variations de diamètre des branches (variations de l'ordre du micromètre, suivant un cycle jour/nuit) permettent de quantifier l'intensité de transpiration. Notons que ces dispositifs sont</p>	

	relativement onéreux (exemple de Lyon : 22 k€ pour le suivi de 3 arbres), et qu'utilisés seuls, ils ne permettent pas de quantifier les volumes d'eau transpirés.
État de référence	L'état de référence peut être l'indicateur avant la mise en œuvre de la SafN (état initial), à conditions climatiques comparables, ou l'indicateur mesuré pour un site témoin soumis aux mêmes conditions climatiques.
Échelle spatiale préconisée	<p>Cet indicateur ne peut être déterminé que localement dans la mesure où il dépend fortement des hétérogénéités spatiales du sol (p.ex. composition, teneur en eau, espèce végétale) et des conditions météorologiques (p.ex. vent, rayonnement, température).</p> <p>Si l'on souhaite appréhender les effets de la SafN à l'échelle d'un projet hétérogène et de grande surface, il convient donc de multiplier les points de mesure pour refléter cette diversité.</p>
Échelle temporelle préconisée	Afin d'appréhender la forte variabilité temporelle du processus d'évapotranspiration, il semble nécessaire d'estimer cet indicateur en continu avec un pas de temps inférieur à la journée (horaire par exemple). Cela nécessite donc d'utiliser soit un modèle, soit un suivi continu du bilan énergétique ou hydrique. Les mesures effectuées à l'aide de la chambre à transpiration, nécessitant une présence humaine, ne peuvent être réalisées qu'occasionnellement. La chambre peut fournir des données toutes les 5 minutes le temps de la campagne d'échantillonnage.
Clé(s) d'interprétation	<p>Des valeurs de quelques mm par jour sont à rechercher en été. Néanmoins, il faudra s'assurer qu'en l'absence d'irrigation, une trop grande capacité d'évapotranspiration ne produise un assèchement du sol qui aura pour conséquence la mort de la végétation en place.</p> <p>Dans le cas où une mesure par bilan hydrique serait privilégiée, cet indicateur est à rapprocher de l'indicateur 3.2.14 Potentiel d'infiltration p.114. L'indicateur doit également être interprété en prenant en compte la pluviométrie (voir indicateur 3.6.1 Contexte météorologique et climatique local p.232).</p>
Avantages	Les mesures par lysimétrie offrent généralement les meilleurs résultats.
Limites, points de vigilance	Il faut rappeler que les mesures d'évapotranspiration sont difficiles à réaliser. Les méthodes privilégiées requièrent des instruments coûteux et la mesure n'est représentative que pour l'endroit où elle a été réalisée du fait des hétérogénéités spatiales précédemment mentionnées.
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Des mesures en continu de bilan (énergétique ou hydrique) sont aussi réalisables pour déduire l'évapotranspiration, mais elles sont plus coûteuses et difficiles à mettre en œuvre (Thèse d'A. Castellanos à l'ENPC).

Ressources complémentaires

Ramier D., Chollet J., Berthier E., Sabre M., Tétard Y., Flori J.-P. & Bouyer J. (2015). Mesure de l'évapotranspiration à petite échelle spatiale : applications aux toitures végétalisées. Poster. Disponible ici :

https://sirta.ipsl.fr/documents/JSS2015/posters/JSS2015_poster-A5_Ramier.pdf

Site de l'UMR PIAF – Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant :
<https://www6.clermont.inrae.fr/piaf> ; en particulier la page consacrée au dispositif PépiPIAF :
<https://www6.clermont.inrae.fr/piaf/Methodes-et-Modeles/PepiPIAF>

Valeurs des coefficients de pondération proposées par la FAO :
<https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e04.htm#chapter%201%20%20%20introduction%20to%20evapotranspiration>

Exemple de mesure des variations de diamètre des branches par la Métropole du Grand Lyon :

Bensaoud A., Ségur F. & Ameglio T. (2018). Ecosystem services provided by trees in the city: Assessing the cooling capacity by measuring the dendrometric parameters (trunk diameter growth). HAL open science, hal-01843738 : 25-31.

Indicateurs « Résilience des écosystèmes et des filières économiques »

Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux
Descriptif		
<p>Certains projets de SafN visent à limiter les effets générés par le changement climatique sur la végétation, qu'il s'agisse de peuplements forestiers, de haies, d'arbres implantés en milieu urbain ou encore de palétuviers en Outre-mer.</p> <p>Les phénomènes observés et prévus correspondent à la multiplication des périodes de stress hydriques, aux dérèglements des températures, à la modification des régimes de précipitation, à l'augmentation des événements extrêmes de type tempêtes, cyclones, ou encore à la prolifération des agents pathogènes et parasites. Ils peuvent provoquer des vagues de dépérissements pour les forêts par exemple, parfois irréversibles pour les peuplements.</p> <p>L'objectif de l'indicateur « Survie et état de santé des végétaux » est de suivre le taux de survie et l'état phytosanitaire, notamment après un événement climatique extrême, de formes végétales variées associées à la mise en œuvre du projet de SafN, et de comparer leur état avec des sites ne bénéficiant pas de la SafN.</p> <p>C'est un indicateur essentiel pour la gestion adaptative de toute SafN impliquant une plantation de végétaux.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>En présence de la SafN :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comment évolue la vitalité, l'état sanitaire, la stabilité de formes végétales, notamment à la suite d'un événement climatique extrême (p.ex. sécheresse, tempête) ? Un dépérissement est-il observé et si oui, est-il irréversible ? • Comment évolue capacité d'auto-réparation d'une forme végétale après un événement climatique extrême (p.ex. mangrove existante ou néoformée face à un cyclone) ? • La palette végétale est-elle adéquate dans les nouvelles conditions climatiques ? • A quel terme (court, moyen, long) la SafN peut être considérée comme autonome et résiliente face aux conditions locales conséquentes du changement climatique ? 	
Mise en œuvre	<p>Selon les porteurs de projets de SafN, les problématiques écologiques et les moyens à disposition, les suivis peuvent s'articuler autour de méthodes différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans tout cas de plantation de végétation un simple comptage des individus qui dépérissent ou qui présentent des problèmes phytosanitaires importants permet un suivi du taux de survie et du taux d'individus en bonne santé. Ce comptage est réalisé selon une typologie de signes de dépérissement/problèmes sanitaires établie en cohérence avec les phénomènes climatiques auxquels la SafN entend être adaptée, en intégrant si possible des pressions non directement liées aux phénomènes météorologiques mais potentiellement liées au changement climatique (p.ex., les ravageurs). Ainsi, pour évaluer la stabilité d'un peuplement face au vent, les 	

chablis pourront être dénombrés ; pour évaluer la tenue d'une jeune mangrove face aux cyclones, le nombre de palétuviers emportés par un épisode cyclonique. Dans le cas des problèmes sanitaires ou d'herbivorie importants, l'appel à un expert (entomologue ou phytopathologue) est recommandé pour déterminer avec précision les causes de maladie ou le ravageur et définir les mesures à prendre. Selon la nature de la forme végétalisée et l'échelle du suivi, **l'unité de décompte peut être adaptée** : dans le cas de réseaux de haies, on pourra par exemple raisonner en linéaire de haie impacté plutôt qu'en nombre d'individus.

- En contexte forestier et pour évaluer le dépérissement, la **méthode ARCHI** peut être mise en œuvre. Il s'agit d'un outil de diagnostic visuel du dépérissement et des capacités de résilience des arbres développé en 2010 par le CNPF. La méthode est fondée sur l'observation de l'architecture aérienne et permet de déterminer l'état physiologique de l'individu. La méthode permet d'identifier les symptômes visuels du dépérissement d'un individu. Les mortalités anormales, colorations anormales, draperies de rameaux, suppléants, déficits foliaires sont observés et permettent de discriminer l'état des différents individus examinés (sain, stressé, résilient, descente de cime, dépérissement irréversible).
- En ce qui concerne l'évaluation du dépérissement forestier **à une échelle plus large, tant temporelle que spatiale, l'utilisation du couple NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)/imagerie MODIS** peut être proposée. La télédétection satellitaire est une alternative aux observations *in situ* pour caractériser la phénologie de la végétation. Les estimations fournies par la télédétection utilisent la dynamique temporelle de certains indices, dits indices de végétation, sensibles à la biomasse végétale. Le NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) est l'indice spectral le plus utilisé. Il exploite le contraste important qui existe entre le rayonnement réfléchi par la végétation dans le proche infrarouge (PIR) et le rouge (R) en raison de la forte absorption de la lumière dans cette gamme de longueur d'onde. Il se calcule de la façon suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

avec : PIR la réflectance dans le proche infrarouge ; R la réflectance dans le rouge

Les données d'entrée sont des séries temporelles d'images satellitaires comme les images MODIS⁵ (à échelle large compte tenu de la résolution ; possibilité de rétrospective car disponibles depuis février 2000), les images Sentinel-2⁶ (produits de télédétection plus récents ; meilleure résolution spatiale ; peu d'ancienneté).

Les variations du NDVI sont calculées sur la base de la **construction de séries temporelles** (calcul d'indicateurs annuels d'activité pour détecter une

5 MODIS : Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer que l'on peut traduire en français par Rédiomètre spectral pour imagerie de résolution moyenne, <https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/>

6 Sentinel-2 : « Tous les 5 jours, la mission Sentinel-2 fournit des clichés dans 13 bandes spectrales de notre planète. Objectifs : suivre à haute résolution l'évolution de la végétation, de l'occupation des sols et l'impact du réchauffement climatique avec une haute fréquence d'observation » <https://sentinel2.cnes.fr/fr>

	<p>éventuelle variation graduelle) et en utilisant la méthode BFAST (Break For Additive Seasonal and Trend) pour détecter d'éventuelles variations brutales liées à des évènements extrêmes.</p>
État de référence	<p>Il est recommandé de réaliser un état initial, c'est-à-dire avant la mise en œuvre de la SafN.</p> <p>Il est pertinent de suivre cet indicateur sur plusieurs sites correspondant à plusieurs choix de gestion et/ou plantation dans des conditions d'échantillonnage similaires pour comparer les résultats (p.ex. site géré avec des objectifs d'adaptation au changement climatique [la SafN], site géré de manière conventionnelle).</p>
Échelle spatiale préconisée	<p>Pour les comptages de terrain, le territoire d'action pressenti pour la SafN (p.ex. ensemble du territoire d'un Parc Naturel Régional, parcelles forestières, mangroves, réseau bocager) ou un échantillon, une placette, un transect. L'échantillon doit être adapté à la surface totale de la SafN, et éventuellement, à sa variabilité, si par exemple plusieurs modalités de SafN sont testées dans un même projet.</p> <p>Dans le cas particulier du NDVI, l'indicateur est plus pertinent pour mettre en évidence des variations à grande échelle car la résolution spatiale des images satellitaires est de plusieurs dizaines voire centaines de mètres. L'échelle spatiale peut alors être l'ensemble du site d'intervention, sous réserve de la qualité de l'image (des images) sur son intégralité.</p>
Echelle temporelle préconisée	<p>Les suivis de terrain (décompte des dépérissements) seront à effectuer à plus haute fréquence dans les premiers temps suivant la plantation des végétaux (par exemple tous les 2 à 6 mois pendant la première année suivant la plantation). Il est hautement recommandé de réaliser ensuite un suivi régulier pour relever toutes modifications de la tenue/état de santé des végétaux ne découlant pas d'évènements climatiques extrêmes (au minimum une fois par an).</p> <p>Dans la mesure du possible (capacité d'anticipation, risques), si un évènement extrême est prévu, un état des lieux juste avant puis juste après celui-ci est un plus.</p> <p>Dans le cas du NDVI, qui permet de mettre en évidence les variations dues à un phénomène diffus, il est pertinent d'étudier des séries temporelles longues.</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Plus le nombre de chablis, de plants adultes, de palétuviers endommagés et/ou emportés est important, plus l'état de santé de la forêt/du peuplement/de la haie/de la mangrove est critique/sensible aux évènements climatiques extrêmes.</p> <p>Pour la méthode ARCHI, se référer aux clés spécifiquement élaborées (cf ressources complémentaires).</p> <p>Concernant enfin le NDVI, ses valeurs sont comprises entre - 1 et + 1. Les formations végétales ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7, et les valeurs augmentent avec l'intensité de l'activité photosynthétique du couvert. En revanche, en situation de stress hydrique ou dans le cas de sénescence naturelle du végétal, les valeurs de NDVI diminuent.</p>
Avantages	<p>Méthodes de suivi par observation/comptage/dire-d'expert : simples, représentatives,</p>

	<p>peu coûteuses</p> <p>Méthode ARCHI : outil éprouvé et développé au niveau national sur de nombreuses essences par le CNPF, utilisation en routine facile et reproductible. La méthode peut être utilisée sur un nombre d'individus très important.</p> <p>NDVI : Pertinent, opérationnel, reproductible</p>
<p>Limites, points de vigilance</p>	<p>Les chablis peuvent avoir fait l'objet d'une récolte.</p> <p>Toutes les essences ne sont pas concernées par la méthode ARCHI.</p> <p>Les suivis par dire d'expert doivent faire l'objet d'une standardisation dans la mesure du possible afin d'être reproductible et interprétable à plus ou moins long terme.</p> <p>En s'affranchissant de la considération de l'indicateur lié au nombre de chablis, il convient de souligner qu'il existe de nombreux facteurs expliquant la baisse de vitalité/le dépérissement des arbres (même si le stress hydrique est généralement le plus important). Ainsi, il faut rester prudent sur l'interprétation des résultats et en particulier sur l'influence de la SafN.</p> <p>Précision faible à petite échelle ; Nécessite des connaissances en télédétection ; Coûts associés à l'expertise et potentiellement à l'acquisition des données ;</p> <p>Un point de vigilance doit être accordé à différents effets : l'effet « climat-année » (part de variation d'activité liées aux conditions climatiques au moment de la prise de vue), l'effet « gestion » (ruptures pour les sites "témoins" potentiellement liées aux coupes rases), l'effet « bruit » (erreurs de mesures de NDVI).</p>
<p>Critère(s) UICN</p>	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
<p>Commentaires</p>	<p>Le couplage télédétection/mesures de terrain renforce la robustesse des résultats. Compte tenu de certaines limitations de l'indice NDVI (Yengoh et al. 2015 ; Higginbottom & Symeonakis 2014), il peut aussi être envisagé d'utiliser aussi les indices BGI (biomass growth index) et EVI (enhanced vegetation index).</p> <p>Cas particulier des jeunes palétuviers :</p> <p>L'évolution de l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) par suivi satellite permet d'avoir une vision d'ensemble à l'échelle de l'écosystème/habitat dans le cas de mangroves déjà implantées et relativement anciennes. L'indicateur de survie et de croissance des jeunes plants permet quant à lui d'avoir une vision à l'échelle de la population/communauté et se révèle plus adéquat dans le cas d'une mangrove néoformée/création de mangrove. A cette fin, des quadrats fixes de 1m² sont mis en place dans les zones sur lesquelles des jeunes plants se sont implantés. Chaque quadrat est géolocalisé et chaque plant est identifié sur un diagramme. La mortalité des jeunes plants de mangrove se révèle particulièrement élevée pendant les six premiers mois de la phase post-implantation. Le suivi de la survie des plants dans les quadrats permet de calculer le pourcentage de mortalité. En ce qui concerne les plants</p>

survivants, la croissance des plants est évaluée sur la base du nombre total de feuilles et du nombre total de nœuds (adaptation du protocole de Cardno 2013).

Pour certaines formes végétales, **des indicateurs de situations de fragilité** peuvent être définis avant même le décompte des mortalités, des dépérissements. La répartition des genres et espèces en est un exemple (% de l'espèce majoritaire, nombre d'espèces totalisant plus de 80 % du patrimoine arboré d'un territoire), car la faible diversité augmente par exemple la vulnérabilité aux maladies. Les données récoltées pour l'indicateur **3.3.5 Diversité des espèces p.161** peuvent être utilisées à cette fin.

Utilisé en milieu forestier, le **facteur d'élancement** (rapport hauteur sur diamètre d'un individu), s'il est élevé (>80), traduit une situation de fragilité vis-à-vis des coups de vent.

Ressources complémentaires

Higginbottom T. P. & Symeonakis E. (2014). Assessing land degradation and desertification using vegetation index data: Current frameworks and future directions. *Remote Sensing*, 6 : 9552-9575.

Lambert J. (2014). Évaluation des baisses de vitalité des peuplements forestiers à partir de séries temporelles d'images satellitaires : application aux résineux du sud du Massif central et à la sapinière pyrénéenne. PhD, Institut National Polytechnique de Toulouse. 163 p. Disponible ici : <https://oatao.univ-toulouse.fr/13574/1/lambert.pdf>

Yengoh G. T., Dent D., Olsson L., Tengberg A. E. & Tucker III C.J. (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess Land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. Springer, 1st ed. 2016 édition. 132 p.

CNPF : Outils relatifs à la méthode ARCHI : <https://www.cnpf.fr/n/archi/n:4135>

CNPF : Clé ARCHI pour le Douglas : https://www.cnpf.fr/data/guide_utilisation_archi_douglas.pdf

CARDNO 2013. Mangrove Community Health Monitoring Program Baseline Phase Report. Ichthys Nearshore Environmental Monitoring Program. L384-AW-REP-10001. Prepared for INPEX. October 2013. [[Disponible en ligne](#)]

Résultats	Adaptation au changement climatique / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.18 Croissance des végétaux
Descriptif		
<p>De nombreuses SafN reposent sur la bonne croissance des végétaux, qu'ils aient été directement implantés (p. ex. plantations en milieu urbain) ou que l'on ait favorisé leur développement spontané (p.ex., régénération naturelle des forêts, formation d'une néomangrove par colonisation). La croissance est un paramètre réponse intégrateur à la fois des conditions météorologiques, de l'état de santé de l'écosystème et de l'individu considéré, des relations interspécifiques (des végétaux avec d'autres organismes) ou encore de la qualité du sol. La croissance est fondamentale dans le cas de filières du secteur primaire dépendantes de ce type de ressources (agriculture, sylviculture) : le maintien d'une croissance satisfaisante dans un contexte climatique changeant traduit la réussite de l'adaptation au changement climatique.</p> <p>La forêt et son exploitation sont un maillon central de l'économie des communes françaises et constituent une ressource importante. Par ailleurs, les scientifiques mettent en avant l'importance des forêts pour la résilience globale des territoires au changement climatique (p.ex. puits de carbone, épuration et rétention des eaux, poumon vert de la terre).</p> <p>Certains projets de SafN visent à limiter les effets générés par le changement climatique sur les peuplements forestiers. Les phénomènes observés correspondent à la multiplication des périodes de stress hydriques, aux dérèglements des températures, aux modifications du régime de pluie, à l'augmentation des événements extrêmes de type tempêtes, ou encore à la prolifération des agents pathogènes et parasites. Ils peuvent provoquer des vagues de dépérissements pour les forêts, parfois irréversibles pour des peuplements. Cela peut conduire à des conséquences économiques et écologiques notables.</p> <p>Dans le cas de la forêt et de l'adaptation des filières sylvicoles au changement climatique, l'indicateur « croissance des arbres » consiste à suivre l'augmentation de la surface terrière sur écorce ou du volume sur écorce (soit la croissance en diamètre autrement appelé croissance secondaire pour les ligneux) pour identifier la capacité des peuplements forestiers ou toute espèce ligneuse à constituer le stock de bois avec et sans mise en œuvre de SafN.</p> <p>L'indicateur peut être utilisé dans d'autres contextes (arbres hors forêt, milieu urbain) afin de vérifier ou non la bonne adaptation des végétaux aux conditions (notamment climatiques) et donc l'adéquation de la palette végétale choisie, dans une logique de gestion adaptative et de retour d'expérience pour le gestionnaire. Il peut également servir à estimer le stockage de carbone.</p> <p>Au-delà de la croissance en diamètre décrite dans la présente fiche pour les arbres, le suivi du recouvrement ou de l'abondance peut être privilégié pour évaluer la croissance des espèces de formes végétales arbustives ou herbacées. Un exemple de méthodologie de suivi est à retrouver dans la fiche 3.3.5 Diversité des espèces p.161.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La mise en œuvre de la SafN est-elle associée à une bonne croissance des végétaux ? Comment évolue la capacité de la population (p.ex. peuplement forestier) à produire du bois et à séquestrer du carbone après la mise en œuvre de la SafN ?	
Mise en œuvre	La croissance des végétaux ligneux s'exprime généralement en volume par surface (m ³ /ha), ou en surface (de tronc) par surface (de terrain). quand on raisonne en surface, on s'intéresse plus précisément à la surface terrière, qui désigne la surface de la section de la tige à 1,30 mètre de hauteur des arbres recensables des forêts de production. L'accroissement de surface terrière sur écorce correspond à l'augmentation moyenne	

	<p>annuelle de la surface terrière au cours de la période de 5 ans précédant le sondage.</p> <p>L'accroissement annuel en volume sur écorce (m³/an) correspond au gain moyen annuel en volume des arbres recensables et au gain en volume des arbres coupés et chablis de moins de 5 ans apportés au peuplement forestier lorsqu'ils étaient encore vivants. La notion d'arbre recensable renvoie à celle de l'inventaire forestier (circonférence à 1,30 m supérieure à 23,5 cm). Pour un suivi de l'indicateur hors contexte forestier, la notion d'arbre recensable peut être adaptée, pour intégrer par exemple tout arbre atteignant au moins 1,30m de hauteur.</p> <p>Afin d'estimer la surface terrière du peuplement, la méthodologie la plus directe est la mise en œuvre d'un inventaire en plein ou « pied à pied », <i>i.e.</i> que l'on s'attache à examiner de la même manière tous les arbres de la parcelle, avec la mesure des circonférences à la poitrine (=1.30 m du sol). La surface terrière (g_e) d'un arbre est la surface du cercle ayant pour circonférence la circonférence mesurée de l'arbre à 1,30m (C), selon la formule :</p> $g_e = C^2 / 4\pi$ <p>La surface terrière d'un peuplement, d'une population est la somme des surfaces terrières individuelles. Le passage en volume s'opère par une mesure directe de la hauteur de chaque individu (emploi d'un clinomètre p.ex.), et l'application d'un coefficient de forme (dépendant de l'espèce). Si l'indicateur ne vise pas à valoriser économiquement la ressource (en stock de bois ou de carbone), le raisonnement en surface, en circonférence ou en diamètre, peut suffire à apprécier la bonne croissance.</p> <p>Cet inventaire direct devient coûteux si la surface et/ou la densité de végétaux sont importantes, notamment en contexte forestier. On peut alors procéder par échantillonnage (en conservant des mesures directes de circonférence) ou bien par des mesures indirectes fondées sur des appareils de mesure « à encoche » ou « optiques ». Plus d'informations sur ces dispositifs peuvent être trouvées dans la ressource (Cordonnier al. 2007) ci-dessous.</p>
<p>État de référence</p>	<p>Comparaison avec un site témoin si possible avec une solution grise, traditionnelle. En contexte sylvicole, le témoin pourra être un chantier similaire avec méthodes de gestion classiques, ou d'autres essences pour des comparaisons interspécifiques. En milieu urbain, le témoin pourra être un contexte d'implantation « traditionnel » (fosse classique comparée à la fosse « arbre de pluie » p.ex), ou une essence supposée moins adaptée aux nouvelles conditions climatiques.</p> <p>Si les végétaux pré-existent à l'intervention, et que le porteur de projet a accès à ces données, un état initial de la croissance peut être pertinent et servir d'état de référence.</p>
<p>Échelle spatiale préconisée</p>	<p>Site d'intervention (et éventuels sites témoin)</p>
<p>Echelle temporelle préconisée</p>	<p>Mesures pré-intervention puis tous les 5 ans sur les sites de mise en œuvre de la SafN (p.ex. parcelles forestières, fosses de plantation)</p>

Clé(s) d'interprétation	Une augmentation annuelle de volume sur écorce et/ou de surface terrière sur écorce traduisent une augmentation du peuplement à constituer un stock de bois et à séquestrer du carbone. La comparaison entre chantier témoin et chantier objet de la SafN permettra d'identifier la plus-value de la SafN pour cet indicateur.
Avantages	Indicateur essentiel de la productivité d'un peuplement, permettant de calibrer une sylviculture adaptée et de mesurer les effets négatifs du climat (variations annuelles sensibles à la sécheresse notamment) et l'avantage de la mise en œuvre de SafN. Déclinable et adaptable en dehors des applications sylvicoles
Limites, points de vigilance	L'inventaire en plein peut conduire à une sous-estimation de la surface terrière (oubli de certaines tiges) et doit être réservé à des surfaces limitées (<50 ha). Au-delà, l'inventaire devient trop coûteux et chronophage. L'évolution de cet indicateur peut ne pas être le seul fait de la SafN.
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples.
Commentaires	La mesure directe des paramètres morphologiques des ligneux (diamètre, circonférence, hauteur...) peut servir au calcul de l'indicateur 3.4.10 Stock de carbone p.214.

Ressources complémentaires

Hébert J., Bourland N. & Rondeux (2005). Estimation de l'accroissement et de la production forestière à l'aide de placettes permanentes concentriques. *Annals of Forest Science*, 62(3) : 229-236. Disponible ici : <https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2005/03/F5025.pdf>

Cordonnier T., Tran-Ha M., Piat J. & François D. (2007). La surface terrière, méthodes de mesures et intérêts. *Rendez-vous techniques de l'ONF*, 18: 9-16. Disponible ici : <https://www.onf.fr/+178::rendez-vous-techniques-de-lonf-no-18.html>

Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité	3.2.19 Diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers
Descriptif		
<p>La diversité spécifique (nombre et abondance relative des espèces présentes dans un milieu donné) et la diversité génétique (variété des gènes au sein d'une même espèce) des peuplements forestiers varient en fonction de nombreux facteurs, mais elles sont en particulier influencées par la gestion : peuplement forestier issu de plantation ou de régénération naturelle, plantation de plants diversifiés ou de clones notamment. Par ailleurs, la pression de gestion peut conduire le peuplement vers un état très diversifié en nombre d'espèces, ou au contraire très monospécifique, ce qui a une incidence directe sur la diversité génétique de l'écosystème.</p> <p>Certains projets de SafN visent à limiter les effets générés par le changement climatique sur les peuplements forestiers, les haies ou encore les palétuviers en Outre-mer. Les phénomènes observés correspondent à la multiplication des périodes de stress hydriques, aux dérèglements des températures, à l'augmentation des événements extrêmes de type tempêtes, ou encore à la prolifération des agents pathogènes et parasites. Ils provoquent par exemple des vagues de dépérissements, parfois irréversibles pour les peuplements forestiers. Viser une diversité génétique accrue des peuplements forestiers permet d'accroître la résilience de l'écosystème et, en particulier, sa capacité d'adaptation aux effets du changement climatique.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évoluer la diversité génétique des peuplements forestiers après la mise en œuvre de la SafN?	
Mise en œuvre	<p>La diversité génétique des peuplements forestiers peut être appréhendée à différents niveaux, dont la mise en œuvre peut être très simple à très complexe. Selon le niveau d'enjeux, un choix doit être fait initialement.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diversité approchée par le nombre d'espèces d'arbres présentes (un suivi du nombre de genres présents renseigne sur un autre niveau de diversité) • Diversité approchée par le nombre d'espèces ligneuses présentes, incluant donc les arbustes (un suivi du nombre de genres présents renseigne sur un autre niveau de diversité). • Étude de la diversité génétique d'une espèce ciblée, généralement l'espèce dominante du peuplement, ou l'espèce recherchée par le sylviculteur. • Étude de la diversité génétique de plusieurs espèces ciblées. <p>Dans les deux premiers cas, une visite exhaustive du site concerné par la SafN doit permettre de dresser la liste des espèces concernées (compétences nécessaires en botanique). L'indicateur est alors principalement constitué d'un nombre d'espèces. (voir indicateur 3.3.5 Diversité des espèces p.161)</p> <p>Dans les deux derniers cas, il est indispensable de faire appel à des partenaires compétents en matière de génétique forestière. Dans la sphère publique, l'INRAE est à contacter (p.ex. projet OcciGen).</p> <p>Étant donné la lourdeur de mise en œuvre d'études génétiques, il est recommandé de ne recourir aux deux derniers cas que s'il est fortement pressenti que la nature des actions et/ou des travaux prévus dans le cadre du projet de SafN est susceptible de modifier significativement la diversité génétique des peuplements à l'échelle de durée du projet (attention à l'évolution lente des cycles forestiers).</p> <p>Par ailleurs, selon l'échelle géographique du projet, les données de l'Inventaire Forestier National (IGN) peuvent être mobilisées.</p>	
État de référence	Il est nécessaire de disposer d'un état initial (i.e. avant la mise en œuvre du projet de SafN), réalisé dans les mêmes conditions et selon la même méthodologie que les états ultérieurs.	
Échelle spatiale préconisée	Soit la totalité du site concerné par le projet de SafN, soit un peuplement, une parcelle forestière, ou une partie clairement délimitée d'une parcelle forestière. Dans ce cas, il	

	faudra s'assurer que l'échantillonnage est représentatif du site d'intervention de la SafN.
Echelle temporelle préconisée	Étant donné la lenteur de l'évolution des écosystèmes forestiers, un état final à comparer à un état initial. Pour mesurer l'évolution de la composition d'un peuplement forestier (diversité spécifique et/ou génétique), un pas de temps de 10 ans pourrait constituer un minimum.
Clé(s) d'interprétation	Pour un suivi à l'échelle des espèces, les résultats doivent être interprétés au regard de la dynamique du peuplement (p.ex. dans un peuplement forestier au stade du perchis, la diversité des espèces a tendance à baisser, alors que dans un peuplement en cours de régénération elle a tendance à augmenter), et de l'éventuelle présence d'espèces exotiques envahissantes (voir indicateur 3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes p.173).
Avantages	La diversité génétique des peuplements est directement en lien avec la résilience de l'écosystème et en particulier sa capacité d'adaptation aux effets du changement climatique. L'indicateur, bien que difficile à mettre en œuvre, est donc très pertinent.
Limites, points de vigilance	L'étude de la génétique des peuplements forestiers relève encore en grande partie du domaine de la recherche. À échelle très locale certains peuplements forestiers peuvent présenter naturellement une diversité spécifique faible (exemple d'une hêtraie mûre), la diversité s'apprécierait alors à une échelle <i>supra</i> .
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes.
Commentaires	Le suivi de la diversité spécifique et génétique du milieu forestier est à mettre en regard d'autres outils, comme l'indice de biodiversité potentielle (voir indicateur 3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP) p.168). Cet indice donne à travers des outils simples, un aperçu de la diversité écologique liée à un milieu forestier. Ce type d'outil peut être plus approprié si l'on s'intéresse aux effets à court et moyen terme d'une intervention sur un peuplement forestier.
Ressources complémentaires	
Le projet OcciGen de l'INRAE : https://www6.paca.inrae.fr/entomologie_foret_med/Axe-Sciences-forestieres/Les-projets/OcciGen	
Indice de biodiversité potentielle (CNPF) : https://www.cnpf.fr/n/ibp-indice-de-biodiversite-potentielle/n:782	

Résultats	Adaptation au changement climatique / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation
Descriptif		
<p>Une SafN visant notamment à la stabilisation des sols et au contrôle de l'érosion, peut conduire à améliorer également le rendement agricole d'une exploitation (c'est-à-dire, la quantité de produit récoltée sur une surface cultivée donnée).</p> <p>C'est le cas des bocages qui en participant à la stabilisation des sols et au contrôle de l'érosion, contribuent à la préservation du potentiel agronomique des terres d'une part et, d'autre part, à la régulation du climat local (effet d'ombrage), au bien-être des animaux et donc, potentiellement, à la production laitière.</p> <p>L'indicateur « Rendements agricoles d'une exploitation » se focalise sur le premier aspect dans le cas d'un projet de SafN visant, par exemple, à planter des haies afin de préserver le potentiel agronomique d'une production via la contribution à la stabilisation des sols et le contrôle de l'érosion.</p> <p>En effet, d'après Inra (2017), « <i>L'érosion correspond au flux de matières arrachées du sol et transportées principalement par l'eau et le vent. Dans les écosystèmes agricoles, elle se traduit par une perte de sol dans la couche superficielle enrichie en matière organique. Les processus écologiques qui concourent à maintenir en place les constituants du sol et les sédiments de surface peuvent donc être définis comme un service écosystémique de « stabilisation des sols et de contrôle de l'érosion ». Le gestionnaire de l'écosystème agricole en tire un avantage direct en termes de préservation du capital sol et du potentiel agronomique de la situation de production. En effet, la stabilisation de la couche de sol cultivable détermine le niveau de fourniture de nutriments aux plantes cultivées et de stockage et restitution de l'eau par l'écosystème, et donc permet de limiter la quantité d'engrais et d'eau à apporter pour maintenir le niveau de production</i> ».</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évoluent les rendements agricoles de l'exploitation après la mise en œuvre de la SafN ?	
Mise en œuvre	<p>Selon les régions, les chambres d'agriculture sont susceptibles de mettre à la disposition des exploitants agricoles des outils de calcul de leur rendement. Par exemple, en Normandie, la chambre d'agriculture propose un outil d'aide au calcul des rendements de référence conforme au 6e programme « Nitrates » : https://normandie.chambres-agriculture.fr/outils-pro/calcul-de-rendement/</p> <p>Il est conseillé de s'adresser à la chambre d'agriculture de son territoire ou tout autre organisme (syndicats agricoles par exemple) pour disposer des méthodes déployées localement.</p> <p>A défaut, les rendements peuvent être estimés par une enquête auprès des agriculteurs concernés par la SafN.</p> <p>Les rendements des cultures céréalières ou maraîchères sont généralement exprimés en surface, en quintaux par hectare par exemple. Les rendements laitiers sont plutôt exprimés en termes d'unité de production, c'est-à-dire en volume de lait (litres) par vache et par unité de temps (jour, année).</p>	

État de référence	<p>Rendements agricoles de la parcelle considérée avant la plantation de haies bocagères</p> <p>Selon la zone d'influence de la SafN, comparaison des rendements agricoles de l'exploitation avec des exploitations non influencées par l'intervention (témoin).</p>
Échelle spatiale préconisée	Le périmètre de l'exploitation agricole. Il peut être théoriquement pertinent de disposer d'une estimation de l'indicateur à la parcelle, ce qui toutefois présente de grandes difficultés méthodologiques, notamment pour les rendements laitiers.
Échelle temporelle préconisée	Annuelle et renouvelée chaque année afin de voir les effets de la SafN.
Clé(s) d'interprétation	<p>Les variations de l'indicateur permettent de déterminer si la SafN déployée a une influence positive sur le maintien (voire l'augmentation) des rendements agricoles ou si ceux-ci sont menacés par le changement climatique.</p> <p>Le suivi de l'indicateur 3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols p.175 offre un complément pour quantifier la fertilité agronomique des sols.</p>
Avantages	Met en évidence les bénéfices directs associés au projet de SafN.
Limites, points de vigilance	<p>Difficile d'isoler l'effet « SafN » de l'ensemble des autres facteurs qui peuvent s'exercer et jouer sur le niveau de services écosystémiques en tant que tel, et sur la production de biens qui en découlent, les biens agricoles étant co-produits par l'écosystème et les activités de l'Homme.</p> <p>Des facteurs exogènes nombreux, parmi lesquels certaines pratiques agricoles (facteurs exogènes anthropiques, irrigation, fertilisation, travail du sol), le régime de précipitations/climat</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable</p> <p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples</p>
Commentaires	Les rendements agricoles d'une exploitation peuvent aussi évoluer avec l'évolution des pratiques des exploitants agricoles également en lien avec la SafN. Il est donc intéressant de combiner le suivi de cet indicateur par une analyse des pratiques agricoles et de leur éventuelle évolution au cours du projet de SafN. En revanche, le suivi des pratiques et de leur évolution ne se substitue pas au suivi des rendements agricoles.

Ressources complémentaires

INRA (2017). Les services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme Efese. Résumé de l'étude réalisée par l'INRA – Novembre 2017. INRA Science & Impact, 12 p. Disponible ici : <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/efese-services-ecosystemiques-rendus-par-les->

[ecosystemes-agricoles-resume-francais-3.pdf](#)

Tibi A. & Therond O. (2017). Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFESE. Synthèse du rapport d'étude, Inra (France), 118 pages. Disponible ici : <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/efese-services-ecosystemiques-rendus-par-les-ecosystemes-agricoles-synthese-2.pdf>

Therond O. (coord.), Tichit M. (coord.), Tibi A. (coord.) et al. (2017). Volet "écosystèmes agricoles" de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques. Rapport d'étude, INRA (France), 966 pages. Disponible ici : <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/efese-services-ecosystemiques-rendus-par-les-ecosystemes-agricoles-rapport-complet-4.pdf>

Résultats	Adaptation au changement climatique / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN
Descriptif		
<p>Les SafN mises en œuvre, via les services écosystémiques qu'elles fournissent, peuvent contribuer à diminuer les effets négatifs des événements climatiques extrêmes et, notamment, les dommages économiques. Les dommages sont entendus dans une acception large, et comprennent des dégradations légères à conséquentes causées par certains phénomènes météorologiques et physiques qui peuvent occasionner des remplacements, réparations ou entretiens (p.ex. habitations dévastées par une inondation, pontons usés par le clapot dans un port de plaisance).</p> <p>Les zones humides par exemple, via le service de régulation des débits de crues qu'elles fournissent, contribuent à limiter l'importance des inondations et de leurs dommages. Le service de régulation des débits de crues dépend de la capacité des milieux humides à stocker une partie des précipitations et à compenser les variations des niveaux d'eau. Il dépend aussi des pratiques de gestion. Les intérêts sociétaux et économiques du service de régulation des débits de crues peuvent être étayés par plusieurs données relatives au nombre d'inondations survenant chaque année sur le territoire et aux coûts humains et financiers qui en découlent.</p> <p>Par ailleurs, certaines solutions grises conçues pour gérer les événements climatiques courants ou extrêmes, qui peuvent préexister sur le territoire, sont associés à des coûts d'entretien (p.ex. curage de canaux d'évacuation des eaux pluviales). Le coût d'entretien de la solution grise évité en mettant en œuvre une SafN entre également dans l'indicateur de coûts évités.</p>		
Question(s) évaluative(s)	À combien s'élèvent les dommages évités grâce à la mise en œuvre d'une ou de plusieurs SafN ?	
Mise en œuvre	<p>Recours aux méthodes d'évaluation monétaires basées sur les dommages évités qui consiste à considérer, par exemple, l'exposition aux dégâts qui seraient causés par une inondation ou par une submersion marine.</p> <p>Il peut s'agir d'estimations en l'absence d'expériences concrètes disponibles sur le territoire. Dans ce cas, il est possible de s'appuyer sur le retour d'expérience d'autres territoires en adaptant les coûts aux spécificités locales.</p> <p>Il peut s'agir aussi de coûts réels lorsque des SafN ont été mises en place à la suite d'un événement climatique extrême qui se reproduit. Une telle situation permet d'établir un bilan financier avant/après.</p> <p>Il peut s'agir de coûts évités estimés en substituant l'usage de solutions grises par les SafN grâce aux retours d'expériences préexistant sur le territoire ou sur des territoires voisins.</p>	
État de référence	Si disponibles, moyens financiers investis pour palier les dommages créés par exemple par un événement climatique extrême en l'absence de la SafN.	
Échelle spatiale préconisée	« Zone d'action » de la SafN voire un périmètre environnant plus étendu à définir selon la nature de la SafN et les effets positifs attendus.	

Échelle temporelle préconisée	Ne pas attendre la venue d'un évènement climatique extrême, anticiper dans la mesure du possible afin, le cas échéant, d'argumenter le choix de mise en œuvre de SafN.
Clé(s) d'interprétation	Cet indicateur permet de montrer en quoi la SafN participe à la résilience d'un territoire face aux effets attendus du changement climatique.
Avantages	Explicite le lien entre le(les) service(s) écosystémiques fourni(s) par la SafN et les coûts économiques évités.
Limites, points de vigilance	L'évaluation économique et monétaire des services écosystémiques peut nécessiter la mobilisation de différentes méthodes de l'économie de l'environnement (p.ex. dans le cas du présent indicateur, les coûts évités), parfois difficiles à appliquer dans un cadre prospectif (p.ex. manque de données disponibles, part attribuable à la SafN uniquement).
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	CDC Biodiversité a publié en 2019 un ouvrage dédié à l'évaluation socio-économique des solutions fondées sur la nature.

Ressources complémentaires

Évaluation socio-économique des SafN :

CDC Biodiversité. (2019). Évaluation socio-économique des solutions fondées sur la nature. Mission économie de la biodiversité et Vertigo Lab, Paris, France, 40 p. Disponible ici : <https://www.cdc-biodiversite.fr/news/parution-du-17e-biodiv2050-sur-levaluation-socioeconomique-des-solutions-fondees-sur-la-nature/>

Efese (2018). Les milieux humides et aquatiques continentaux. Paris, Ministère de la Transition écologique, Commissariat générale au développement durable. 247 p. Disponible ici : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0087/Temis-0087242/23761.pdf>

Le Cozannet G., Lenôtre N., Nacass P., Colas S., Perherin C., Vanroye C., Peinturier C., Haiji C., Poupat B., Azzam C., Chemitte J. & Pons F. (2009). Impacts du changement climatique. Adaptation et coûts associés en France pour les risques côtiers. Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). 134 p. Disponible ici : <https://economie.eaufrance.fr/impacts-du-changement-climatique-adaptation-et-couts-associes-en-france-pour-les-risques-cotiers>

Résultats	Adaptation au changement climatique / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des évènements météorologiques
Descriptif		
<p>D'après l'Onerc, si, pris de manière indépendante, aucun évènement climatique ne peut être attribué en tant que tel au changement climatique, les travaux de recherche établissent toutefois que le changement climatique vient modifier l'occurrence de certains aléas. Cela concerne notamment les vagues de chaleur, les précipitations, les cyclones ou encore, la hausse du niveau des mers. S'agissant des évolutions attendues pour les pluies extrêmes par exemple, une tendance générale se dessine, avec une augmentation de la quantité de pluie tombant au cours des épisodes les plus extrêmes. Les vagues de chaleur font également partie des extrêmes climatiques les plus préoccupants, au regard de la vulnérabilité de notre territoire et de l'évolution attendue au cours du 21^e siècle (Onerc, 2018). Ces évènements climatiques extrêmes peuvent potentiellement entraîner la fermeture d'infrastructures essentielles (p.ex. bâtiments publics type écoles, hôpitaux, infrastructures de transport terrestres, installation portuaire, réseaux d'eau, d'électricité, de gaz) voire conduire à des restrictions de ressources essentielles (p.ex. eau pour des usages domestiques, pour l'agriculture ou pour l'industrie). Le présent indicateur propose de dénombrer ces fermetures ou restrictions sur un territoire donné après des évènements météorologiques extrêmes.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>La SafN limite-t-elle les occurrences de fermeture de certaines infrastructures essentielles (p.ex. bâtiments publics type écoles, hôpitaux, infrastructures de transport type routes, voies ferrées, installation portuaire, réseaux divers) ou de restrictions (p.ex. eau, électricité, gaz) lors d'évènements climatiques extrêmes, susceptibles d'être de plus en plus fréquents et de plus en plus intenses ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit de dénombrer par la collecte d'informations en local le nombre d'infrastructures essentielles fermées et/ou le nombre de mesures de restriction prises, après un évènement météorologique extrême. Ce dénombrement peut être structuré par type d'infrastructures (p.ex. bâtiments publics type écoles, hôpitaux, infrastructures de transport type routes, voies ferrées, installation portuaire), type de ressources auxquelles s'applique les restrictions (p.ex. eaux, gaz, électricité). Il convient néanmoins de sélectionner en particulier des types d'infrastructures et/ou de restrictions cohérents vis-à-vis de la SafN mise en œuvre (p.ex. la fermeture des écoles en cas de canicule pour une SafN visant à améliorer le confort estival des établissements).</p> <p>Des arrêtés comme l'arrêté de Catastrophes Naturelles, l'arrêté de fermeture des écoles et des crèches, l'arrêté de fermeture d'un établissement recevant du public, l'arrêté portant restriction des usages de l'eau (« de sécheresse »), etc. peuvent aider à l'estimation de cet indicateur.</p> <p>La qualification d'un territoire en TRI (Territoires à Risque Important d'inondation) et les cartes de risques associés permettant de mettre en évidence les établissements, infrastructures ou installations sensibles à des évènements climatiques extrêmes sont aussi une source d'informations.</p>	

État de référence	Le nombre de fermetures d'infrastructures et/ou de restrictions lors d'évènements météorologiques non extrêmes et le nombre de fermetures d'infrastructures et/ou de restrictions lors d'évènements météorologiques extrêmes avant la mise en œuvre de la SafN.
Échelle spatiale préconisée	<p>L'échelle est variable selon la source de données mobilisées, et l'évènement considéré. A titre d'exemple, une SafN visant la mise en œuvre d'une zone humide pour enrayer les risques d'inondation peut avoir des effets de régulation perceptibles en aval dans le bassin versant, et suppose donc de suivre l'indicateur en prenant en compte des fermetures/restrictions sur un territoire dépassant le territoire d'emprise (i.e. de travaux) de la SafN.</p> <p>Les arrêtés peuvent aussi être pris à divers échelons (municipal, départemental) et à diverses échelles (commune, département) selon la nature de l'évènement, et l'autorité compétente. A titre d'exemple, les arrêtés « Sécheresse » visant la limitation ou la suspension des usages de l'eau (usages domestiques, agriculture ou industrie), sont pris par les préfets de département pour une durée limitée et au niveau local.</p> <p>Il convient donc de recenser ces décisions à l'échelle la plus fine possible, mais pour des infrastructures qui peuvent se situer au-delà du strict périmètre d'intervention et à apprécier par le porteur de projet.</p>
Échelle temporelle préconisée	L'indicateur doit être mis en œuvre après chaque évènement météorologique extrême.
Clé(s) d'interprétation	Cet indicateur permet d'analyser la vulnérabilité d'un territoire aux effets du changement climatique. La diminution du nombre d'infrastructures essentielles fermées ou du nombre de restrictions au fil des d'années en regard du nombre d'évènements climatiques extrêmes, mettra en évidence la réussite d'adaptation du territoire grâce aux SafN.
Avantages	<p>Cet indicateur permet de mieux connaître la vulnérabilité de son territoire aux effets du changement climatique. Il permet indirectement de réfléchir aux services écosystémiques qu'il est nécessaire de favoriser grâce au déploiement de SafN pour s'adapter aux évènements climatiques extrêmes auxquels le territoire est confronté.</p> <p>En outre, il peut contribuer à dimensionner la SafN (Dans le cas d'une école par exemple, quel est le « seuil » à partir duquel la SafN déployée est suffisamment « performante » pour empêcher la fermeture de cette école).</p>
Limites, points de vigilance	<p>Un arrêté de fermeture ou de restriction n'est pas nécessairement lié à un évènement climatique extrême. L'échelle de la prise de décision pour ce type d'arrêtés n'est pas forcément compatible avec l'échelle de mise en œuvre et d'effets attendus de la SafN (p.ex. décision prise au niveau communal affectant tous les établissements scolaires sans distinction).</p> <p>L'expérience passée peut ne pas permettre d'appréhender totalement les effets des changements climatiques futurs.</p>
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique

Commentaires

Il peut être intéressant de créer une base de données du nombre de fermetures d'infrastructures essentielles ou du nombre de restrictions en lien avec des événements climatiques extrêmes afin de voir comment cet indicateur évolue dans le temps sur un territoire donné. Cela permettra de voir comment ce territoire s'est adapté et si les SafN déployées sont efficaces pour accroître sa résilience face aux aléas climatiques extrêmes.

Ressources complémentaires

Onerc (2018). Les événements climatiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. La documentation française. 200 p. Disponible ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2018_Evenements_meteorologiques_extremes_et_CC_WEB.pdf

Indicateurs « Emprise spatiale »

Réalizations	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel
Descriptif		
<p>Dans le cadre de la mise en œuvre de SafN pour un territoire résilient et pérenne face au changement climatique, l'indicateur « Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel » propose de suivre la mise en œuvre concrète sur le terrain de la SafN. Il est déclinable (et peut être adapté) selon les aménagements prévus : par exemple le nombre de sites d'intervention pour des formes très ponctuelles (p.ex. pieds d'arbres), ou encore un volume de stockage d'eau dans le cas de zones tampons humides. Enfin, outre l'objectif prévisionnel, qui internalise déjà les moyens humains et techniques du porteur de projet, il est possible de définir un objectif de type scénario idéal. Dans le cas de zones tampons humides, il pourrait s'agir du volume total et optimal d'eau compte-tenu des caractéristiques du bassin versant, quand l'objectif prévisionnel du projet peut être plus modeste. La mise en œuvre de la SafN (que cet indicateur entend suivre) est un préalable à la fourniture de l'ensemble des services écosystémiques et des fonctions écologiques attendus de la SafN : adaptation au changement climatique, gain net en biodiversité, et l'ensemble des co-bénéfices sociaux et économiques. Cet indicateur sera donc à analyser en lien avec l'ensemble des indicateurs de résultats (effets positifs attendus de la SafN) concourant à ces objectifs thématiques.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Quel est l'état d'avancement des aménagements réalisés (linéaires/surfaces) par rapport aux aménagements prévisionnels du projet de SafN ?	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur suppose d'avoir défini au préalable un objectif quantitatif de taille (linéaire ou surfacique) prévisionnel ou de type scénario idéal de la SafN, et de le conserver tout au long du projet. La mesure des aménagements accomplis consiste d'abord à quantifier les linéaires (distances) et/ou les surfaces (superficies) aménagés. Puis, il s'agit de calculer le pourcentage d'aménagements réalisés (linéaires ou surfaces) par rapport à l'objectif prévisionnel du projet de SafN.</p> <p><u>Calcul pour les linéaires</u> : (distance de linéaires aménagés / distance de linéaires à aménager) X 100. Les distances peuvent être exprimées en mètres linéaires ou en kilomètres linéaires selon la SafN déployée.</p> <p><u>Calcul pour les surfaces</u> : (superficie de surfaces aménagées / superficie de surfaces à aménager) X 100. Les superficies peuvent être exprimées en mètres carrés, en kilomètres carrés ou en hectares selon la SafN déployée.</p> <p>Selon les aménagements envisagés, il peut être possible de s'appuyer sur des mesures sur le terrain, des images satellites et cartes, et/ou sur une base de données référençant toutes les opérations de ce type.</p> <p>Les moyens et des coûts de mise en œuvre sont fortement liés à la méthode choisie pour le suivi des aménagements accomplis. Ainsi, une méthode basée sur des images satellites nécessitera un coût d'achat des photographies et un temps d'analyse alors qu'une mesure terrain demandera l'achat d'outils de mesures et des moyens humains déployés sur le terrain.</p> <p>En pratique, il peut être intéressant de compléter ce calcul par un suivi visuel qui favorisera la communication autour de la SafN : photo ou vidéos avant, pendant, après et à long terme du site d'intervention et/ou le périmètre d'action de la SafN.</p>	
État de référence	Sans objet.	
Échelle spatiale	Cet indicateur s'exprime sur la totalité de l'emprise du projet de la SafN.	

préconisée	
Échelle temporelle préconisée	Il est pertinent de suivre l'évolution de cet indicateur pendant toute la durée du projet de SafN. Un suivi annuel peut-être envisagée, mais il est possible d'imaginer un relevé semestriel notamment durant la phase de travaux afin de rendre compte plus finement de l'avancement de la mise en œuvre. Il est également recommandé de le suivre si possible à plus long-terme, tous les 5 ans par exemple, afin de s'assurer que les aménagements soient conservés dans le temps, et d'enregistrer leur évolution.
Clé(s) d'interprétation	<p>Le pourcentage d'aménagements réalisés (linéaires ou surfaces) par rapport à l'objectif prévisionnel doit augmenter au fur et à mesure de la réalisation du projet de SafN jusqu'à atteindre, en toute logique, 100 % (fin des aménagements prévus dans le cadre du projet).</p> <p>Outre l'état d'avancement du projet, cet indicateur peut refléter d'autres facteurs facilitant ou limitant sa mise en œuvre. Ainsi, il peut laisser transparaître la qualité de la concertation mise en place lors de l'achat de terrain (voir la fiche indicateur 3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif) p.227).</p> <p>Si l'indicateur n'atteint pas 100 % en fin de projet, les causes de la non réalisation de la totalité des aménagements (linéaires/surfaces) prévus devront être identifiées et faire l'objet d'une analyse approfondie afin, notamment, d'identifier d'éventuels leviers à mettre en œuvre dans de futurs projets de SafN. .</p>
Avantages	Simple, opérationnel, reproductible
Limites, points de vigilance	En plus de son calcul, l'indicateur doit être accompagné d'une analyse descriptive/qualitative explicitant les raisons du résultat (on veillera à préciser l'objectif utilisé pour le calcul : prévisionnel ou de type scénario idéal). Cette analyse pourra être illustrée par le suivi visuel réalisé tout au long de la vie de la SafN.
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	Cet indicateur est très général. Il est souhaitable de le préciser autant que possible en tenant compte des enjeux de la SafN envisagée. Par exemple, l'indicateur 3.2.24 Développement du linéaire bocager p.144 permet de suivre la reconstruction d'un maillage de haies bocagères.
Ressources complémentaires	

Réalisations / Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.2.24 Développement du linéaire bocager
Descriptif		
<p>Dans le cadre d'un projet de SafN visant le développement d'un maillage bocager résilient et pérenne face au changement climatique, l'indicateur « Développement du linéaire bocager » propose une démarche de suivi de des effets attendus de la SafN déclinable par exemple lors de la reconstitution d'un maillage de haies bocagères sur un territoire agricole. À terme, le but est de freiner le ruissellement et ainsi d'empêcher l'érosion du sol, les inondations et les coulées de boue. Le linéaire bocager est également susceptible de fournir d'autres services écosystémiques, comme la fourniture de bois, ainsi que des fonctions écologiques en créant des milieux de vie ou des corridors écologiques favorables aux espèces animales et végétales.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évolue le linéaire bocager (la SafN) sur le site étudié ?	
Mise en œuvre	Un indicateur de développement du maillage bocager peut consister à quantifier les linéaires de haies recréés grâce à la plantation d'arbres et/ou d'arbustes. Cet indicateur peut être mesuré en mètres linéaires, en kilomètres linéaires ou en surface équivalente (selon l'épaisseur des haies, leur maturité). Pour ce faire, il est possible de s'appuyer sur des photos satellites, et/ou une base de données référençant toutes les opérations de plantation ou de destruction de haies, et/ou des mesures sur le terrain.	
État de référence	L'indicateur peut être suivi en prenant pour référence l'état initial du site c'est-à-dire avant la mise en œuvre du projet, ou bien, en comparant l'évolution du site avec celle d'un site comparable (appelé site témoin) non concerné par le projet de reconstitution du maillage bocager.	
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur peut être suivi de manière exhaustive sur la totalité du site étudié ou sur un/ des périmètre(s) restreint(s) issu(s) d'un plan d'échantillonnage.	
Échelle temporelle préconisée	Il est pertinent de suivre l'indicateur régulièrement, au moins annuellement, pendant toute la durée du projet de SafN et, si possible, à plus long-terme afin de s'assurer que les haies plantées sont bien conservées dans le temps.	
Clé(s) d'interprétation	Il n'y a pas de valeurs indicatives associées à cet indicateur. Le rythme et l'ampleur du développement du maillage bocager sur le site permettront d'apprécier le degré d'avancement de ce projet de SafN et de sa réponse aux enjeux du site	
Avantages	Pertinent, Simple, Opérationnel, Reproductible	
Limites, points de vigilance	Cet indicateur peut être biaisé par les possibles destructions de haies qui s'opéreraient en parallèle des plantations. Il est donc recommandé de veiller à la préservation et la restauration du réseau bocager existant sur le site voire au-delà.	

Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique.</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	<p>Pour accompagner le suivi de cet indicateur, un travail de sensibilisation auprès d'acteurs locaux (p.ex. agriculteurs) est recommandé.</p>

Ressources complémentaires

Pôle bocage et faune sauvage de l'Office français de la Biodiversité (notamment définition et typologie de bocages) : <http://www.polebocage.fr/-Les-bocages-et-les-haies-en-France-.html>

Présentations et vidéos des Journées d'échanges techniques intitulées « Haies bocagères : liens de biodiversité dans les territoires », le 6 octobre 2021, OFB, Région Normandie et ANBDD : <http://www.genieecologique.fr/reference-biblio/presentations-et-vidéos-journees-dechanges-techniques-haies-bocageres-liens-de>

3.3 Indicateurs de gain net en biodiversité

Sont regroupés dans cette partie les différents indicateurs qui permettent de suivre l'atteinte des résultats en matière de gain net en biodiversité.

Les indicateurs de suivi du gain net en biodiversité doivent permettre de suivre les effets positifs attendus de la SafN à une plusieurs échelles (p.ex. sites d'intervention, continuités écologiques d'un territoire élargi) et, a contrario, les éventuels effets négatifs inattendus (p.ex. atteinte à l'intégrité d'espaces connexes).

Le gain net en biodiversité est à comprendre dans une acception large : il concerne la diversité des espèces vivantes, mais aussi la diversité génétique au sein des espèces et la diversité des écosystèmes au sein du territoire ou du paysage et par conséquent l'ensemble des fonctions écologiques et services écosystémiques s'y rattachant..

Pour en permettre une lecture cohérente, les indicateurs sont regroupés de la façon suivante ::

- Indicateurs « **Habitats et continuités écologiques** »,
- Indicateurs « **Faune & Flore** »,
- Indicateurs « **Qualité et état de santé des milieux** ».

Les fiches sont construites de manière à pouvoir se prêter à des milieux et cortèges d'espèces variés, que le programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN ne peut représenter en totalité. Des exemples de choix de suivis plus précis réalisés par les sites pilotes sont néanmoins intégrés à certaines fiches pour les illustrer et faciliter leur bonne compréhension.

Indicateurs « Habitats et continuités écologiques »

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés
Descriptif		
<p>La restauration écologique est « une activité intentionnelle qui initie ou accélère le rétablissement d'un écosystème antérieur par rapport à sa composition spécifique, sa structure communautaire, son fonctionnement écologique, la capacité de l'environnement physique à supporter les organismes vivants et sa connectivité avec le paysage ambiant. Ceci nécessite une bonne connaissance de l'écologie fonctionnelle et évolutive des écosystèmes ciblés, de l'histoire de la dégradation anthropique et, enfin, le choix d'un écosystème de référence pour guider la planification, la réalisation, le suivi et l'évaluation du projet de restauration. »⁷.</p> <p>« Tout comme la restauration, la réhabilitation écologique se sert des écosystèmes historiques ou préexistants comme références, mais les buts et stratégies des deux activités diffèrent. La réhabilitation insiste sur la réparation et la récupération des processus, et donc sur la productivité et les services de l'écosystème, tandis que la restauration vise également à rétablir l'intégrité biotique préexistante, en termes de composition spécifique et de structure des communautés. Pour certains, la valeur innée ou intrinsèque des espèces non-humaines, et des écosystèmes eux-mêmes, compte autant ou plus encore que l'intérêt de la restauration pour l'homme. »⁸.</p> <p>Dans le cadre de l'adaptation des écosystèmes au changement climatique, la diversité des habitats naturels apparaît comme une composante de la résilience des territoires. Des projets de SafN peuvent consister à créer, restaurer ou réhabiliter des habitats naturels afin d'accroître cette résilience.</p> <p>L'indicateur « Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés » propose une démarche de suivi déclinable lors de travaux de restauration, réhabilitation, création d'habitats naturels s'appuyant notamment sur des méthodes de génie écologique (p.ex. restauration ou création de zones humides, plantation d'arbres).</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évolue la diversité des habitats naturels après travaux (restauration, réhabilitation, création) dans le cadre du projet de SafN ?	
Mise en œuvre	<p>La diversité des habitats créés/restaurés/réhabilités est à apprécier au regard des habitats naturels pré-existants.</p> <p>Elle doit reposer sur la comparaison avec un « état zéro » (i.e. état initial) des habitats avant intervention. Tous les habitats naturels sont à prendre en compte, quelle que soit leur surface, étant entendu que des habitats de superficie très réduite contribuent à la diversité des écosystèmes.</p> <p>Sur un périmètre clairement défini, la diversité (= nombre d'habitats naturels différents) est mesurée. L'évolution de la diversité des habitats est le rapport du nombre d'habitats naturels présents après travaux, sur le nombre initial, il s'exprimera donc par +5 %, +20 %, etc. De manière complémentaire, si cela s'avère pertinent, l'évolution peut s'exprimer en nombre brut (+1 habitat par exemple).</p> <p>Plusieurs nomenclatures d'habitats naturels existent, mais il est recommandé (sauf raison argumentée) de s'appuyer sur la classification des habitats EUNIS. Celle-ci est à utiliser à un niveau de précision adapté à la complexité des milieux présents dans le périmètre, le niveau 3 étant vraisemblablement adapté à la majorité des cas</p>	

⁷ D'après <http://www.espaces-naturels.info/restauration-rehabilitation-reaffectation-ce-que-cachent-mots>

⁸ D'après <http://www.espaces-naturels.info/restauration-rehabilitation-reaffectation-ce-que-cachent-mots>

Suivi des projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)

	<p>(p.ex.G.1.3, forêts riveraines méditerranéennes).</p> <p>Pour les projets de SafN en milieux urbains, la diversité des habitats restaurés/réhabilités/créés peut être appréhendée de manière plus fine et spontanée en complément d'une classification standardisée (les typologies classiques pouvant parfois s'avérer inopérantes). Par exemple, la création de potagers urbains, la pose d'hôtels à insectes, la plantation de végétaux (p.ex. arbres, arbustes, prairies fleuries), la végétalisation de toitures, etc. sont autant d'aménagements à mentionner dans le suivi de projets de SafN en milieux urbains.</p> <p>La caractérisation de l'état de conservation de l'habitat, utile à suivre par ailleurs, n'entre pas dans le champ de cet indicateur.</p>
État de référence	Un état initial est indispensable, il sera constitué par la liste des habitats naturels présents initialement, selon le niveau de précision retenu (p.ex. EUNIS – 3), ce niveau de précision ne devant pas varier par la suite.
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur peut être suivi de manière exhaustive sur la totalité du site concerné par la SafN ou sur la partie faisant particulièrement l'objet des travaux, ou pouvant être influencée par ces travaux, notamment pour caractériser l'éventuelle disparition d'habitats connexes de la SafN sous son influence (voir indicateur 3.3.12 État de santé des milieux connexes p.184).
Échelle temporelle préconisée	Il est pertinent de suivre l'indicateur régulièrement, la première fois une saison de végétation après les travaux, puis à un pas de temps à définir en fonction de la dynamique d'évolution attendue. Il est recommandé d'appliquer l'indicateur à différentes échelles de temps : n+1, n+3, n+5 par exemple.
Clé(s) d'interprétation	<p>Toute apparition d'un habitat nouveau (p.ex. ouverture d'une clairière, remise en herbe) participera à la diversité de l'ensemble du site concerné par le projet de SafN, et à son adaptation au changement climatique.</p> <p>La diversification des habitats peut entraîner l'arrivée d'espèces nouvelles sur le site (p.ex. arrivée d'amphibiens dans une zone humide créée). L'indicateur peut donc être utilement rapproché des indicateurs 3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité p.157 et 3.3.5 Diversité des espèces p.161.</p>
Avantages	Relativement simple à mettre en œuvre, la seule difficulté résidant dans la compétence de l'opérateur pour qualifier les habitats.
Limites, points de vigilance	<p>L'observateur doit être compétent pour qualifier un habitat naturel.</p> <p>L'indicateur ne rend pas compte de l'état de conservation des habitats naturels, mais de la diversité de ces habitats. D'autre part, l'habitat naturel restauré, réhabilité surtout créé peut demander un temps très long pour atteindre les niveaux de services écosystémiques qui peuvent être attendus de lui (p.ex. plantation d'un bois).</p>
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes ;
Commentaires	Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création)

d'écosystèmes).

Ressources complémentaires

Le Floc'h, É. & Aronson, J. (1995). Ecologie de la restauration. Définition de quelques concepts de base. Natures – Sciences – Sociétés, Hors Série, 29-35. Disponible ici : <https://www.nss-journal.org/articles/nss/pdf/1995/05/nss199503sp29.pdf>

Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson : Society for Ecological Restoration International. Traduction par Christelle Fontaine et James Aronson, CEFE/CNRS, Montpellier, France. Disponible ici : https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-french-2004.pdf

Typologie EUNIS des habitats : https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/7

Centre de ressources Trame verte et bleue : <http://www.trameverteetbleue.fr/>

Comprendre « Restauration, réhabilitation, réaffectation : ce que cachent les mots » : <http://www.espaces-naturels.info/restauration-rehabilitation-reaffectation-ce-que-cachent-mots>

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants
Descriptif		
<p>« Les continuités écologiques constituant la Trame verte et bleue comprennent des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques (articles L.371-1 et R.371-19 du code de l'environnement). »⁹.</p> <p>Le maintien de réseaux écologiques fonctionnels, formés par des sites interconnectés, est un élément déterminant en matière de résilience des écosystèmes et d'adaptation, notamment aux effets du changement climatique. Elle peut conditionner par ailleurs, la survie à moyen et long terme de populations animales et végétales (échanges d'individus, brassage génétique). Les déplacements d'individus au sein d'une zone géographique donnée afin de réaliser l'entièreté de leur cycle de vie, impliquent d'une part, l'utilisation d'habitats permettant leurs déplacements et d'autre part, l'absence d'obstacles à ces déplacements. La nature des habitats favorables aux déplacements dépend des espèces (animales et végétales) considérées. La présence d'obstacles interroge quant à elle la capacité de franchissement spécifique à une espèce mais aussi propre à chaque individu, ainsi que le risque de mortalité associée (p.ex. collision, noyade).</p> <p>Différentes méthodes existent pour mesurer la connectivité au sein d'un paysage selon trois approches (de la plus simple et économe à la plus complexe et onéreuse) : la connectivité structurelle analyse l'agencement du paysage sans tenir compte des caractéristiques et capacités de déplacement de l'espèce ; la connectivité potentielle combine les caractéristiques paysagères avec, dans une certaine mesure, les capacités de dispersion de l'espèce ; la connectivité fonctionnelle estime les déplacements réels des individus au sein du paysage en s'appuyant sur des suivis des données de déplacements d'individus. Quelle que soit la connectivité étudiée, il n'existe pas d'indicateurs simples à mettre en œuvre, et adaptables à tous types d'habitats et d'espèces, permettant de mesurer la connectivité entre le site d'intervention d'une SafN d'une part et d'autre part, les corridors écologiques et/ou les réservoirs de biodiversité identifiés à proximité. Les indicateurs de connectivité potentielle et fonctionnelle requièrent quant à eux des données ainsi qu'un travail de modélisation permettant de tenir compte de l'écologie (p.ex. habitat de reproduction, habitat de dispersion) et du comportement des espèces cibles (p.ex. capacité de déplacements, de dispersion). Ces méthodes peuvent nécessiter des compétences (géomatique, modélisation, statistiques), un temps et des ressources non cohérents avec la volonté de mettre en place un indicateur facile à mettre en œuvre pour un porteur de projet comme les collectivités.</p> <p>Dans ce contexte, la présente fiche propose au minimum de mesurer, pour une espèce ou un groupe d'espèces donné, certains éléments du paysage et de les soumettre à des experts qui confronteront ces informations aux connaissances sur leurs capacités de déplacement et de dispersion. Néanmoins, l'analyse de la connectivité (potentielle au minimum) s'appuyant sur des travaux de modélisation serait à privilégier.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Après la mise en œuvre de la SafN, comment évolue la connectivité écologique du site d'intervention et/ou du périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN avec les corridors écologiques et les réservoirs de biodiversité situés à proximité ?	
Mise en œuvre	<p>Dans un premier temps, il est nécessaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D'identifier une ou plusieurs espèces cibles d'intérêt pour l'enjeu de connectivité (voir les espèces cibles de la TVB). • D'identifier les corridors écologiques et les réservoirs de biodiversité grâce aux 	

9 D'après <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue?language%3Den=fr>

documents de planification disponibles¹⁰, dans un périmètre pertinent au regard du site d'intervention de la SafN et/ou du périmètre d'action de la SafN ainsi que des capacités de déplacements, de dispersion des espèces cibles retenues.

Une analyse du paysage visera à :

- Mesurer les distances les plus courtes (linéaires « à vol d'oiseaux » en m ou km) séparant le site où la SafN des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité les plus proches.
- Décrire le paysage le long de ces chemins les plus courts « élargis » de 500 m de part et d'autre, notamment :
 - Pourcentage d'habitats favorables aux espèces cibles et configuration (p.ex. nombre de taches, distance minimale et maximale entre elles, disposition agrégée ou répartition équilibrée le long des chemins).
 - Nombre d'obstacles aux déplacements des espèces cibles (p.ex. autoroutes, routes, cours d'eau) ; les documents de planification sont aussi susceptibles d'apporter des informations concernant des obstacles stratégiques dont les enjeux sont régionaux voire nationaux (p.ex. « points noirs » de la TVB).
 - Nombre de passages à faune, dédiés ou non dédiés aux espèces cibles

La sollicitation des experts visera à confronter ces éléments paysagers aux connaissances sur les habitats favorables aux espèces cibles pour la réalisation de l'entièreté de leur cycle de vie ainsi que leurs capacités de déplacement et de dispersion, afin de :

- Donner une note quantitative (0 « très mauvaise connectivité avec le site d'intervention et/ou le périmètre d'action de la SafN » à 10 « très bonne connectivité avec le site d'intervention et/ou le périmètre d'action de la SafN ») ou qualitative (p.ex. bonne, moyenne, mauvaise connectivité avec le site d'intervention et/ou le périmètre d'action de la SafN) pour chaque corridor écologique et chaque réservoir de biodiversité.
- D'identifier les enjeux locaux du point de vue des habitats naturels et des obstacles pour permettre les déplacements des espèces cibles du site d'intervention de la SafN et/ou du périmètre d'action de la SafN jusqu'aux réservoirs de biodiversité.

Selon les compétences, moyens humains et techniques du porteur de projet ainsi que des éventuels moyens financiers dont il dispose pour externaliser ce travail, il est possible d'aller plus loin dans le suivi de la connectivité/fragmentation des habitats naturels séparant le site d'intervention de la SafN et/ou du périmètre d'action de la SafN avec les corridors écologiques et les réservoirs de biodiversité à proximité, notamment en travaillant avec un Système d'Information Géographique (SIG), l'occupation du sol (p.ex. Corine Land Cover, CES Occupation des sols) / OSO et/ou les outils (p.ex. Fragstat, Least Cost Path, Biodispersal, Graphab, CircuitScape) nécessaires pour

¹⁰ Retenir le document de planification le plus détaillé disponible (PLU/PLUi/SCOT/SRCE-SRADDET)

	<p>appliquer des méthodes de modélisation de la connectivité écologique (p.ex. théorie des graphes, théorie des circuits, modèles individus centrés spatialement explicites).</p> <p>Il serait ainsi possible de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartographier des habitats naturels et les obstacles sur une zone d'étude incluant le d'intervention de la SafN et/ou le périmètre d'action de la SafN, les corridors écologiques et les réservoirs de biodiversité d'intérêt pour les espèces cibles. • Réaliser des statistiques relatives aux indices de connectivité et/ou de fragmentation avec une évolution chiffrée sur un pas de temps donné.
État de référence	Il est nécessaire de disposer d'un état initial avant mise en œuvre du projet.
Échelle spatiale préconisée	Très variable, selon le site d'intervention de la SafN et/ou le périmètre d'action de la SafN, les espèces considérées, la proximité des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité.
Échelle temporelle préconisée	Selon la politique d'aménagement du territoire, le paysage peut évoluer rapidement en une année (p.ex. aménagement d'une route, conversion d'une prairie en une culture, exploitation d'un bois). Il est donc recommandé de mesurer au moins la connectivité du site d'intervention de la SafN et/ou le périmètre d'action de la SafN, avec les corridors écologiques et les réservoirs de biodiversité existants sur le territoire (SCoT, PLU) avant le projet de SafN, après la fin du projet (lorsque la SafN est développée), et éventuellement lors d'une étape intermédiaire.
Clé(s) d'interprétation	<p>Plus les habitats naturels [d'intérêt pour le déplacement d'une espèce cible] observés sont connectés, plus les espèces cibles présentes sur le site d'intervention de la SafN et/ou le périmètre d'action de la SafN ont des chances (statistiquement) d'atteindre un corridor écologique et/ou un réservoir de biodiversité.</p> <p>Cet indicateur est à combiner avec l'indicateur 3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité p.157</p>
Avantages	Cet indicateur permet de mettre en perspective le projet de SafN dans le contexte des continuités écologiques définies dans le cadre de la TVB et, dans la mesure du possible, d'identifier les enjeux locaux du point de vue des habitats naturels et des obstacles pour permettre les déplacements des espèces cibles du site d'intervention de la SafN et/ou le périmètre d'action de la SafN jusqu'aux corridors écologiques et aux réservoirs de biodiversité.
Limites, points de vigilance	Il faut être attentif à choisir une méthode proportionnée à l'intérêt de l'indicateur pour le projet de SafN.
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	Pour certains types d'écosystèmes, des indicateurs de connectivité fondés sur la structure des habitats peuvent exister (p.ex. l'indice IPERBOC ; voir indicateur 3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers p.155). Ils internalisent alors une part

d'hypothèses sur les espèces cibles.

Ressources complémentaires

Centre de ressource Trame verte et bleue : <http://www.trameverteetbleue.fr/>

Analyse des méthodes de précision des continuités écologiques à l'échelle locale en France : <http://www.trameverteetbleue.fr/documentation/references-bibliographiques/analyse-methodes-precision-continuites-ecologiques-echelle>

Avon C. & Bergès L. (2013). Outils pour l'analyse de la connectivité des habitats. Projet J Diacofo - Convention cadre Irstea – MEDDE DEB (2012-2014). 33p. Disponible ici : http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/diacofo_outils_connectivite_2013_avon_berges.pdf

Amsallem J., Tonneau J.-P., Salles E., Sordello R. & Benko S. (2013). Propositions pour le dispositif de suivi et d'évaluation d'un Schéma Régional de Cohérence Ecologique. IRSTEA & MTES. 28 p. Disponible ici : https://agritrop.cirad.fr/588521/1/note_propositions_suivi_evaluation_SRCE_nov2013.pdf

Amsallem J., Tonneau J.-P., Salles E., Sordello R. & Benko S. (2013). Fiches de description des indicateurs proposés pour le suivi et l'évaluation des SRCE. IRSTEA & MTES. 96 p. Disponible ici : https://agritrop.cirad.fr/588521/2/Fiches-indicateurs_suivi_eval_SRCE.pdf [Voir notamment les indicateurs RB2, C1, C2 et HAB]

Amsallem J. & Ventre V. (2019). Propositions pour le dispositif de suivi et d'évaluation du Sraddet sur le volet relatif aux continuités écologiques. IRSTEA & MTES. 32. Disponible ici : http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/suivi_evaluation_sraddet_irstea_15jan2019vf.pdf

Van Haaren B., Martin S., Brolly S., Hamm S. & Winckel B. (2018). Indicateurs TVB et documents cadre. Utilisation de la BD OCS SERTIT sur l'Eurométropole de Strasbourg. ADEUS, décembre 2018. 24 p. Disponible ici : http://www.adeus.org/productions/indicateurs-tvb-et-document-cadre/files/indicateurs_tvb-docs_cadre-web.pdf

Albert Cécile H. & Chaurand J. (2018). Comment choisir les espèces pour identifier des réseaux écologiques cohérents entre les niveaux administratifs et les niveaux biologiques ? Sciences, Eaux & Territoires, n°25 : 26-31. Disponible ici : <http://www.set-revue.fr/comment-choisir-les-especes-pour-identifier-des-reseaux-ecologiques-coherents-entre-les-niveaux>

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers
Descriptif		
<p>Dans le cadre d'un projet de SafN visant le développement d'un maillage bocager résilient et pérenne face au changement climatique, l'indicateur « Potentiel écologique des réseaux bocagers » propose une démarche de suivi déclinable par exemple lors de la reconstitution d'un maillage de haies bocagères sur un territoire agricole. À terme, le but est de freiner le ruissellement et ainsi d'empêcher l'érosion du sol, les inondations et les coulées de boue. Le réseau bocager est également susceptible de fournir d'autres services écosystémiques tel que la fourniture de bois, ainsi que d'autres fonctions écologiques telle que des habitats pour les espèces animales. La connectivité des haies est un paramètre primordial pour apprécier leur contribution aux continuités écologiques, et donc le gain net en biodiversité.</p> <p>Le potentiel écologique des réseaux bocagers peut être approché par le volume cumulé de végétation ligneuse et le maillage du réseau. Ce maillage peut quant à lui être défini par le type de connexions entre les haies (connexions en X, en T, en L, ou cul-de-sac, par intérêt pour la circulation de la faune décroissant). L'indice du potentiel écologique des réseaux bocagers (IPERBOC) propose l'intégration de ces différents indices structuraux dans un indice unique.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évolue le potentiel écologique des réseaux bocagers après la mise en œuvre de la SafN ?	
Mise en œuvre	<p>La première étape consiste à décrire le linéaire de haies par photo-interprétation d'images aériennes dans une typologie de haies adaptée au calcul de l'indicateur (voir décomposition de l'indice ci-dessous et ressource). Il est recommandé de sélectionner une surface de l'ordre de 100ha. L'indice IPERBOC est ensuite calculé par la formule suivante :</p> $\text{IPERBOC} = (1 \cdot \text{Lhb} + 8 \cdot \text{Lhh} + 4 \cdot \text{L}_{1-4} + 10 \cdot \text{L}_5) \cdot (7\text{X} + 5\text{T} + 3\text{L} - \text{I}) / \text{Lt} \times \text{Ud}$ <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> Lhb le linéaire total de haies basses en m (strate arbustive basse) Lhh le linéaire total de haies hautes en m (strate arbustive, moyenne à haute) L₁₋₄ le linéaire de strate arborée comptant 1 à 4 arbres par 100 m (en m) L₅ le linéaire de strate arborée comptant 5 arbres ou plus par 100 m (en m) X le nombre de connexions entre haies en X (sans unité) T le nombre de connexions entre haies en T (sans unité) I le nombre de connexions entre haies en I (sans unité) Lt le linéaire total de haies de l'aire échantillonnée (en m) Ud le nombre d'unités bocagères d'au moins 25 ha en discontinuité (i.e. séparées par une distance de plus de 15 m) au sein de l'aire d'échantillonnage. 	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur le potentiel écologique des réseaux	

	bocagers est la valeur de l'indice du potentiel écologique des réseaux bocagers sur site d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN.
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur a été conçu pour une surface de référence d'environ 100 ha (son calcul peut être répété au besoin sur plusieurs zones d'une telle superficie).
Échelle temporelle préconisée	Il est pertinent de suivre l'indicateur régulièrement (par exemple, tous les 2 ou 3 ans), et si possible, à long-terme (horizon 10, 20 ans) afin de s'assurer que les haies plantées sont bien conservées dans le temps, et que les arbres et arbustes atteignent le développement espéré.
Clé(s) d'interprétation	L'indicateur est très sensible au facteur Ud (nombre d'unités bocagères d'au moins 25ha en discontinuité au sein de l'aire d'échantillonnage). La reconnexion de deux unités bocagères par la mise en œuvre d'une SafN est susceptible de conduire à une forte hausse de l'indicateur. A contrario, une haie qui ne serait pas conservée, maintenue, au cours du projet peut faire s'effondrer l'indicateur si elle était la seule liaison de deux unités. Les variations de l'indicateur doivent donc s'accompagner d'éléments qualitatifs, obtenus par un retour terrain ou une analyse fine des images photo-interprétées.
Avantages	Indicateur intégrateur des caractéristiques morphologiques de la haie et de sa connectivité
Limites, points de vigilance	La photo-interprétation est chronophage, et demande de l'expertise. L'indicateur est un potentiel de l'accueil de la faune, et non une mesure.
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	

Ressources complémentaires

Définition de l'indicateur, typologie des haies et des connexions, méthodes de calcul :

Notteghem P. (2017). IPERBOC, l'indice du potentiel écologique des réseaux bocagers. Revue scientifique Bourgogne-nature. 25 : 95-102. Disponible ici : http://www.bourgogne-franche-comte-nature.fr/fichiers/pages-095a102-de-bn25-cahiers-ld_1547035409.pdf

Présentations et vidéos des Journées d'échanges techniques –intitulées « Haies bocagères : liens de biodiversité dans les territoires », le 6 octobre 2021, OFB, Région Normandie et ANBDD : <http://www.genieecologique.fr/reference-biblio/presentations-et-vidéos-journees-dechanges-techniques-haies-bocageres-liens-de>

Pôle bocage et faune sauvage de l'Office français de la Biodiversité : <http://www.polebocage.fr/>

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité
Descriptif		
<p>La trame verte et bleue doit permettre d'assurer les déplacements des espèces animales et végétales entre les sites qu'elles utilisent pour réaliser leur cycle de vie, et notamment les réservoirs de biodiversité, via les corridors écologiques.</p> <p><i>« La Trame verte et bleue (TVB) est un réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques ». Elle contribue à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau. Elle s'applique à l'ensemble du territoire national à l'exception du milieu marin. »¹¹.</i></p> <p><i>« Les continuités écologiques constituant la Trame verte et bleue comprennent des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques (articles L.371-1 et R.371-19 du code de l'environnement). »¹².</i></p> <p>Un projet de SafN visant à restaurer des continuités écologiques, ou dont le site d'intervention ou le périmètre d'action (souhaité, attendu) sont concernés par la présence de réservoirs de biodiversité, la présence d'espèces cibles dans ces réservoirs et leur évolution pourront être suivies. La présence de nouvelles espèces cibles constituerait dès lors un signe encourageant pour la qualité des habitats, la fonctionnalité de la TVB et l'atteinte des objectifs de la SafN en matière de biodiversité. En revanche, elle pourra difficilement être mise directement en relation avec le projet de SafN (d'autres facteurs non maîtrisés pouvant également expliquer la présence d'espèces nouvelles).</p> <p>Pour ce faire, la notion « d'espèce cible » peut être appréhendée dans un sens large. Il peut s'agir notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • d'espèces identifiées dans le cadre de l'élaboration de la Trame Verte et Bleue du territoire concerné (voire d'autres trames : marron, noire, etc.), • d'espèces particulièrement sensibles aux effets du changement climatique dont on cherchera à faciliter le déplacement pour favoriser leur adaptation, • d'espèces protégées et /ou patrimoniales choisies pour leur rareté, leur dynamique ou les menaces pesant sur elles, • d'espèces bio-indicatrices qui par leur présence renseignent sur l'état de l'écosystème dans lequel elles se trouvent, • d'« espèces ingénieurs » qui par leur présence et activité contribuent à modifier significativement l'écosystème dans lequel elles se trouvent, • d'espèces « auxiliaires des cultures » (micro-organismes, invertébrés ou vertébrés) qui fournissent des services écosystémiques aux agriculteurs en facilitant la production agricole. 		
Question(s) évaluative(s)		Comment évoluent les espèces cibles (sens à définir par le porteur de projet) dans les réservoirs de biodiversité localisés dans le site d'intervention de la SafN et/ou dans le

11 D'après <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue?language%3Den=fr>

12 D'après <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue?language%3Den=fr>

	périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN après sa mise en œuvre ?
Mise en œuvre	<p>En premier lieu, il faut lister les réservoirs de biodiversité présents dans le site d'intervention de la SafN et/ou dans le périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN.</p> <p>En second lieu, il faut lister et sélectionner les espèces cibles qui, selon les connaissances disponibles sur le territoire (présence historique) mais aussi leur écologie, la distance, les obstacles présents, les habitats (présents, restaurés, créés) pourraient s'installer à court, moyen ou long terme. Il conviendra de privilégier le choix d'espèces facilement détectables pour minimiser les biais liés à la difficulté de détection des espèces discrètes. Les espèces déjà inventoriées en amont des travaux liés à la SafN peuvent ne pas être retenues. Si elles le sont, l'objectif visera à suivre leur évolution (abondance).</p> <p>Il est recommandé de se limiter à quelques espèces (maximum indicatif : 5) au mode de vie et de déplacement contrastés, en précisant en quoi leur présence serait un signe positif en faveur de la qualité des habitats, de la fonctionnalité de la TVB et de l'atteinte des objectifs de la SafN en matière de biodiversité. Il est possible de fixer plusieurs niveaux d'ambition, en veillant à rester réaliste par rapport à ce qui peut être obtenu dans le cadre temporel fixé (p.ex. durée d'un programme).</p> <p>Les moyens à mettre en œuvre par la suite pour inventorier les espèces cibles sont très variables selon les espèces considérées : prospection à vue, recherche d'indices, inventaires floristiques, etc. La fréquence des observations à mener est également très variable. Cette méthodologie est toutefois à définir dès le début du projet et à utiliser de manière constante et rigoureuse. Dans cet objectif, s'appuyer au minimum sur l'indicateur 3.3.5 Diversité des espèces p.161.</p>
État de référence	<p>Selon les enjeux, l'état initial s'appuiera sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des inventaires des espèces cibles choisies, réalisés avant le début de la mise en œuvre de la SafN envisagée • des travaux d'inventaires réalisés antérieurement (ressources bibliographiques de moins de 3 ans si possible). <p>Ces inventaires concerneront les réservoirs de biodiversité localisés dans le site d'intervention de la SafN et/ou dans le périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN.</p> <p>Le porteur de projet doit faire appel aux meilleures compétences disponibles, et aux acteurs locaux connaissant bien le site et son historique.</p> <p>Voir l'indicateur 3.3.5 Diversité des espèces p.161.</p>
Échelle spatiale préconisée	<p>L'échelle est le site de mise en œuvre du projet de SafN dans sa totalité : les réservoirs de biodiversité dans le site d'intervention de la SafN et/ou dans le périmètre d'action (souhaité, attendu).</p>
Échelle temporelle préconisée	<p>Dans le cas général, réaliser un état de référence (i.e. état final) et, si possible/pertinent, un état intermédiaire avant l'état « final » (i.e. fin du suivi du projet). Pour un suivi sur le long terme, on peut proposer le suivi de l'indicateur tous les 3 à 5 ans (selon la dynamique des habitats et des continuités écologiques). Dans l'idéal, il</p>

	convient d'adapter le rythme et la durée des inventaires à l'écologie des espèces cibles choisies.
Clé(s) d'interprétation	<p>L'indicateur est à interpréter avec précaution (voir le champ « Limites, points de vigilance »). L'identification d'une (de) nouvelle(s) espèce(s) cible(s) dans les réservoirs de biodiversité après la mise en œuvre du projet de SafN ne peut traduire la seule réussite du projet de SafN sur le plan écologique. Par exemple, la connectivité et la qualité de l'habitat sont loin de tout expliquer. Beaucoup d'autres facteurs non maîtrisés (p.ex. dynamique des populations locales, facteurs historiques, génétiques, etc.) contribuent au développement des espèces.</p> <p>Pour aider à l'interprétation, on peut rapprocher cet indicateur des indicateurs 3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés p.148 et 3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants p.151</p>
Avantages	L'apparition d'une espèce cible dans les réservoirs de biodiversité localisés dans le site d'intervention de la SafN et/ou dans le périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN traduit l'amélioration du site sur le plan écologique. Elle constitue aussi un élément fort à valoriser pour la communication sur le projet (« <i>les travaux de suivi de la SafN ont contribué à mettre en évidence la présence d'une espèce qui n'avait pas été observée depuis...</i> »). Voir l'indicateur 3.4.3 Mise en visibilité de la SafN p.195 .
Limites, points de vigilance	La démonstration de la présence d'une espèce peut être complexe sur le plan méthodologique. Démontrer son absence l'est encore plus. C'est pourquoi, la détection (lors des inventaires) d'une (de) nouvelle(s) espèce(s) cible(s) dans les réservoirs de biodiversité ne pourra être considérée comme un indicateur de la seule réussite du projet de SafN sur le plan écologique (p.ex. preuve d'amélioration des continuités écologiques, d'amélioration de la qualité des habitats). En revanche, la détection d'une nouvelle espèce ou l'augmentation de l'abondance d'une espèce déjà présente constitueront un signe encourageant pour la qualité des habitats, le développement de la TVB et l'atteinte des objectifs de la SafN en matière de biodiversité.
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	Il convient d'insister sur les limites, les points de vigilance énoncés précédemment concernant l'interprétation de cet indicateur par rapport au projet de SafN.
Ressources complémentaires	
<p>Inventaire national du patrimoine naturel : https://inpn.mnhn.fr/</p> <p>Géoportail : https://www.geoportail.gouv.fr/</p> <p>Centre de ressources Trame verte et bleue : http://www.trameverteetbleue.fr/</p> <p>Albert Cécile H. & Chaurand J. (2018). Comment choisir les espèces pour identifier des réseaux écologiques cohérents entre les niveaux administratifs et les niveaux biologiques ? Sciences, Eaux & Territoires, n°25 : 26-31. Disponible ici : http://www.set-revue.fr/comment-choisir-les-especes-pour-identifier-des-reseaux-ecologiques-coherents-entre-les-niveaux</p>	

Indicateurs « Faune & Flore »

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.5 Diversité des espèces
Descriptif		
<p>Une SafN consiste à une intervention directe de restauration, conservation ou de gestion sur les écosystèmes. Les conditions environnementales ainsi modifiées auront des conséquences sur la biodiversité du projet, et plus particulièrement sur la composition et la structure des communautés. Tout un panel de descripteurs statistiques existe pour décrire la biodiversité et ses variations.</p> <p>L'indicateur « Diversité des espèces » propose de mesurer les effets de la mise en œuvre de la SafN sur la diversité spécifique. La diversité spécifique est un indicateur de biodiversité qui désigne la richesse spécifique (c'est-à-dire le nombre d'espèces observées dans une communauté) et à l'abondance relative (c'est-à-dire le nombre d'individus de chacune des espèces observées dans une communauté, rapporté au nombre total d'individus toutes espèces confondues). Par communauté, on entend l'ensemble des espèces qui vivent assez proches les unes des autres pour avoir la possibilité d'interagir.</p> <p>L'indicateur « Diversité des espèces » peut être utilisé pour toutes les espèces, taxons ou groupes d'espèces, animales et/ou végétales. Classiquement, il prend la forme d'indices dont l'utilisation concomitante permet d'obtenir des informations plus complètes sur la structure des communautés. Par ailleurs, le suivi du gain net en biodiversité grâce au projet de SafN peut être complété par des informations sur les espèces inventoriées comme leur caractère patrimonial, leur statut de protection (indicateur 3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité p.157), leur caractère mellifère, nectarifère (indicateur 3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères p.166) ou encore, leur potentiel comme envahissante ou allergisante (indicateurs 3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes p.173 3.4.2 Potentiel allergisant p.192).</p> <p>Cet indicateur est indispensable pour le suivi des effets attendus de la SafN dans un cadre de changement climatique.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évolue la diversité (richesse et abondance relative) des espèces floristiques et faunistiques présentes sur le site d'intervention et/ou sur le périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN après la mise en œuvre ?	
Mise en œuvre	<p>La mise en œuvre de cet indicateur se fait en deux étapes :</p> <p>(1) La réalisation d'un inventaire terrain :</p> <p>Avant sa réalisation, il convient de choisir les lieux (échantillonnage des stations) et la méthode (protocole standardisé) selon le milieu étudié, les espèces caractéristiques de ce milieu et de la dynamique d'évolution attendue.</p> <p>(2) Le calcul de l'indicateur : Il existe différents indices permettant de suivre la diversité des espèces d'une communauté au travers sa richesse spécifique et son abondance relative. Les données recueillies sur le terrain permettent de calculer le ou les indice(s) statistique(s) choisi(s). Ces indices peuvent être calculés de manière concomitante.</p> <p>Il convient d'établir la composition faunistique/floristique du site d'intervention et, plus largement, du périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN (p.ex. sous forme de liste des espèces observées). Ce travail est à réaliser à différents pas de temps (voir « État de référence » et « Échelle spatiale préconisée ») afin de suivre l'évolution de la présence à un temps t d'espèces natives ou exotiques, d'espèces patrimoniales, protégées, vulnérables, mellifères, médicinales, envahissantes, allergisantes, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Richesse spécifique (S) : nombre d'espèces que compte une communauté à un instant t sans tenir compte de l'abondance relative de chacune des espèces ; • Abondance relative : nombre d'individus de chacune des espèces observées sur le nombre total d'individus, toutes espèces confondues, sur un site à un 	

instant t ;

- Indice de Sørensen (C_s) : il compare la composition faunistique/floristique entre deux sites ou entre deux dates différentes pour un même site, et de quantifier ainsi le niveau de similitude ;

$$C_s = (2*a) / (b+c)$$

où a est le nombre d'espèces communes aux deux sites/temps comparés ; b est le nombre d'espèces présenté dans le site 1 ou au temps 1 ; et c est le nombre d'espèces présenté dans le site 2 ou au temps 2 ;

C_s varie entre 0 (aucune similarité) et 1 (similarité totale).

- Indice de diversité de Shannon (H') : il mesure la stabilité des communautés en prenant en compte la richesse spécifique (S) et l'abondance relative. C'est l'indice le plus utilisé en écologie. Les résultats obtenus peuvent être comparés à d'autres projets, études et/ou contextes. Il est sensible aux effectifs des espèces rares.

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

où $p_i = n_i / N$ (abondance relative comprise entre 0 et 1) ; n_i est le nombre d'individus de l'espèce i observée et N est le nombre total d'individus (toutes espèces confondues) ; i est compris entre 1 et S ; H' vaudra 0 si une seule espèce est observée ; H' augmente quand la diversité augmente ; plus H' est élevé, plus la diversité est grande ;

- L'indice d'équitabilité de Pielou (J) : il accompagne souvent l'indice de diversité de Shannon ; mesure la répartition des individus au sein des espèces observées.

$$J = H' / H'_{max}$$

où H' correspond à l'indice de Shannon ; $H'_{max} = (\log_2 S)$ est la valeur de la diversité théorique maximale ; J varie de 0 à 1 ; $J = 1$ lorsque toutes les espèces ont la même abondance ; J tend vers 0 lorsque la majorité des effectifs est concentrée sur une seule espèce ;

- L'indice de diversité de Simpson (E) : il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Il est inversement proportionnel à la diversité. Il est sensible aux effectifs des espèces abondantes.

$$D = \sum p_i^2 \quad \text{puis } E = 1 - D$$

où $p_i = n_i / N$ (abondance relative comprise entre 0 et 1) ; n_i est le nombre d'individus d'une espèce observée et N est le nombre total d'individus toutes espèces observées ; i est compris entre 1 et S (richesse spécifique) ; E varie de 0 à 1 ; E tend vers 0 lorsque la diversité est minimale (0 = une seule espèce observée) ; E tend vers $1 - 1/S$ lorsque la diversité est maximale ;

- L'indice de diversité de Hill : il mesure l'abondance proportionnelle en

	<p>combinant les indices de Shannon et de Simpson ;</p> $Hill = (1/E) / e^{H'} \quad \text{puis} \quad 1 - Hill$ <p>où E est l'indice de diversité de Simpson et H' l'indice de diversité de Shannon ; plus $1 - Hill$ s'approche de 1 plus la diversité est maximale ; $1 - Hill$ s'approche de 0 plus la diversité est minimale ;</p> <p>Les moyens et les coûts nécessaires aux inventaires faunistique et floristique puis de leur traitement/interprétation/valorisation dépendent fortement des espèces étudiées. Ils comprennent toujours le temps dédié à l'inventaire, à la saisie et la validation des données ainsi que l'achat de matériels (p.ex. cuissardes, filet, loupe à main, jumelles, pièges photographiques, outils de détermination, petites boîtes en plastique, GPS, topofil).</p> <p>Concernant le caractère patrimonial des espèces inventoriées, cette notion (relativement subjective) peut renvoyer à la dynamique des populations (p.ex. en régression, stables, en augmentation), au statut de conservation (p.ex. Liste rouge UICN), à un cadre réglementaire (p.ex. espèces déterminantes ZNIEFF), au taux d'endémisme ou encore, à une signification culturelle locale particulière. La liste des espèces relevées doit être comparée à la liste d'espèces à valeur patrimoniale, construite par le porteur de projet et d'éventuels partenaires techniques selon les critères de sélection définis précédemment.</p> <p>Concernant les espèces floristiques, selon les nouvelles conditions environnementales, on observe quatre grands types de dynamique des espèces végétales répondant à leur sensibilité respective : leur disparition pour les plus sensibles, leur maintien pour les indifférentes, leur progression pour les tolérantes, leur apparition pour les opportunistes. Ces quatre dynamiques peuvent être suivies grâce aux indices proposés.</p> <p>Si le projet de SafN implique des travaux de végétalisation ou de lâcher d'animaux, il conviendra de dresser une liste exhaustive des espèces concernées (p.ex. listes des végétaux dans les documents de travaux), et de leur abondance afin de pouvoir ensuite suivre leur évolution et distinguer, le cas échéant, l'implantation de nouvelles espèces animales ou végétales, ou a contrario la disparition de certaines espèces. Cet indicateur peut prendre la forme d'un nombre ou d'une proportion d'espèces maintenues ou spontanées.</p>
<p>État de référence</p>	<p>Il est nécessaire d'effectuer un état initial avant le début de la mise en œuvre de la SafN envisagée afin de calculer une valeur de référence du(des) indice(s) choisi(s).</p> <p>Cet état initial peut s'appuyer aussi sur des travaux d'inventaires réalisés antérieurement (ressources bibliographiques).</p> <p>Pour les espèces végétales, il peut être intéressant de comparer l'évolution de cet indicateur avec celle d'un site témoin, comparable mais non concerné par le projet de SafN afin de pouvoir écarter une dynamique locale indépendante de la SafN (p.ex. migration des espèces pour s'adapter aux températures plus chaudes).</p>
<p>Échelle spatiale préconisée</p>	<p>Un travail de prospection conséquent est nécessaire pour permettre l'identification des espèces et leur dénombrement. Il est recommandé de suivre différentes stations d'échantillonnage (p.ex. les zones faisant particulièrement l'objet des travaux, les zones</p>

	en marge du projet pouvant néanmoins être influencées par les travaux).
Échelle temporelle préconisée	<p>Le pas de temps (1, 2 ou 3 ans) est à définir suivant la dynamique d'évolution attendue des espèces pressenties sur le site (au regard des recherches bibliographiques notamment). Au minimum, il sera mesuré avant l'intervention pour constituer l'état initial et à la fin du projet.</p> <p>Pour les espèces végétales, il convient d'augmenter la fréquence de suivi dans une perspective de gestion adaptative (p.ex. remédier au plus vite à l'apparition d'une espèce exotique envahissante, remédier à la trop lente progression, la diminution voire la disparition d'une espèce plantée comme couvre sol en ville).</p> <p>Il est également recommandé de le suivre si possible à plus long-terme, tous les 5 ans par exemple, afin de mesurer le résultat du projet sur le long terme.</p>
Clé(s) d'interprétation	Les clés d'interprétation sont fortement dépendantes de l'indice choisi (voir « Mise en œuvre »). Dans tous les cas, ce sont des tendances d'évolution de la diversité des espèces qui sont observées. Il peut être intéressant de compléter par des informations sur le caractère patrimonial des espèces inventoriées.
Avantages	<p>Robuste, discriminant, opérationnel, reproductible, aisément communicable</p> <p>Support de sensibilisation du grand public et des partenaires</p>
Limites, points de vigilance	<p>La maîtrise des protocoles d'inventaires floristiques et faunistiques et de l'identification des espèces sont indispensables. Si ces compétences ne sont pas présentes dans l'équipe projet, il est fortement recommandé le recrutement d'une personne qualifiée ou un accompagnement par une structure locale compétente (p.ex. conservatoire botanique, conservatoire d'espaces naturels, associations de protection de l'environnement).</p> <p>Certains inventaires faunistiques peuvent s'avérer invasifs car ils nécessitent de capturer des individus pour les identifier ce qui représente un risque de mortalité (parfois inévitable selon la méthode utilisée, par exemple la méthode des pots Barber pour les invertébrés terrestres). Avant la mise en place de tels protocoles, il est recommandé de s'assurer qu'il n'existe pas de méthodes alternatives.</p> <p>Autre exemple, pour les mammifères, l'usage de pièges photographiques est envisageable pour détecter la présence d'espèces de manière non invasive. En revanche, les protocoles de terrain et les analyses sont plus complexes lorsqu'il s'agit de déterminer l'abondance.</p>
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	<p>Lien avec la fiche indicateur 3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères p.166</p> <p>Lien avec la fiche indicateur 3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes p.173</p> <p>Lien avec la fiche indicateur r 3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs</p>

de biodiversité p.157

Comme autre application, on peut citer l'indice floristique d'engorgement qui permet de rendre compte des conditions édaphiques (disponibilité en eau des sols) (intégré à **3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols p.116**)

Ressources complémentaires

Cerema (2020). Catalogue des indicateurs de biodiversité des Observatoires de biodiversité (V1). Commande de l'Office français de la biodiversité. 631 p. Disponible ici : https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/07/catalogue_indicateurs_rnob.pdf

Mårtensson R. (2016). Species and Biological Diversity. Choices of Diversity Indices and their Potential Consequences for Nature Conservation. MVEK02 Examensarbete för Kandidat examen 15hp, Lunds universitet, 28 p. Disponible ici : <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8876148&fileId=8876149>

Mouillot D. & Leprêtre A. (2018). A comparison of species diversity estimators. *Researches on Population Ecology*, 41: 203-215. Disponible ici : <https://doi.org/10.1007/s101440050024>

Gargominy O. & Régnier C. (2021). Base de connaissance "Statuts" des espèces en France. Version pour TAXREF v14.0. UMS 2006 Patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle. Archive contenant deux fichiers. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/bdc-statuts-especes> [version du 12 février 2021]

Bouzillé J.B. (2007). Gestion des habitats naturels et biodiversité. Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris, 330 p.

Techniques de relevés de végétation :

<https://biologievegetale.be/ecologie-vegetale/ecosystemes/phytosociologie/relevés-de-vegetation/>

Indice de qualité floristique de la boîte à outils de suivi des zones humides du programme RhoMéo :

http://rhomeo-bao.fr/?q=indicateurs_08

Coefficient d'abondance dominance de Braun Blanquet :

<https://biologievegetale.be/ecologie-vegetale/ecosystemes/phytosociologie/relevés-de-vegetation/>

Des listes régionales peuvent être disponibles sur les sites des DREAL, DEAL et DRIEE.

Réalisations / Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères
Descriptif		
<p>Les insectes pollinisateurs ont besoin pour leur alimentation de butiner des végétaux produisant nectar et/ou pollen. On parle de plantes nectarifères et/ou pollinifères.</p> <p>Dans un contexte d'érosion de la biodiversité et notamment des pollinisateurs, et de menaces accrues posées par le changement climatique (p.ex. désynchronisation des cycles de vie des espèces, reproduction altérée), offrir une large palette végétale nectarifère et pollinifère est susceptible de permettre l'accueil et le développement d'espèces dépendantes de ces ressources.</p> <p>L'abondance d'espèces végétales pollinifères et nectarifères est un donc un indicateur de la qualité des habitats pour les espèces pollinivores et nectarivores.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN offre-t-elle des ressources alimentaires pour les espèces nectarivores et pollinivores ?	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur repose sur des relevés floristiques sur le site (indicateur 3.3.5 Diversité des espèces p.161).</p> <p>La liste des espèces végétales relevées doit être comparée à des listes d'espèces nectarifères et pollinifères existantes ou constituées ad hoc pour le projet.</p> <p>L'abondance se mesure en nombre d'espèces nectarifères et pollinifères identifiées et, si possible, en abondance des populations de chaque espèce.</p>	
État de référence	L'état de référence est l'état initial c'est-à-dire avant la réalisation de la SafN. Il est recommandé, selon les enjeux, soit d'exploiter des inventaires préexistants (moins de 3 ans si possible) auprès d'organismes (p.ex. associations, conservatoires, structures publiques), soit de mener des inventaires initiaux.	
Échelle spatiale préconisée	Selon les dimensions du site d'étude, le relevé des espèces peut être exhaustif, ou limité à des quadrats et/ou transects. Les quadrats et/ou transects doivent alors être choisis pour représenter la diversité des situations du projet (p.ex. type d'habitats, conditions édaphiques, ensoleillement, pente).	
Échelle temporelle préconisée	Outre l'état initial, compte-tenu du cycle de vie annuel de bon nombre de plantes à fleurs, le suivi de cet indicateur peut se faire dès le printemps suivant les travaux. Plusieurs passages (mai, juin, juillet, août) sont à privilégier pour garantir la bonne détermination des espèces nectarifères et/ou pollinifères. Si les objectifs du projet le justifient (l'accueil des pollinisateurs est un enjeu fort), il peut être pertinent de suivre et calculer l'indicateur sous forme mensuelle voire hebdomadaire, car la fourniture de nectar ou de pollen sur la totalité du cycle de vie des espèces qui en dépendent est primordiale.	
Clé(s) d'interprétation	Il n'existe pas de valeur cible pour cet indicateur. Une augmentation de sa valeur après la mise en œuvre de la SafN est recherchée.	
Avantages	Exploitation directe des relevés floristiques	

	Pédagogique et aisément communicable
Limites, points de vigilance	Potentiel : ne renseigne pas sur la présence réelle de pollinisateurs
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	Cet indicateur n'a d'intérêt que pour exprimer le potentiel d'accueil d'insectes pollinisateurs. Si un suivi direct des espèces animales nectarifères et pollinifères est possible, l'indicateur de leur diversité ou abondance est plus pertinent.
Ressources complémentaires	
<p>Liste d'espèces nectarifères et pollinifères (attention, liste construite pour les abeilles spécifiquement) :</p> <p>Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. 2017. Liste de plantes attractives pour les abeilles. Plantes nectarifères et pollinifères à semer et à planter.</p>	

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)
Descriptif		
<p>Les forêts sont les types d'habitats qui hébergent le plus grand nombre d'espèces vivantes. Cependant, la variété et la complexité des écosystèmes concernés y rendent difficile le suivi de la biodiversité. En l'absence d'indicateurs de biodiversité forestière à la fois pertinents à l'échelle du peuplement ou de la parcelle forestière et suffisamment opérationnels pour des gestionnaires forestiers, Larrieu et Gonin (2008) ont élaboré l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP), un indicateur qui s'apparente à un indicateur indirect et "composite", reposant sur la notation d'un ensemble de dix facteurs. L'IBP renseigne ainsi sur la capacité d'accueil actuelle d'un peuplement, mettant en évidence les peuplements forestiers les plus intacts sur le plan écologique, sur des critères de continuité, de maturité et de complexité structurelle. Il permet également de visualiser la part de chaque facteur dans la biodiversité globale.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment la biodiversité potentielle des forêts évolue-t-elle après la mise en place de la SafN ?	
Mise en œuvre	<p>L'IBP repose sur la notation de dix facteurs, conduisant au calcul de deux notes (Larrieu & Gonin 2010) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première totalise les valeurs obtenues par les sept facteurs qui dépendent de la gestion forestière à savoir la richesse en essences, les milieux ouverts, les arbres à microhabitats, le très gros bois, le bois mort au sol, le bois mort sur pied et la structure verticale. • La seconde totalise les valeurs obtenues par les trois facteurs liés au contexte à savoir l'ancienneté de l'état boisée, les milieux rocheux et les habitats aquatiques. <p>Les notes sont données lors d'un diagnostic rapide et sans prise de mesures complexes. « La notation ne nécessite pas la mise en place de placettes d'inventaire statistique. Il convient toutefois de parcourir attentivement l'ensemble de la surface que l'on note (parcours en plein). Les parcours par simple transect ne sont quant à eux pas pertinents (Larrieu & Gonin 2010)</p>	
État de référence	Il est pertinent de suivre cet indicateur sur plusieurs sites correspondant à plusieurs scénarios (p.ex. site géré avec des objectifs d'adaptation au changement climatique, site géré de manière conventionnelle) dans des conditions d'échantillonnage similaires pour comparer les résultats. Il est également possible de comparer l'évolution d'un site par rapport à son état initial (p.ex avant/après modification des pratiques forestières).	
Échelle spatiale préconisée	L'échelle spatiale adaptée pour évaluer l'IBP est la parcelle forestière ou le peuplement (< 10 ha ; Larrieu & Gonin 2008). Des surfaces plus grandes peuvent être suivies en passant par une étape d'échantillonnage.	
Échelle temporelle préconisée	Certaines caractéristiques de l'habitat forestier évoluent lentement dans le temps ou à la suite de changements de pratique. Il est donc pertinent de suivre cet indicateur sur le long-terme mais sans le reproduire à une fréquence élevée.	
Clé(s)	Chacune des notes est placée sur une échelle permettant d'évaluer le niveau de	

d'interprétation	biodiversité potentielle (Larrieu & Gonin 2010).
Avantages	Robuste, Opérationnel, Peu coûteux, Reproductible
Limites, points de vigilance	Peu de facteurs sensibles à court-terme ; Relevés nécessitant de passer du temps sur le terrain ; Indicateur reflétant un potentiel de biodiversité et non la biodiversité réellement présente ;
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Larrieu L. & Gonin P. (2008). L'indice de biodiversité potentielle (IPB) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. Revue forestière française, LX6: 727-748. Disponible ici : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/28373/727_748_LARRRIEU.pdf?sequence=1</p> <p>Larrieu L. & Gonin P. (2010). L'indice de biodiversité potentielle ou IBP : un outil pratique au service de la biodiversité ordinaire des forêts. Forêt-entreprise, 190 : 52-57. Disponible ici : http://www.pole-gestion.fr/uploads/ged/document/2014-10/389519-FE190p52_57.pdf</p> <p>Descriptif de la méthode sur le site du Centre national de la propriété forestière : www.cnpf.fr/n/realiser-des-relevés-ibp/n:1978#p4234.</p>	

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.8 Surface colonisée par la végétation
Descriptif		
<p>La réalisation des fonctions écologiques et services écosystémiques de la SafN est fréquemment conditionnée par le bon développement de la végétation. La mise en œuvre de la SafN peut reposer sur une implantation directe des végétaux lors des travaux, et/ou par leur colonisation et multiplication naturelle au cours du temps, éventuellement facilitées par des dispositifs techniques. Dans cette seconde perspective, le suivi de la surface colonisée par la végétation est un indicateur de résultats du projet de SafN.</p> <p>Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN et de cette fiche indicateur, un exemple est fourni par le projet de restauration /création de mangrove (SafN) au niveau de l'extrémité de la Pointe des Sables dans l'anse de l'Etang des Z'abricots au nord de la baie de Fort-de-France (Martinique) (voir 2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM) p.30).</p> <p>Une série de pieux et de fascines seront implantés à l'extrémité de la Pointe des Sables pour générer une accrétion sédimentaire censée favoriser la mise en place de conditions favorables à la création d'une néo-mangrove dans le prolongement de la Pointe des Sables.</p> <p>Afin de quantifier le développement de la surface colonisée par les palétuviers dans le temps (densité des palétuviers), l'indicateur « Surface colonisée par la végétation » s'appuie sur la prise et l'analyse de photographies aériennes par drone de la zone de mangrove néoformée et actuelle. Cet indicateur contribue à qualifier les résultats en matière de gain net en biodiversité, dans la mesure où la colonisation naturelle par la végétation augmente l'offre d'habitats.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La mise en œuvre de la SafN est-elle associée au développement de la végétation (p.ex. néo-mangrove) et à son maintien dans le temps ?	
Mise en œuvre	Il s'agit d'effectuer des photographies aériennes par drone de la zone de pieux/mangrove néoformée. Puis, l'analyse par photo-interprétation des images permettra de quantifier la surface occupée par la mangrove néoformée.	
État de référence	L'état initial consiste à faire des photographies aériennes à la fin des travaux de mise en œuvre de la SafN. Il est également recommandé d'effectuer le même procédé sur la mangrove actuelle pour comparer l'évolution des deux zones (dans le cas du site pilote du projet LIFE intégré ARTISAN, éventuellement constater la restauration de l'extrémité de la mangrove actuelle).	
Échelle spatiale préconisée	Site d'intervention de la SafN. Dans le cas du site pilote : zone de mangrove actuelle et zone de pieux/mangrove néoformée	
Echelle temporelle préconisée	Des campagnes trimestrielles à annuelles sont préconisées avec un démarrage lorsque la colonisation sera « significative ».	
Clé(s) d'interprétation	<p>En premier lieu, il convient de définir en amont quand la colonisation sera considérée comme « significative » pour lancer les campagnes trimestrielles ou annuelles.</p> <p>Dans l'exemple développé ici, si l'analyse des images démontre une évolution quantitative positive de la mangrove néoformée, cela montrera que la SafN aura eu un effet positif sur le développement d'une végétation (car actuellement, dans le cas du site</p>	

	<p>pilote du projet LIFE intégré ARTISAN, sans SafN, la mangrove est dégradée à l'extrémité de la Pointe).</p>
Avantages	<p>Quantification de l'évolution de la mangrove néoformée et de la restauration de la mangrove existante</p> <p>Les suivis par prise de vue peuvent appuyer les campagnes de communication de la SafN et la 3.4.3 Mise en visibilité de la SafN p.195.</p>
Limites, points de vigilance	<p>Coût associé à l'acquisition d'un drone équipé d'une caméra pour un usage régulier. Prévoir une formation pour l'utilisation de ce type de matériel, la prise et le traitement des images. L'analyse des images nécessite un logiciel d'analyse fiable qui peut nécessiter des compétences spécifiques (coût d'acquisition, de formation le cas échéant).</p> <p>Détenir les autorisations nécessaires pour survoler la zone en drone.</p>
Critère(s) UICN	<p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	<p>Dans le cas des mangroves, il convient de souligner que l'indicateur MERCI-MANG (appliqué aux mangroves) est en cours de développement. Ce dernier offrira un cadre permettant globalement d'évaluer les gains écologiques liés à la réalisation d'un aménagement. En particulier, l'indicateur comportera une composante liée au recouvrement par la mangrove (palétuviers).</p> <p>N.B. : L'approche MERCI est utilisée dans le cadre du dimensionnement de mesures compensatoires (application de la séquence ERC) mais peut tout aussi bien être exploitée dans ce cadre.</p>
Ressources complémentaires	
<p>Pour plus de détails sur l'approche MERCI : https://ifrecor.fr/eviter-reduire-compenser/</p>	

Indicateurs « Qualité et état des milieux »

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes
Descriptif		
<p>Un projet de SafN implique souvent un chantier, des travaux découvrant le sol, un apport de terre, toutes opérations qui peuvent favoriser l'arrivée d'espèces exotiques envahissantes (EEE) végétales, généralement héliophiles et à caractère pionnier. Or les effets du changement climatique peuvent eux aussi favoriser l'apparition et la dispersion des EEE. Par ailleurs, le projet peut être colonisé par des espèces exotiques envahissantes animales. Dans les deux cas, les EEE peuvent remettre en cause certaines fonctions écologiques de l'écosystème concerné, par exemple via la consommation ou la prédation des espèces autochtones, la destruction des berges, la compétition vis-à-vis des espèces patrimoniales, la diminution de la biodiversité. En plus de ces effets négatifs sur la biodiversité du site, les EEE peuvent entrer en compétition avec les cultures agricoles, dégrader les milieux au point de remettre en cause la SafN elle-même (exemples de végétaux menaçant les zones humides et affectant leurs fonctions). Ces conséquences qui peuvent être majeures (on estime le coût annuel en Europe des espèces exotiques envahissantes entre 9 et 12 milliards d'euros¹³) justifient donc un suivi dédié.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment évoluent les populations d'espèces exotiques envahissantes sur le site d'intervention et/ou le périmètre d'action de SafN après sa mise en œuvre ?	
Mise en œuvre	<p>L'indicateur peut être utilisé pour les espèces végétales ou les espèces animales, ou les deux. Ce choix doit être fait initialement, et éventuellement évoluer au fil d'apparition non anticipée d'espèces, dans une logique de gestion adaptative.</p> <p>Il peut s'appuyer sur les relevés floristiques et faunistiques et la détermination des espèces présentes sur le site (indicateur 3.3.5 Diversité des espèces p.161). L'abondance des EEE se mesure en nombre d'espèces identifiées, et en abondance des populations de chaque espèce. Il est nécessaire, au départ, d'établir la liste des taxons suivis (déjà présents, présents à proximité, susceptibles de coloniser le site concerné par le projet de SafN), en s'appuyant sur les données du centre de ressources (voir ressources complémentaires) et les acteurs locaux.</p> <p>Pour les espèces végétales, il est recommandé de constituer l'indicateur de la manière suivante : présence/absence, coefficient d'abondance-dominance (il est recommandé d'utiliser le coefficient d'abondance dominance de Braun Blanquet, dont la mise en œuvre est relativement facile). Voir la fiche 3.3.5 Diversité des espèces p.161.</p> <p>Pour les espèces animales, il est recommandé de se limiter à la présence (recherche de traces, d'indices, piégeage photographique), sauf si ces espèces représentent un enjeu particulièrement fort pour le suivi du projet de SafN, auquel cas une méthode de dénombrement adaptée est à identifier.</p> <p><u>Optionnel</u> : si les espèces exotiques envahissantes représentent un enjeu fort par rapport au projet de SafN, l'implication de chaque espèce à chaque relevé vis-à-vis des services écosystémiques recherchés peut être évaluée à dire d'expert (faible, moyen, fort, majeur).</p>	
État de référence	Un état initial est indispensable, il sera constitué par la liste des EEE présentes sur le site d'intervention voire sur le périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN initialement, avec le coefficient d'abondance dominance pour les espèces végétales.	
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur a vocation à être utilisé sur l'ensemble du site d'intervention voire sur le périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN. Le coefficient d'abondance	

	dominance se mesure par rapport à l'ensemble des surfaces colonisables par l'espèce (p.ex. pour le <i>Myriophyllum heterophyllum</i> , les eaux tempérées à tièdes et stagnantes ou à courant lent).
Échelle temporelle préconisée	Il est pertinent de suivre l'indicateur régulièrement, une fois avant toute intervention, les fois suivantes à intervalle d'1, 2 ou 3 ans, selon la dynamique des espèces considérées.
Clé(s) d'interprétation	L'arrivée d'une espèce exotique envahissante peut traduire une dynamique locale, indépendante du projet de SafN, mais elle peut aussi révéler des travaux menés sans précautions (p.ex. apport de terres contaminées, mise à nu de terrain favorisant l'implantation des EEE). une réflexion en amont doit viser à réduire au maximum ces risques, car les services écosystémiques rendus peuvent être notablement affectés.
Avantages	Le suivi des espèces par « présence/absence » pour la flore et « présence » pour la faune et coefficient d'abondance dominance est relativement simple à mettre en œuvre.
Limites, points de vigilance	La reconnaissance des espèces peut représenter une difficulté, le porteur du projet de SafN peut s'appuyer sur les compétences locales disponibles (p.ex. conservatoires botaniques, conservatoires d'espaces naturels, OFB, associations naturalistes, écologues).
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples
Commentaires	Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes).
Ressources complémentaires	
<p>Centre de ressources sur les espèces exotiques envahissantes : http://especes-exotiques-envahissantes.fr/</p> <p>Muller S. coord. (2017). Stratégie Nationale relative aux espèces exotiques envahissantes. Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la Mer, en charge des relations internationales sur le climat. 44p. Disponible ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/17039_Strategie-nationale-especes-exotiques-envahissantes.pdf</p> <p>Lancement du plan d'action pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes 2022-2030 : https://www.ecologie.gouv.fr/lancement-du-plan-daction-prevenir-lintroduction-et-propagation-des-especes-exotiques-envahissantes</p> <p>Ministère de la transition écologique. (2022) Plan d'action pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes. Citizen Press. 72p. Disponible ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20220315_EEE_VDEF.pdf</p> <p>En Outre-mer: https://especes-envahissantes-outremer.fr/</p> <p>Coefficient d'abondance dominance de Braun Blanquet : https://biologievegetale.be/ecologie-vegetale/ecosystemes/phytosociologie/relevés-de-vegetation/</p>	

Résultats	Adaptation au changement climatique / Gain net en biodiversité / Co-bénéfices sociaux et économiques	3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols
Descriptif		
<p>La dégradation de la matière organique dans le sol est le processus par lequel les organismes (p.ex. faune du sol, aussi appelée édaphofaune, bactéries, champignons) utilisent l'énergie de la litière pour se développer tout en rendant disponible les éléments qui la constituent. Elle se traduit physiquement par la constitution d'humus, dont la forme le long d'un profil de sol varie. La dégradation de la matière organique est un des processus majeurs dans le cycle global du carbone, azote, phosphore et autres éléments essentiels à la croissance des végétaux et donc essentiels aux flux de matière et énergie au sein des réseaux trophiques. La dynamique de dégradation est sujette à des variations selon les conditions pédologiques et climatiques, mais peut également être influencée par les activités humaines (p.ex. forte acidification/alcalinisation du sol, compaction), et surtout par la composition faunistique. En général, plus la faune du sol est diversifiée en forme et en taille, plus la disparition de la litière est rapide et plus la matière organique produite par les végétaux s'incorpore rapidement au sol. Tout changement dans la composition de la faune du sol va donc se traduire par une évolution de la forme d'humus, que ce soit dans l'espace (à quelques mètres ou kilomètres de distance) ou dans le temps (au cours d'une révolution forestière ou en cas de changement du mode de gestion de la forêt)</p> <p>La vitesse de dégradation de la matière organique est directement liée à l'activité et à la fertilité biologique du sol. Dans le cas de la mise en œuvre d'une SafN, la mesure de la dégradation de la matière organique des sols peut donc de mettre en évidence des effets en matière de biodiversité (via la biodiversité faunistique fonctionnelle), de bénéfices agronomiques (économiques) et donc d'adaptation dans le cas de filières de production dépendantes des végétaux, ainsi que des mesures d'atténuation climatique (Stockage du carbone ou libération). (voir fiche 3.4.10 Stock de carbone p.214)</p>		
Question(s) évaluative(s)	Après la mise en œuvre de la SafN, comment évoluent la qualité biologique et la qualité agronomique des sols ? La forme de l'humus du site étudié est-elle de bonne qualité (i.e. la faune du sol est-elle efficace dans le recyclage de la matière organique) ?	
Mise en œuvre	<p>Des mesures directes de la dégradation de la matière organique sont possibles. Il existe plusieurs protocoles, consistant tous à enterrer un certain type d'échantillon de matière organique dans le sol à une profondeur donnée et en plusieurs points, à l'en extraire après quelques semaines ou mois, à passer l'échantillon à l'étuve et à le peser, puis à réaliser une combustion complète pour déterminer le taux de cendre. L'unité de mesure est alors une dégradation exprimée en pourcentage, ratio de la perte de masse sur la masse initiale. Les échantillons de matière organique peuvent être des sacs de litière plus ou moins standardisés (Litter bags, divers fournisseurs) ou encore, des sachets de thé « universel » pour permettre la standardisation des conditions expérimentales et les comparaisons inter-sites.</p> <p>Outre la pesée, la résistance à la traction de bandes de coton placées dans le sol quelques semaines ou mois est également possible (p.ex. projet IFONS meé par le LIEC et Ecolab). Le résultat est également exprimé en pourcentage, cette fois par un ratio de la différence de force de traction au point de déchirement du témoin par rapport à l'échantillon, sur la force de traction au point de déchirement du témoin.</p> <p>Quel que soit le type de mesures, leur forte variabilité impose la réalisation de réplicats (c'est-à-dire la réalisation de plusieurs mesures synchrones et spatialement proches les unes des autres). Par ailleurs, la vitesse de dégradation étant peu prévisible et</p>	

	<p>dépendante de la matière à dégrader, il est recommandé de placer dans le sol des échantillons qui seront retirés à différents pas de temps (2 semaines, 1 mois, 2 mois, 3 mois, etc.).</p> <p>La mesure de l'indicateur nécessitant une expertise et potentiellement, un matériel spécialisé (étuve), il est recommandé de faire appel à sous-traitant (p.ex. laboratoires, bureaux d'études, universités).</p> <p>Outre la mesure directe de l'activité de dégradation, il est possible de qualifier la forme de l'humus. L'Humus index présenté dans cette fiche est une qualification du type d'humus hiérarchisée selon la vitesse de recyclage de la matière organique : elle s'applique néanmoins aux sols forestiers.</p> <p>Sur un site donné, il s'agit tout d'abord de délimiter un carré d'environ 20 cm x 20 cm en surface du sol. On retire ensuite successivement les différents horizons (plus ou moins homogènes, voir Ponge 2016), dont on mesure pour chacun l'épaisseur. La mesure s'arrête lorsqu'un horizon complètement minéral est atteint. La présence ou l'absence de certains horizons et leur épaisseur permet, par une grille d'analyse présentée en ressource (Ponge 2016), d'établir l'Humus Index.</p>
État de référence	<p>Il est pertinent de suivre cet indicateur sur plusieurs sites correspondant à plusieurs scénarios de gestion du sol (p.ex. site géré avec des objectifs d'adaptation au changement climatique, site géré de manière conventionnelle) dans des conditions d'échantillonnage similaires pour pouvoir comparer les résultats. Il est également possible de comparer l'évolution d'un site par rapport à son état initial (p.ex. avant/après la modification de pratiques forestières).</p>
Échelle spatiale préconisée	<p>Les mesures sont ponctuelles et réparties sur le lieu de mise en œuvre de la SafN et donc à l'échelle du projet, ou différentes zones d'échantillonnage au sein du périmètre la SafN. Il est pertinent de sélectionner plusieurs points de mesure pour refléter des conditions contrastées (p.ex. variation de l'humidité édaphique, pressions distinctes). Le nombre de points de mesures doit être adapté à la surface suivie. Pour chaque point de mesure, un certain nombre de répliqués doit être réalisé (par exemple, 3 ou 4, espacés de quelques mètres).</p> <p>Le nombre de répliqués par point de mesure, et le nombre de points de mesure, peuvent être adaptés en cours de prélèvement selon la variation directement observée de l'humus. Pour un point de mesure donné, la valeur de l'indicateur est la moyenne des répliqués.</p>
Échelle temporelle préconisée	<p>Concernant la dégradation, la pose des échantillons de matière organique doit avoir lieu pendant les périodes de haute activité biologique des sols (en métropole au printemps de préférence, éventuellement en automne).</p> <p>Les mesures peuvent être réalisées une fois par an, avec une pose et un prélèvement dans un calendrier à adapter à la nature de l'échantillon et à l'activité observée (avec un pas de temps compté en semaine ou en mois). Outre l'état initial, elles peuvent être réalisées dès la saison suivant la mise en œuvre de la SafN.</p> <p>L'Humus index peut être mesuré à n'importe quelle saison. En forêt de feuillus, l'été et le début de l'automne sont les périodes à privilégier afin de tenir compte de la chute de feuilles plus ou moins tardive selon les essences.</p>

	<p>Pour les écosystèmes forestiers, il est préconisé de suivre cet indicateur sur le moyen ou le long-terme afin de tenir compte du temps dont il a besoin pour évoluer. A noter, certains changements rapides pourront occasionner des modifications elles aussi rapides de la faune du sol.</p> <p>Dans les deux cas, si l'état initial n'est pas possible (p.ex. opération de perméabilisation, dans laquelle les sols ne sont pas accessibles avant travaux), une mesure au plus tôt après les travaux et, si possible, avant apport de terre, doit être réalisée.</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Concernant la dégradation de la matière organique, la gamme de variation de l'indicateur est de 0 à 100 %, puisque la matière organique peut être complètement dégradée à l'issue de la pose.</p> <p>A temps de pose similaire, plus le pourcentage est élevé, plus la matière organique est dégradée, et donc plus l'activité biologique est intense dans le sol. Après la mise en œuvre la SafN, pour un point de suivi donné, l'augmentation de cet indicateur est donc le signe d'une amélioration de la qualité biologique et agronomique du sol.</p> <p>Concernant l'Humus index, les changements dans la forme de l'humus sont décrits en utilisant la classification française pour affecter un rang à chaque forme d'humus (voir Ponge 2016) sur une échelle allant des humus recyclant le plus vite la matière organique (rang 1) à ceux qui la transforment le moins rapidement (rang 8).</p>
Avantages	<p>Les deux méthodes sont assez faciles à mettre en œuvre et peu onéreuses, pédagogiques, et adaptées à des suivis impliquant le grand public au moins à des fins de sensibilisation.</p> <p>L'Humus index est particulièrement opérationnel et pertinent dans le cas des sols forestiers.</p>
Limites, points de vigilance	<p>Pour la mesure de la dégradation de la matière organique, le traitement des échantillons nécessite du matériel (étuve au minimum, four à +500°C pour garantir la robustesse des mesures)</p> <p>Les protocoles sont peu standardisés, et il convient de sélectionner le plus adapté à son milieu et selon les dynamiques territoriales (p.ex. Suivis portés par les chambres d'agriculture qui peuvent avoir recours à tel ou tel type d'échantillon à enterrer).</p>
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p> <p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples</p>
Commentaires	<p>Préconisé dans tous les milieux terrestres (agricoles en particulier). L'analyse des résultats peut être enrichie par la mise en relation des résultats de diversité végétale et/ou la faune du sol. Une caractérisation plus complète des sols peut être trouvée dans la</p>

Ressources complémentaires

Djukic I. (2016). Etude globale de décomposition de litière. Tea Composition. 11p. Disponible ici : https://www.teacomposition.org/wp-content/uploads/2019/05/TeaComposition-protocol_ILTER_20161003_french.pdf

Keuskamp J.A., Dingemans B.J., Lehtinen T., Sarneel J.M. & Heffting M.M. (2013). Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution*, 4 : 1070-1075. Disponible ici : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.12097>

Ponge J-F. (2016). L'Humus Index : un outil pour le diagnostic écologique des sols forestiers. hal-00589805v11, 7 p. Disponible ici : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00589805/document>

Tresch & Fliessbach (2017). Etude de la décomposition par l'utilisation de sachets de thé. Note technique. Projet FertilCrop, Chambre d'agriculture d'Alsace, 4p. Disponible ici : <https://transae.eu/fr/actualites/test-du-sachet-de-the-par-les-agriculteurs-sur-les-3-versants/1099-decomposition-the.pdf>

Série de vidéos détaillant le protocole de suivi avec des bandes de coton (projet IFONS, LIEC / ECOLAB) : https://videos.univ-lorraine.fr/index.php?act=view&id_col=366

Résultats / Contexte	Gain net en biodiversité	3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau
Descriptif		
<p>Les analyses physico-chimiques de l'eau sont essentielles pour déterminer la qualité chimique d'un cours d'eau. Cependant, ces dernières ne permettent pas d'intégrer les pressions exercées sur les différents écosystèmes (p.ex. la présence d'un cocktail de contaminants aux biodisponibilités, transferts et degrés de toxicité variables). Les bio-indicateurs ou indicateurs biologiques constituent des systèmes d'alarme qui permettent de constater les perturbations exercées sur les organismes capables de les intégrer dans le temps et dans l'espace. Ces derniers sont fréquemment utilisés pour établir le diagnostic écologique d'un cours d'eau, complémentaire à celui de la qualité chimique de ce dernier. Le suivi des différentes populations aquatiques est en effet intégrateur de l'ensemble des paramètres morphologiques, hydrologiques et physico-chimiques du cours d'eau étudié.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Comment réagissent les populations aquatiques à la mise en œuvre de la SafN ?	
Mise en œuvre	<p>Ces indicateurs varient selon les groupes considérés, et leur définition n'est pas la même en métropole et dans les différents territoires ultra-marins.</p> <p><u>Poissons</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <p><u>Métropole : Indice Poissons Rivière (IPR) – code Sandre 7036</u>L'IPR correspond à l'écart normalisé entre le peuplement de poissons observé et un peuplement de référence (peuplement théorique d'un cours d'eau de même type en l'absence de perturbations anthropiques). Sa note indicielle est comprise entre 0 (référence) et 150 (état très mauvais). L'IPR est homologué par l'AFNOR (norme Afnor NF T90-344 de 2004). L'IPR contribue à l'établissement du diagnostic écologique du milieu en évaluant le niveau d'altération des peuplements piscicoles à partir de 7 métriques modulées par l'intensité des perturbations anthropiques.</p> <p>L'IPR peut être calculé sur les cours d'eau peu profonds dont le lit mouillé est prospectable. Les prélèvements sont réalisés en période d'étiage (hors conditions anormales de crue/assec). Pour chaque échantillonnage de la station, l'inventaire de la faune piscicole est réalisé via une pêche électrique. La surface échantillonnée et le nombre d'individus capturés pour chaque espèce ou groupe d'espèces sont déterminés. Les poissons capturés sont relâchés en lieu et place de leur zone de prélèvement tandis que les espèces exogènes envahissantes sont euthanasiées. Des données environnementales de contexte sont également requises telles que la surface du bassin versant, la distance à la source, la largeur moyenne en eau, la pente, la profondeur moyenne en eau et la température moyenne de l'air en janvier et en juillet, l'altitude, l'unité hydrographique d'étude.</p> <p>Dans le cadre de l'IPR, 7 métriques distinctes sont retenues : le nombre d'espèces total, le nombre d'espèces de rhéophiles (<i>i.e.</i> évoluant dans des zones de fort courant), le nombre d'espèces de lithophiles (<i>i.e.</i> dépendant des fonds pierreux), la densité d'individus totale, la densité d'individus totale tolérants, la densité d'individus totale invertivores (<i>i.e.</i> se nourrissant d'invertébrés), la densité d'individus totale omnivores.</p> <p>Guyane : indice poissons Guyane global (IPG global) (éléments complémentaires disponibles en Annexe 3 de la ressource Ministère de la</p> 	

Transition Écologique et Solidaire, 2019)

- Réunion : indice Réunion poissons (IRP).(éléments complémentaires disponibles en Annexe 4 de la [ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019](#))
- Guadeloupe, Martinique, Mayotte : aucun indicateur disponible

Macrophytes

- Métropole : Indice Biologique Macrophyte en Rivière (IBMR)- code Sandre 2928L'IBMR est basé sur l'identification des macrophytes, *i.e.* celle de végétaux aquatiques visibles à l'œil nu sur une station. Les principaux groupes observés sont les algues, les bryophytes et les phanérogames. Une note indicielle, comprise entre 0 et 20, détermine la qualité globale du milieu aquatique. L'IBMR est homologué par l'AFNOR depuis 2003 (NF T90-395, 2003). L'IBMR contribue à l'établissement du diagnostic écologique du milieu dans la mesure où il traduit le degré trophique du milieu étudié.

Les relevés de terrain sont effectués sur un faciès courant et un faciès lent sur un tronçon de 100 m² minimum et en période de végétation maximale. Les relevés comprennent l'identification des taxons des peuplements de macrophytes et l'évaluation des taux de recouvrement. Concernant les données environnementales de « contexte » requises, les caractéristiques morphologiques du site, la nature des substrats, les différents faciès d'écoulement (vitesse/profondeur) et les conditions hydrologiques sont déterminés.

- Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, Réunion : absence d'indicateur (non pertinent dans ces départements)

Invertébrés

- Métropole : l'indice invertébrés multimétrique (I2M2) – code Sandre 7613

L'Indice Invertébrés Multi-Métriques (I2M2) provient d'une évolution de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Il se base également sur l'étude des macro-invertébrés pour évaluer la qualité biologique générale d'un cours d'eau. La méthode de calcul se base sur 5 métriques biologiques : variété taxonomique (nombre de taxons présents), indice de Shannon (structure du peuplement), ASPT Score (*Average Score per Taxon*, niveau de polluosensibilité moyen d'un peuplement), polyvoltinisme (capacité d'un taxon à effectuer plusieurs générations successives au cours d'une année), ovoviviparité (capacité de certaines espèces à incuber des œufs dans l'abdomen de la femelle).

Point de vigilance : pour les cours d'eau profonds, l'indice macro-invertébrés grands cours d'eau (MGCE 12 prélèvements) – code Sandre 6951 est à utiliser selon le protocole expérimental d'échantillonnage des macro-invertébrés en cours d'eau profonds de (Usseglio-Polatera et al. 2019), puis la norme XP T90-334 lors de sa publication

- Martinique, Guadeloupe : indice biologique macro-invertébrés Antilles (IBMA – code Sandre 8040) (éléments complémentaires disponibles en Annexe 2 de la

	<p>ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guyane : score moyen des éphéméroptères de Guyane (SMEG). (éléments complémentaires disponibles en Annexe 3 de la ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019) • Réunion : indice Réunion macro-invertébrés (IRM). (éléments complémentaires disponibles en Annexe 4 de la ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019) • Mayotte : aucun indicateur disponible. <p>Diatomées</p> <ul style="list-style-type: none"> • Métropole : Indice Biologique Diatomées (IBD) – code Sandre 5856 <p>L'IBD correspond à l'analyse de l'abondance des espèces de diatomées benthiques (microalgues unicellulaires) prélevées sur un substrat dur naturel sur une station, un seul échantillon étant réalisé par station. L'IBD est homologué par l'AFNOR depuis 2007 (NF T90-354, 2007). L'indicateur contribue à établir le diagnostic écologique du milieu en considérant la diversité taxonomique et la polluo-sensibilité des espèces prélevées.</p> <p>Les prélèvements des biofilms sont réalisés sur au moins 100 cm² par point de mesures en période d'étiage et en grattant la surface du substrat (racloir) au niveau de radiers bien éclairés sur des pierres, cailloux ou blocs immergés de manière préférentielle. Les échantillons sont préparés afin de ne conserver que le squelette externe (frustule) entre lame et lamelle (élimination de la matière organique et du carbonate de calcium avec eau oxygénée et acide chlorhydrique puis montage au Naphrax). 400 individus (max 420) sont comptés au microscope et les taxons de ces 400 individus sont identifiés. Après observation de la lame, une liste floristique est obtenue à partir de laquelle est calculé l'IBD.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guadeloupe, Martinique : indice diatomique antillais (IDA) – code Sandre 8053 (éléments complémentaires disponibles en Annexe 2 de la ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019) • Guyane : indice de polluo-sensibilité spécifique (IPS – code Sandre 1022) (éléments complémentaires disponibles en Annexe 3 de la ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019) • Réunion : indice diatomique Réunion (IDR-code Sandre 8062) (éléments complémentaires disponibles en Annexe 4 de la ressource Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2019) • Mayotte : aucun indicateur disponible
<p>État de référence</p>	<p>Il est nécessaire de réaliser un état initial du/des cours d'eau avant la mise en œuvre du projet de SafN. Il est recommandé de mettre en place les mêmes mesures des indicateurs sur un/des cours d'eau témoin afin de déterminer l'effet net de la SafN vis-à-vis d'autres pressions sur les milieux (Voir Illustration 14 p.69)</p>

Échelle spatiale préconisée	Les cours d'eau concernés directement ou indirectement par le projet de SafN ainsi que un/des cours d'eau témoins si possible.
Echelle temporelle préconisée	Il est recommandé de mesurer les indicateurs biologiques de la qualité de l'eau avant la mise en œuvre du projet de SafN, dès la première année après les travaux, puis 2 à 3 ans après travaux (le temps aux populations de poissons de réagir).
Clé(s) d'interprétation	<p>Les limites de classes à prendre en compte dépendent de l'indicateur considéré et de la localisation de la station (département ultramarin ou non notamment). Ces limites figurent en annexe du Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire de Janvier 2019</p> <p>Métropole : se référer à l'annexe 1</p> <p>Martinique et Guadeloupe : se référer à l'annexe 2</p> <p>Guyane : se référer à l'annexe 3</p> <p>Réunion : se référer à l'annexe 4</p>
Avantages	<p>Les populations sont intégratrices de multiples paramètres et offrent une image globale de la qualité biologique du milieu aquatique.</p> <p>IPR : Fiabilité (norme), indice multiparamétrique (7 métriques), rapidité de mise en œuvre</p> <p>IBMR : Fiabilité (norme), permet de traduire le degré trophique du milieu</p> <p>I2M2 : Fiabilité (norme), rapidité de mise en œuvre, évaluation spatio-temporelle des effets d'une perturbation</p> <p>IBD : Fiabilité (norme)</p>
Limites, points de vigilance	<p>La sensibilité des bio-indicateurs est multifactorielle et il n'est pas aisé d'identifier les éventuelles perturbations générant les variations observées au niveau des indicateurs biologiques et encore moins de discriminer leurs effets entre les perturbations observées. De plus, si les bio-indicateurs constituent des systèmes d'alarme relativement précoces, il n'en reste pas moins que la vitesse « de retour à la normale » est relativement faible.</p> <p>IPR : non conforme à la DCE</p> <p>IBMR : inapplicable dans certains cours d'eau</p> <p>IBD : indicateur dont la mise en œuvre nécessite des personnes très spécialisées ; l'ensemble des perturbations exercées sur un cours d'eau ne se traduisent pas nécessairement par une variation de l'indicateur.</p>
Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes

Commentaires	Des évolutions sont prévues pour certains indicateurs (augmentation de l'usage de l2M2 et de l'IPR+).
---------------------	---

Ressources complémentaires

Portail de documentation « eau et biodiversité » : <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/>

Ministère de la transition écologique et solidaire (2019). Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). 123 p. Disponible ici : <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/guide-technique-relatif-a-l-evaluation-de-l-etat-des-eaux-de-surface-continentales-cours-d-eau-canaux0>

Usseglio-Polatera P., Wasson J-G. & Archambault V. (2009) Protocole expérimental d'échantillonnage des « macro-invertébrés » en cours d'eau profond, 19 p. Disponible ici : <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/00000000015dd1ddbef4b8ec20502556>

Résultats	Gain net en biodiversité	3.3.12 État de santé des milieux connexes
Descriptif		
<p>La mise en œuvre d'un projet de SafN, en modifiant localement les écoulements d'eau, d'air ou la répartition de sédiments et bien sûr des espèces animales et végétales, est susceptible d'influencer l'évolution des milieux connexes, et dans un scénario pessimiste, de porter atteinte à leur santé et/ou leur intégrité.</p> <p>Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN et de cette fiche indicateur, un exemple est fourni par le projet de création de mangrove (SafN) au niveau de l'extrémité de la Pointe des Sables dans l'anse de l'Etang des Z'abricots au nord de la baie de Fort-de-France (Martinique) (voir 2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM) p.30). Il se situe à proximité immédiate d'herbiers mixtes <i>Thalassia testudinum</i> et <i>Syringodium filiforme</i>. L'objectif est de suivre l'évolution de l'état des herbiers, en recouvrement et état de santé notamment via la réalisation de plongées sur site. Compte tenu du fait qu'il est difficile de distinguer de l'effet du projet sur les herbiers de ceux imputables à d'autres pressions anthropiques ou non, l'indicateur ne vise pas à suivre les effets du projet en lui-même mais à suivre l'état de santé de l'herbier mixte sur la base de l'analyse d'une batterie de paramètres déterminés dans le protocole de Hily et Kerninon (2013).</p> <p>Il convient de souligner que ce type d'herbier mixte est retrouvé dans des zones ouvertes sur l'océan où les eaux sont plus agitées tandis que les herbiers à <i>Thalassia</i> uniquement sont retrouvés dans des zones relativement abritées (fonds de baies notamment) et les herbiers à <i>Syringodium</i> dans les zones de sous influence de courants. Le projet ayant potentiellement des effets sur l'hydrodynamisme dans le secteur (action sur l'agitation), le projet risque ainsi d'affecter l'herbier, et en particulier <i>Syringodium</i>.</p> <p>L'écosystème herbier et lié à l'écosystème mangrove et à l'écosystème récif. A titre d'exemples, la production de débris organiques dans la mangrove est généralement favorable au développement des herbiers. De plus, les espèces inféodées aux mangroves peuvent se réfugier dans les herbiers à marée basse. Ainsi, les états de santé des deux écosystèmes sont liés et les effets du projet de SafN ne sont pas nécessairement négatifs à terme (progression de la mangrove). Cependant, il convient de comparer l'état de santé des herbiers aux différentes phases du projet (avant accrétion sédimentaire, accrétion sédimentaire, colonisation par la néo-mangrove et développement de la mangrove néoformée).</p>		
Question(s) évaluative(s)	L'intégrité des écosystèmes connexes à la SafN est-elle préservée ?	
Mise en œuvre	<p>Au total, 35 paramètres doivent être relevés dans l'idéal sur la base du protocole de Hily et Kerninon (2013). Ces paramètres concernent les paramètres biotiques des herbiers et de la flore et faune associées ainsi que les paramètres abiotiques.</p> <p>Trois méthodes complémentaires sont mises en œuvre : le <i>Line Intercept Transect</i> (LIT), le transect couloir (<i>Belt</i>) et les quadrats.</p> <p>En ce qui concerne les phanérogames, les paramètres suivants sont relevés : densité, longueur des feuilles, biomasse, espèces, recouvrement, fragmentation, mitage, nombre de patchs, taille des patchs, microfalaises. Le recouvrement par les macroalgues et l'abondance des cyanobactéries sont également relevés.</p> <p>En ce qui concerne la faune associée, les grands groupes de macrofaune sont identifiés de même que la bioturbation. Par rapport aux sédiments, la granulométrie des sédiments (des précisions sur les suivis granulométriques sont à trouver ici : 3.2.10 Accrétion sédimentaire p.102) et la teneur en matière organique associée sont</p>	

	mesurés, de même que le relief, la profondeur, la turbidité (des précisions sont à trouver ici 3.2.5 Turbidité de l'eau p.88) et la présence éventuelle de déchets et de traces de l'activité de plaisance (des précisions sont à trouver ici : 3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN p.249) pour ce qui est de l'influence des facteurs abiotiques.
État de référence	Un état initial c'est-à-dire avant la mise en œuvre du projet de SafN est indispensable pour suivre ensuite l'évolution de l'état de santé des herbiers mixtes.
Échelle spatiale préconisée	Périmètre(s) de (des) l'herbier(s)
Echelle temporelle préconisée	Indicateur à mettre en œuvre avant le projet de SafN (état initial), pendant la phase projet et après sa finalisation.
Clé(s) d'interprétation	<p>L'abondance des cyanobactéries, des algues filamenteuses et des macrodéchets, une turbidité importante ainsi que la pratique d'une forte activité de plaisance constituent des indicateurs de pression dont la baisse est censée être associée à une amélioration de l'état écologique de l'herbier mixte.</p> <p>L'augmentation de la densité des phanérogames et de leur taux de recouvrement et l'accroissement de l'abondance de la faune sessile (éponges et coraux) sont également évocateurs de l'amélioration de l'état de santé de l'herbier mixte.</p>
Avantages	Le protocole développé par Hily et Kerninon (2013) est adapté au contexte martiniquais et repose sur un certain nombre d'observations visuelles (p.ex. la turbidité) qui permettent de s'affranchir en partie d'achat de matériel. Par ailleurs, la batterie de paramètres déployés permet d'avoir une bonne idée de l'évolution de l'état de santé du milieu.
Limites, points de vigilance	<p>Le protocole de Hily et Kerninon (2013) préconise la réalisation de trois transects qui peut s'avérer chronophage. Par ailleurs, la mesure de 35 paramètres peut s'avérer lourde du point de vue logistique. Ce nombre de paramètres peut donc être revu à la baisse. Par ailleurs, certains de ces paramètres peuvent s'avérer sensibles aux variations journalières (p.ex. la faune mobile (et non sessile), la faune migratrice).</p> <p>La mise en œuvre du protocole requiert une certaine expertise en biologie et l'analyse d'échantillons (carottes de sédiments notamment) en laboratoire.</p> <p>Le suivi des effets de la SafN seule est délicat en soi dans la mesure où une combinaison de pressions s'exerce sur l'herbier mixte. L'action du projet sur l'hydrodynamisme est ainsi difficile à distinguer des effets d'autres pressions : les dégradations directes liées aux houles cycloniques (en particulier pour <i>Syringodium filiforme</i>), aux marées de vives-eaux (<i>Thalassia testudinum</i> supporte mal les longues périodes d'exondation), au changement climatique (p.ex. augmentation des températures et élévation du niveau marin), aux dégradations physiques (p.ex. introduction d'espèces exogènes envahissantes, arrachage) et les dégradations indirectes (p.ex. pollution agricole, industrielle, domestique, parasitisme). Ces différentes sources de pression constituent des facteurs de confusion qui génèrent un biais dans le suivi des effets attendus de la SafN sur les herbiers mixtes. Ainsi, l'indicateur renseigne davantage sur l'état de santé de l'herbier mixte que sur les effets du projet de SafN sur ce dernier.</p>

Critère(s) UICN	Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Hily C. & Kerninon F. (2013). Proposition de protocole de suivi stationnel des herbiers de phanérogames marines : paramètres mesurés et détails techniques. Application pour le projet de typologie des herbiers de la Martinique. Documentation Ifrecor, 9 p. Disponible ici : http://ifrecor-doc.fr/items/show/1858</p> <p>Kerninon F., Monnier O., Thomassin A. & Stiger-Pouvreau V. (2016). Développement d'outils d'analyse de l'état écologique et de l'évolution des herbiers tropicaux français. Documentation Ifrecor, 1 p. Disponible ici : http://ifrecor-doc.fr/items/show/1826</p> <p>Le Moal M., Kerninon F., Aish A., Monnier O., Doré A., Witte I. & Payri C. (2015). Développement d'indicateurs benthiques DCE (benthos récifal et herbiers de phanérogames) dans les DOM. Typologie des herbiers de Martinique. Version finale. 34 p. Disponible ici : http://spn.mnhn.fr/spn_rapports/archivage_rapports/2015/SPN%202015%20-%2046%20-%20Le-Moal_et_al_2015.pdf</p> <p>Kerninon F. (2020). Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'Outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples. PhD, Sciences de la Terre. Université de Bretagne occidentale – Brest. Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR). 450 p. Disponible ici : https://www.theses.fr/2020BRES0030.pdf</p>	

3.4 Indicateurs de co-bénéfices sociaux et économiques

Sont regroupés dans cette partie les différents indicateurs qui permettent de suivre l'atteinte des résultats en matière de fourniture de **co-bénéfices sociaux et économiques**.

Les co-bénéfices sociaux et économiques renvoient aux retombées de la SafN hors adaptation des territoires, écosystèmes et filières économiques, et qui seraient définies comme objectifs par le porteur de projet. Il peut ainsi s'agir de services écosystémiques rendus à la population autre que les services écosystémiques liés à la régulation des effets du changement climatique comme les services culturels (p.ex. augmenter la connaissance des écosystèmes par le grand public). Ils sont donc définis indépendamment des objectifs d'adaptation. Il convient de noter que certains disservices (risques et nuisances liés aux écosystèmes et/ou aux espèces pour un territoire ou une population donnée) sont intégrés ici quand ils sont susceptibles de limiter les co-bénéfices attendus et nécessitent donc un suivi, à l'image du caractère allergisant de la végétation.

Pour en permettre une lecture cohérente, les indicateurs sont regroupés de la façon suivante :

- Indicateurs « **Usages et de reconnaissance de la SafN** »
- Indicateurs « **Économie de projet** », intégrant des par exemple des indicateurs de suivi de retombées économiques nouvelles permises par la SafN.

Concernant les seconds, il convient de noter qu'une retombée économique « nouvelle » est de fait dépendante du territoire et des filières qui pré-existent. Si l'objectif du projet de SafN est d'adapter une ressource existante et la filière l'exploitant aux effets du changement climatique, l'indicateur de suivi de cette ressource ou de la santé de filière devra donc être traité comme un indicateur d'adaptation. L'organisation fine de certains indicateurs dans le présent référentiel entre les sous-thématiques « Résilience des socio-écosystèmes » (Adaptation au changement climatique) et « Économie de projet » (Co-bénéfices sociaux et économiques) est donc dépendante des objectifs affichés des projets de SafN du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN.

De façon plus générale, le programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN ne peut représenter la diversité des co-bénéfices sociaux et économiques que l'on pourrait attendre d'un projet de SafN. La sélection présentée ici est donc encore une fois dépendante des objectifs de chacun de ces projets, des moyens que peuvent allouer les porteurs de projets pour le suivi des co-bénéfices, sociaux et économiques hors adaptation au changement climatique. La liste proposée n'est donc pas exhaustive et peut naturellement être complétée.

Indicateurs « Usages et reconnaissance de la SafN »

Résultats / Contexte	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs
Descriptif		
<p>Les usagers désignent les individus qui font usage d'un lieu public donné. L'usage est entendu comme une interaction physique, sensorielle ou intellectuelle, qu'il s'agisse de se déplacer, de jouer, de faire du sport, de se détendre ou encore de prélever des biens à titre de loisir (collecte non professionnelle).</p> <p>La mise en œuvre d'une SafN est susceptible d'accroître le nombre d'utilisateurs et/ou de modifier le type d'usages du site concerné. Une augmentation et une diversification des usages peuvent être l'un des co-bénéfices attendus du projet, auquel cas l'indicateur permet de mettre en évidence son atteinte. Pour certaines SafN ou certaines zones de la SafN (sensibilité du milieu par exemple), l'indicateur pourra servir à vérifier que le niveau de pression que peuvent représenter ces usages reste compatible avec l'atteinte des objectifs de la SafN (adaptation au changement climatique, préservation et restauration de la biodiversité). Compte-tenu de la pression différenciée des différents usages, la distinction du nombre d'utilisateurs par type d'usage est alors une information clé pour le porteur de projet.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>La SafN permet-elle le développement de nouveaux usages, et l'augmentation du nombre d'utilisateurs ?</p> <p>Les usages et la fréquentation de la SafN sont-ils compatibles avec la réalisation de la (des) fonction(s) écologiques et du (des) service(s) écosystémique(s) attendu(s) ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Il convient de bien distinguer au préalable si l'on souhaite dénombrer le nombre d'utilisateurs uniques pour qualifier l'attractivité de la SafN (i.e. un usager ne sera compté qu'une fois même s'il est amené à visiter le site à plusieurs reprises), ou bien le nombre de visites pour qualifier le niveau de pression (i.e. un usager sera compté autant de fois qu'il fera de visites).</p> <p>Quel que soit l'objectif du suivi, il nécessite une première étape d'observation sur site, qui va permettre de lister et définir les types d'usages et ce, à plusieurs moments de l'année et de la journée. Ces observations peuvent être complétées d'entretiens qualitatifs avec les gestionnaires de sites, riverains, commerçants de proximité, etc. qui pourront préciser des types d'usages qui n'ont pu être observés. Le nombre d'usages différents répertoriés est un premier indicateur à retenir pour le suivi de la SafN.</p> <p>Plusieurs méthodes existent ensuite pour estimer le nombre d'utilisateurs et/ou de visites. Le choix dépendra des moyens techniques et financiers du porteur de projets mais aussi de la configuration du site lui-même. Chaque méthode n'est en effet pas forcément déclinable pour tous les projets de SafN.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le comptage automatique (optiques, magnétiques, etc.), à l'aide d'appareils mécaniques ou électroniques situés à des endroits stratégiques de la SafN (p.ex. entrée du site si marquée, chemin principal) : Cette méthode ne permet pas le comptage d'utilisateurs uniques (définis précédemment), et ne permet pas non plus de distinguer les usages, sauf à émettre des hypothèses via la localisation du compteur (p.ex. un compteur situé sur le chemin principal compte des usagers « promenades », un compteur situé sur un sentier le long d'une berge compte des usagers « pêche de loisir »). • Le comptage direct, à l'aide d'enquêteurs relevant le nombre d'utilisateurs lors de sessions dédiées : Cette méthode ne permet pas le comptage d'utilisateurs 	

	<p>uniques (définis précédemment), mais peut permettre de distinguer les usages, avec néanmoins une part d'hypothèses de la part des compteurs (si aucun échange, entretien ne vient compléter le comptage).</p> <ul style="list-style-type: none"> • La réalisation et l'exploitation d'enquêtes : Celles-ci peuvent être réalisées sur site (auprès des visiteurs) et permettre notamment d'interroger sur la fréquence de visite pour apprécier ensuite le nombre d'usagers uniques (définis précédemment) vis-à-vis du nombre de visites. Elles permettent également de faire définir par les usagers leurs usages, et donc de limiter les hypothèses. Idéalement, elles devraient être complétées par des enquêtes <i>ex situ</i> auprès des riverains, voire à plus grande échelle (p.ex. la commune, le département, la région), pour inférer la part de la population faisant usage du site, et donc estimer via ces données de population le nombre de visiteurs uniques et de visites. • Le comptage indirect, via la prise en compte de données variées et à adapter à la SafN : posts sur les réseaux sociaux, partage d'itinéraires de course ou de randonnées sur internet, dénombrement de traces d'usages (feux de camp, déchets, etc.). <p>Pour un suivi robuste, il est idéal de combiner plusieurs de ces méthodes.</p>
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état estimé du site d'intervention avant l'intervention (état initial). Si le contexte s'y prête, cet état initial peut être complété par un site témoin.
Échelle spatiale préconisée	L'indicateur est pertinent à plusieurs échelles : celle des zones de la SafN présentant un enjeu spécifique (dans une utilisation de l'indicateur visant à qualifier le niveau de pression) et celle du projet. Les méthodes de mise en œuvre sont à sélectionner et/ou adapter selon l'échelle spatiale choisie.
Échelle temporelle préconisée	Il est pertinent d'agrèger l'indicateur au mois ou à l'année, selon la dynamique des usages de la SafN (p.ex. usages concentrés en fin d'après-midi, particulièrement en été). Cela peut supposer un suivi à des pas de temps variés, de l'heure à la saison.
Clé(s) d'interprétation	<p>Une augmentation et une diversification des usages comparativement à l'état initial montreront que la SafN a permis d'atteindre les co-bénéfices attendus.</p> <p>L'indicateur peut aussi être comparé à une valeur de capacité de charge de l'écosystème considéré, définie ou calculée pour refléter la fréquentation à partir de laquelle on considère que les services écosystémiques et fonctions écologiques de la SafN sont dégradés.</p>
Avantages	<p>Indicateur très intelligible pour le grand public et les partenaires non techniques</p> <p>Suivre les usages et les usagers peut constituer une première forme de sensibilisation, de communication auprès du public</p> <p>Double intérêt : attractivité et qualification de pressions</p>

Limites, points de vigilance	Protocoles parfois peu standardisés, nécessitant une expertise tant pour la conception, la mise en œuvre que pour l'analyse
Critère(s) UICN	Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de son/ses objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples
Commentaires	<p>Les usagers sont distingués ici des personnes qui seraient susceptibles de bénéficier de certains effets de la SafN (services écosystémiques et fonctions écologiques de régulation notamment), sans pour autant faire un usage direct de la solution (p.ex. riverains, habitants de la commune, du département, de la région). Un tel travail d'investigation devrait coupler :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La réalisation de projections/scénarios théoriques des bénéfices écologiques dont bénéficiera la population (sans forcément s'en rendre compte). • La réalisation de suivi de ces services écosystémiques sur le terrain à l'aide d'indicateurs. • La réalisation et l'exploitation d'enquêtes <i>ex situ</i> pour savoir dans quelle mesure la population perçoit les bienfaits des SafN mises en œuvre : ont-elles été directement et positivement par le projet ? De manière secondaire ? Le projet les a-t-il conduites à faire évoluer leur comportement ? Leurs pratiques ? Ce dernier exercice aurait également une vocation de sensibilisation sur le projet, le changement climatique, la préservation et la restauration de la biodiversité.

Ressources complémentaires

Fiche 7 « Usages et fréquentation » de la boîte à outil MANG :

Impact-Mer. (2016). Boîte à outils pour les zones humides d'Outre-mer. Outils pour la mise en œuvre de suivis en zones humides : Aide à la décision & Fiches descriptives. Rapport pour : Conservatoire du Littoral, 78 p. Disponible ici : https://base-documentaire.pole-tropical.org/documents/Docs_lies/2017/03/24/A1490364986SD_0_Impact_Mer_2016_MANG_Rapport_intro_VF.pdf

Guide « Visitors Count! » sur la mise en œuvre d'estimation de la fréquentation des espaces protégés :

Spenceley A., Schägner J. P., Engels B., Cullinane Thomas C., Engelbauer M., Erkkonen J., Job H., Kajal L., Majewski L., Mayer M., Metzler D., Rylance A., Scheder N., Smith-Christensen C., Souza T. B. & Woltering M. (2021). Visitors count! Guidance for protected areas on the economic analysis of visitation. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France and German Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 113p. Disponible ici : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378568?posInSet=1&queryId=04dc875b-f9c1-4f60-9776-b77034373026>

Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.2 Potentiel allergisant
Descriptif		
<p>Une SafN est susceptible de modifier la répartition spatiale, la diversité et l'abondance d'espèces à potentiel allergisant. Les espèces à potentiel allergisant désignent des espèces qui sont susceptibles de provoquer une allergie pour une partie non négligeable de la population. Il s'agit à la fois d'espèces végétales, principalement via les pollens pour les espèces anémophiles (dont le pollen est disséminé par le vent), et de façon plus anecdotique par les tissus, sèves, ou latex (par contact direct), mais également d'espèces animales, là encore sans contact (dispersion de poils) ou par contact direct. Ce paramètre peut être déterminant pour l'accessibilité du site à certains usagers, et le cadre de vie des populations environnantes.</p> <p>Dans les espaces plantés, les phénomènes d'allergie peuvent être aggravés par la pollution atmosphérique, la morphologie urbaine (moindre dispersion des pollens), le caractère monospécifique et/ou monosexué (mâles des espèces dioïques) des végétaux.</p> <p>Les SafN doivent participer à améliorer le cadre de vie des populations vulnérables et à limiter les effets négatifs de leur mise en œuvre, ce qui rend nécessaire le suivi des espèces à potentiel allergisant. Le suivi de l'indicateur permet alors de mettre en évidence l'effet positif de la SafN de ce point de vue (p.ex. diversification des espèces par rapport à l'existant associée à un moindre potentiel allergisant), et donc de définir un co-bénéfice du projet en matière de santé publique.</p> <p>L'indicateur Potentiel allergisant de la SafN renvoie à un faisceau d'indicateurs dérivables des suivis floristiques et faunistiques d'un projet donné : nombre d'espèces à potentiel allergisant, couvert, recouvrement ou abondance de ces espèces.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN entraîne-t-elle une dégradation du cadre de vie et des conditions sanitaires en accroissant le potentiel allergisant ?	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur repose sur des relevés floristiques et faunistiques et la détermination des espèces présentes sur le site : 3.3.5 Diversité des espèces p.161.</p> <p>La liste des espèces relevées (et le sexe des végétaux d'espèces dioïques, dans la mesure du possible) doit être comparée à des listes d'espèces allergisantes.</p> <p>On calculera d'abord le nombre d'espèces allergisantes.</p> <p>Si les données de suivi floristique le permettent, il convient de calculer en complément :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La part d'individus (i.e. arbres ou arbustes) ou d'espèces à potentiel allergisant par rapport au total d'individus, • Le recouvrement ou le couvert relatif des espèces à potentiel allergisant pour les végétaux allergisants hors arbres et arbustes, ou métrique équivalente permettant d'apprécier la surface occupée par les espèces allergisantes. <p>Concernant les espèces animales (p.ex. chenilles processionnaires), une estimation du nombre d'individus ou du nombre d'arbres, des surfaces colonisées par l'espèce devrait être calculée.</p>	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état estimé du site	

	d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN.
Échelle spatiale préconisée	Selon les dimensions du site d'intervention de la SafN, le relevé des espèces peut être exhaustif, ou limité à des quadrats et/ou de transects. Les quadrats et/ou transects doivent alors être choisis pour représenter la diversité des situations du projet (p.ex. conditions édaphiques, ensoleillement, vent, pente), et des configurations de vulnérabilité vis-à-vis du risque allergie (p.ex. proximité des habitations, établissements recevant un public vulnérable, axes routiers).
Échelle temporelle préconisée	Outre l'état initial, compte-tenu du cycle de vie annuel de bon nombre de plantes à fleurs, le suivi de cet indicateur peut se faire dès le printemps suivant les travaux. Plusieurs passages (mai, juin, juillet, août par exemple) sont à privilégier pour garantir la bonne détermination des espèces animales et végétales. Si des espèces particulières sont recherchées, il conviendra de caler les inventaires sur leur cycle de vie.
Clé(s) d'interprétation	Il n'existe pas de valeur cible pour cet indicateur. On ne cherchera pas nécessairement une valeur nulle, qui compromet la diversité végétale. Un nombre élevé d'espèces allergisantes distinctes (et donc un indicateur élevé) n'est pas un péril si le nombre d'individus et/ou le recouvrement de chacune des espèces est limité. A l'inverse, le dénombrement d'une unique espèce allergisante dans une plantation monospécifique (de cette espèce) est particulièrement problématique. L'interprétation de cet indicateur ne peut donc se faire qu'en disposant d'éléments quantitatifs sur le nombre d'individus et/ou le recouvrement (décrits dans cette fiche), ou à défaut d'éléments qualitatifs (visite de terrain par exemple).
Avantages	Exploitation directe des relevés floristiques et faunistiques Enjeu majeur des projets de végétalisation pour le grand public et certains partenaires techniques ou financiers : transparence de l'indicateur.
Limites, points de vigilance	Ne renseigne pas sur la concentration réelle en pollen (mesurable, indicateur mentionné dans les ressources complémentaires). Ne renseigne pas sur la gêne réelle occasionnée par ces espèces allergisantes auprès des riverains, usagers, etc. Difficilement interprétable sans le calcul complémentaire du recouvrement et/ou du nombre d'individus
Critère(s) UICN	Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de son/ses objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples
Commentaires	Cet indicateur pourrait être complété par : <ul style="list-style-type: none"> • Une analyse de la concentration réelle de substances allergisantes dans l'air (pollen, poils, etc). • Une enquête de proximité pour voir dans quelle mesure les riverains, les usagers par exemple sont réellement impactés (positivement ou négativement). Cela permettrait d'aider la prise de décisions quant au mode de gestion à adopter pour

les espèces allergisantes identifiées.

Ressources complémentaires

Site du Réseau national de surveillance aérobiologique, comprenant notamment l'état des lieux des risques par type de pollen : <https://www.pollens.fr/les-risques/risques-par-pollen>

PollenLibrary, base de donnée du potentiel allergisant portée par l'entreprise Quintiles IMS : <https://www.pollenlibrary.com/>

Rapport d'études et fiches espèces du projet SESAME qualifiant le potentiel allergisant de 75 arbres et arbustes utilisées en aménagement urbain :

Cerema (2019). SESAME – Services écosystémiques rendus par les arbres, modulés selon l'essence. Rapport d'études et fiches descriptives. Disponibles ici : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/sesame-projet-innovant-arbres-arbustes-urbains-adaptation-au>

Revue scientifique qualifiant le potentiel allergisant d'un certain nombre d'espèces méditerranéennes et de leurs cultivars :

Cariñanos P. & Casares-Porcel M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. Landscape and Urban Planning, 101 : 205-214. Disponible ici : <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.006>

Indicateur de mesure directe de la concentration du pollen « 8.41 Ambient pollen concentration » (p.521)

European Commission. Directorate General for Research and Innovation (2021). Evaluating the impact of nature-based solutions: Appendix of methods. Publications Office. 1177 p. Disponible ici : <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

Moyens / Réalisations	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN
Descriptif		
<p>Les projets de SafN fournissent une opportunité de communication auprès d'un public large, pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mettre en avant les écosystèmes qui leur sont associés ainsi que les services écosystémiques rendus et les fonctions écologiques sous-jacentes, • développer la connaissance du fonctionnement des écosystèmes, • ou encore, mettre en avant la présence d'habitats ou d'espèces emblématiques. <p>La visibilité de la SafN est entendue ici non pas comme la visibilité directe du projet depuis l'espace public, mais comme l'intensité de sa promotion et de son référencement dans divers médias ou via divers évènements. Elle peut contribuer à la réalisation d'autres bénéfices du projet, comme l'augmentation du niveau des connaissances.</p> <p>Si les communications liées à la SafN peuvent émaner du porteur de projet, d'autres parties prenantes (p.ex. partenaires techniques, financiers, collectivités d'un échelon infra ou supra) peuvent également y contribuer.</p> <p>L'indicateur « Mise en visibilité de la SafN » propose de dénombrer le nombre et le type de communications et d'évènements, et d'estimer le public cible (sa nature et son effectif). Il peut être entendu comme un indicateur de moyens (les moyens que se donne le porteur de projets et ses partenaires pour mettre en avant la SafN), ou comme un indicateur de réalisations.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Le projet de SafN permet-il de faire connaître auprès d'un large public les services rendus par les écosystèmes ainsi que les fonctions écologiques sous-jacentes ?	
Mise en œuvre	<p>Le suivi de l'indicateur repose sur le recensement de diverses formes de communications, regroupées dans cette fiche sous la forme d'évènements d'une part, et de communications dans les médias d'autre part.</p> <p>Le recensement des évènements</p> <p>Il convient de dénombrer les activités liées à la SafN, qu'elles aient lieu sur site (p.ex. visite guidée, visites de scolaires, évènement festif) ou ailleurs (p.ex. présentation dans un séminaire, utilisation de l'exemple de la SafN dans une formation), pour comptabiliser le nombre total d'évènements (de préférence par nature : conférence grand public, séminaire de spécialiste, festival, etc.).</p> <p>Si le porteur de projets a défini des objectifs liés à un public cible (p.ex. augmentation de la connaissance des SafN dans les différents services des collectivités pour améliorer la transversalité), il est recommandé de décompter ou d'estimer le public en distinguant son type (p.ex. scolaire, citoyens, services techniques, spécialistes). Des feuilles de présence lors de ces évènements peuvent faciliter le suivi de l'indicateur. Le nombre de personnes prenant part à ces évènements est ensuite calculé.</p> <p>Le recensement des communications dans les médias</p> <p>Si les canaux de communication sont maîtrisés (bon aperçu du porteur de projets de</p>	

	<p>l'ensemble des communications), il convient de dénombrer au fil de l'eau les communications dans la presse scientifique ou technique, la presse grand public, la télévision et la radio, les réseaux sociaux, etc. La nature du média, du public cible, de la portée (locale, nationale, internationale, nombre de tirages, nombre de visites sur la page web) doivent être ajoutés si connus. L'indicateur se compose donc d'un nombre de communications, des types de médias et d'un nombre de personnes potentiellement touchées par ces communications.</p> <p>Dans le cas de communications moins maîtrisées (recensement au fil de l'eau impossible), des analyses automatisées ou semi-automatisées de type bibliométriques ou textométriques peuvent être envisagées.</p>
<p>État de référence</p>	<p>L'indicateur n'appelle pas d'état de référence, mais le porteur de projets peut comparer sa valeur à celle d'un projet qui bénéficierait de plus (ou moins) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de moyens en matière de communication, • de partenaires susceptibles de participer à la mise en visibilité.
<p>Échelle spatiale préconisée</p>	<p>Le dénombrement de cet indicateur se fait à l'échelle du projet, mais peut être adapté pour le suivi de l'ensemble des SafN d'un territoire donné par un même porteur de projets et/ou maître d'ouvrage.</p>
<p>Échelle temporelle préconisée</p>	<p>Les dénombrements se font au fil de l'eau, et l'indicateur peut être agrégé annuellement.</p>
<p>Clé(s) d'interprétation</p>	<p>Il n'existe pas de valeurs indicatives pour cet indicateur, en dehors d'objectifs que peut se fixer le porteur de projet, et sinon d'éviter une valeur nulle sur la durée totale du projet.</p> <p>Si le porteur de projets s'est fixé des objectifs de communication auprès d'un public cible (p.ex. les scolaires), et que l'effectif de cette population est connu (p.ex. l'ensemble des classes de la commune), l'interprétation de l'indicateur peut reposer sur l'analyse de la part de public touchée (le nombre de classes/d'élèves ayant visité la SafN sur le nombre total de classes et/ou d'élèves), en veillant à ce que la trame de suivi permette d'éviter ou de détecter les doubles comptes (p.ex. la même classe fait plusieurs fois une visite de site).</p> <p>L'indicateur peut servir à analyser les variations de la connaissance perçue des fonctions écologiques des SafN du divers publics ainsi que des services écosystémiques rendus (voir indicateur dédié : 3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes p.200), à condition que les publics sondés et touchés par les diverses formes de communication se recoupent au moins partiellement.</p>
<p>Avantages</p>	<p>Indicateur pertinent pour le rapportage aux partenaires (financiers notamment)</p> <p>Le suivi au fil de l'eau nécessite peu de moyens et n'est pas chronophage si régulier et rigoureux.</p>
<p>Limites, points de vigilance</p>	<p>L'indicateur ne renseigne pas sur la qualité des communications, ou leur perception par le(s) public(s) ciblé(s) (3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services</p>

	écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes p.200)
Critère(s) UICN	<p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de son/ses objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples</p> <p>Durabilité et Rayonnement / 8. Le projet est disséminé et intégré dans les politiques publiques</p>
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Descriptif de l'indicateur « 16.6 Green intelligence awareness» (p.812) :</p> <p>European Commission. Directorate General for Research and Innovation. (2021). Evaluating the impact of nature-based solutions : Appendix of methods. Publications Office. 1177 p. Disponible ici : https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361</p>	

Réalizations / Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.4 Reconnaissance de la SafN
Descriptif		
<p>Les projets de SafN sont susceptibles d'être valorisés par les porteurs de projets dans des démarches de labellisation ou de concours thématiques (p.ex. EcoQuartier, Capitale française de la Biodiversité, Trophée de l'adaptation au changement climatique, Trophées de l'eau, Territoires engagés pour la nature, Trophées ARTISAN, prix national du génie écologique).</p> <p>Il est donc proposé de recenser les prix ou labels obtenus, leur nombre vis-à-vis des démarches entreprises, à partir du moment où le projet de SafN est décrit dans le dossier de candidature.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Les qualités du projet de SafN sont-elles reconnues et valorisées au travers des labels ou des prix ?	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit de dénombrer le nombre de dossiers de candidature déposés pour un label, un prix, le nombre de dossiers ayant reçu un avis favorable et le nombre de dossiers ayant reçu un avis défavorable.</p> <p>Ce recensement au fil de l'eau des labellisations et des prix peut être complété par la collecte de quelques éléments qualitatifs (p.ex. nom du label, nom du prix, thématiques, pièces du dossier, nombre de participants).</p> <p>Lorsqu'un dossier de candidature n'est pas retenu, il est recommandé de réaliser un retour d'expérience sur cette candidature afin de comprendre les points de blocage à l'obtention du label ou du prix et s'en servir pour améliorer les dossiers à l'avenir.</p>	
État de référence	Une comparaison au nombre de labels, de prix dont dispose l'organisme porteur sur le site étudié (avant la mise en œuvre de la SafN) ou sur un autre site, que ce soit en lien avec les SafN ou non.	
Échelle spatiale préconisée	<p>A l'échelle d'un site d'intervention de la SafN, du périmètre d'action (souhaité, attendu) de la SafN ou du projet dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN.</p> <p>Applicable à tout site/projet d'un territoire donné afin de promouvoir la mise en œuvre de SafN.</p>	
Échelle temporelle préconisée	L'indicateur peut être calculé à différentes étapes du projet, selon son propre calendrier, au minimum à mi-parcours et en fin de projet.	
Clé(s) d'interprétation	<p>Une valeur maximale est recherchée pour cet indicateur, mais ne constitue pas un objectif de projet en soi.</p> <p>Pour un projet de SafN donné, les thèmes des labels et des prix obtenus, s'ils sont variés, refléteront la nature transversale de la SafN.</p>	
Avantages	<p>Collecte des données peu coûteuse car en lien avec le projet de SafN</p> <p>Indicateur facilement communicable sur différents supports de valorisation</p>	

Limites, points de vigilance	La non obtention d'un label ou d'un prix ne remet pas en question la qualité du projet de SafN.
Critère(s) UICN	Durabilité et Rayonnement / 8. Le projet est disséminé et intégré dans les politiques publiques
Commentaires	Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes).

Ressources complémentaires

Exemples de labels (liste non exhaustive) :

- Écoquartier : <http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/le-label/>
- Capitale française de la biodiversité : <http://www.capitale-biodiversite.fr/>
- Territoires engagés pour la nature : <https://engagespourlanature.ofb.fr/territoires>
- Les Trophées de l'Adaptation au Changement Climatique et Territoires : <https://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique/passer-a-laction/comment-sadapter-changement-climatique/trophees-ladaptation-changement-climatique-territoires>
- Prix national du Génie écologique : <http://a-igeco.fr/actions/prix-du-genie-ecologique/>
- Trophées de l'eau : informations à retrouver sur le portail de chacune des Agences de l'eau.

Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes
Descriptif		
<p>Un projet de SafN peut être mis en place avec, parmi ses objectifs, celui de sensibiliser et faire connaître les écosystèmes, les services écosystémiques qu'ils rendent ainsi que les fonctions écologiques sous-jacentes, et qu'elle participe à améliorer la perception et l'acceptation de tels projets. Si l'on peut penser à de tels objectifs vis-à-vis du grand public (p.ex. riverains, usagers), d'autres populations peuvent être ciblées (p.ex. certains services techniques pour améliorer le travail en transversalité, potentiels partenaires techniques ou financiers).</p> <p>Outre l'intervention directe sur les écosystèmes, les phases de concertation et de co-construction, ou encore les actions de communication, sont susceptibles de concourir à cet objectif. La connaissance (des services écosystémiques rendus et fonctions écologiques sous-jacentes) et la perception des projets sont des dimensions distinctes, associées à des questions évaluatives distinctes, sans lien de causalité évident, mais qui peuvent être suivies de façon mutualisée auprès d'un public unique : cette fiche propose donc de les rassembler.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Le projet de SafN permet-il l'amélioration de la connaissance des services écosystémiques rendus par les SafN ainsi que des fonctions écologiques sous-jacentes auprès de(s) public(s) cible(s) ?</p> <p>Comment le projet de SafN est-il perçu par la population et les acteurs du territoire ?</p>	
Mise en œuvre	<p>La connaissance des services écosystémiques rendus par la SafN peut faire l'objet d'une auto-évaluation ou d'une évaluation directe à l'aide d'un questionnaire (dans chaque cas), selon les opportunités de mutualisation avec d'autres suivis et selon le public cible. Les questions doivent rester identiques au cours du projet, le questionnaire étant soumis à plusieurs étapes du calendrier. La forme des questions peut inviter la personne interrogée à situer son niveau de connaissance sur une échelle définie (échelle psychométrique type Likert : « <i>Je connais la fonction d'évapotranspiration des végétaux</i> », réponse de « Tout à fait d'accord » à « Pas du tout d'accord »). L'indicateur est alors la médiane de niveau de connaissance dans la population cible. Les questions peuvent être multipliées et précisées pour porter sur certains services écosystémiques et fonctions écologiques spécifiques, sur des espèces, etc.</p> <p>Plutôt que de procéder par auto-évaluation, les questions peuvent tester directement le public cible sur ses connaissances et les documenter qualitativement. Ce mode d'évaluation peut se prêter à certains contextes et certains publics cibles (scolaires, grand public à l'occasion de quiz, etc.).</p> <p>La perception du projet est évaluée au cours d'une enquête, qui peut prendre elle aussi plusieurs formes. Si le porteur de projets prévoit la diffusion de questionnaires, des questions liées à la perception du projet peuvent y être intégrées. Dans l'idéal, il convient de démarrer par une question relativement ouverte, permettant de récupérer des éléments qualitatifs (par exemple, « Quels sont les premiers mots qui vous viennent à l'esprit quand vous pensez au projet de SafN ? »), suivie par exemple d'une question invitant le répondant à situer sa perception, son acceptation de la SafN sur une échelle définie (p.ex. Échelle de Likert). L'indicateur est alors la médiane de ce niveau de perception dans la population cible. Les éléments qualitatifs sont à conserver pour analyser les variations de l'indicateur.</p> <p>Le porteur de projets peut également opter pour des entretiens semi-directifs, qui</p>	

	doivent alors cibler des personnes à même d'évaluer la perception du projet : élus locaux, membres d'associations liées au cadre de vie, commerçants à proximité, et quelques personnes de la population cible par exemple. Il convient ensuite, en analysant et en confrontant les entretiens, d'élaborer un descriptif qualitatif des informations obtenues mais également de les synthétiser par une valeur unique dans une échelle définie et constante au cours du projet.
État de référence	L'état de référence est l'état initial. Le porteur de projets peut également comparer la valeur de l'indicateur au cours du temps à celle d'un projet qui bénéficierait de plus (ou moins) de moyens en matière de co-construction ou communication.
Échelle spatiale préconisée	Le suivi de ces indicateurs se fait à l'échelle du projet, mais peut être adapté pour le suivi de l'ensemble des SafN d'un territoire donné par un même porteur de projets et/ou maître d'ouvrage.
Échelle temporelle préconisée	Les enquêtes doivent être réalisées régulièrement, par exemple tous les 2 ou 3 ans, et démarrées avant intervention pour disposer d'un état initial.
Clé(s) d'interprétation	Il n'existe pas de valeur de référence pour ces indicateurs.
Avantages	<p>Les indicateurs liés à des enquêtes multi publics cibles mutualisent les moyens.</p> <p>Les informations liées à la perception du projet sont directement utiles pour le porteur de projets et ses partenaires, notamment dans la logique de gestion adaptative et d'amélioration de la communication autour de la valorisation des SafN.</p> <p>La réalisation d'enquêtes est une forme de communication auprès du public et participe indirectement à la sensibilisation.</p>
Limites, points de vigilance	Il convient de ne pas se limiter à l'expression quantitative de l'indicateur, mais à conserver et analyser tous les éléments qualitatifs récoltés.
Critère(s) UICN	<p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de son/ses objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples</p> <p>Gestion adaptative / 7. Le projet est géré de façon adaptative, sur la base de données probantes</p>
Commentaires	La réalisation de cet indicateur peut être mutualisée avec l'indicateur « Nombre d'usages et d'usagers ».
Ressources complémentaires	
Questionnaire proposé dans le cadre du projet LIFE Adapto :	
https://www.lifeadaptto.eu/media/5332/Perception_sociale_Questionnaire_General_2020.pdf	

Indicateurs « Économie de projet »

Moyens	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN
Descriptif		
<p>Lors de la mise en œuvre de SafN, qu'elles soient destinées à l'adaptation au changement climatique, la gestion des risques naturels ou encore, la préservation et la restauration de la biodiversité, les porteurs de projets sont confrontés à une difficulté commune : disposer des moyens matériels, financiers et humains nécessaires pour la bonne conduite de leur projet. Chaque SafN est unique et, à ce titre, permet aux porteurs de projets de créer des modèles de financement adaptés.</p> <p>Les porteurs de projets peuvent, dans certains cas, autofinancer à 100 % leurs projets. Dans d'autres, il leur est nécessaire de rechercher de co-financements (p.ex. subventions publiques, privées, fonds européens). Une autre option peut consister à ce que la SafN rentabilise son propre investissement. Par exemple, la création d'un espace vert pour réduire le risque d'inondation pourra être optimisée grâce à l'installation d'éleveurs ou d'apiculteurs (CDC Biodiversité, 2019).</p> <p>Quelle que soit l'option retenue, un suivi des dépenses engagées dans le cadre de ces projets doit être réalisé pour la bonne gestion financière des porteurs de SafN et/ou pour rendre des comptes à leurs partenaires techniques et financiers. Un tel suivi permet, le cas échéant, de trouver des leviers face aux freins économiques au bon déroulé de la SafN puis de réaliser un retour d'expérience. Ce suivi est aussi une opportunité de documenter le coût des SafN comparativement au coût des solutions grises et encourager les territoires à privilégier les SafN pour développer leur résilience.</p> <p>En effet, bien que les SafN se situent dans le champ de l'innovation, les premières évaluations socio-économiques tendent à démontrer que ces solutions sont durables, économes et donc plus avantageuses, particulièrement à long terme (CDC Biodiversité, 2019). Différentes explications sont proposées pour expliquer ce résultat (CDC Biodiversité, 2019) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les techniques d'ingénieries écologiques sont généralement moins onéreuses que l'ingénierie civile. • Une seule SafN peut répondre aux enjeux de plusieurs secteurs (p.ex. environnement, agriculture, santé) et, de ce fait, se substituer à plusieurs solutions grises et offrir des opportunités de co-financements. • L'ingénierie écologique fait la plupart du temps appel à des ressources humaines du territoire de mise en œuvre de la SafN (emplois non délocalisés). • La SafN nécessitent une fréquence de renouvellement de travaux ou d'entretien des installations moindre. <p>L'indicateur « Modèle de financement et suivi financier de la SafN » est un indicateur stratégique de l'état de santé économique des projets de SafN.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Quels sont les coûts de la SafN pour le porteur de projet, et quels modes de financements y sont associés ?	
Mise en œuvre	Chaque porteur de projets peut définir l'ingénierie financière et les outils financiers qu'il est en mesure de mobiliser au regard des besoins du projet de SafN et des services dont il dispose en interne (p.ex. services RH, financier). Au besoin, il peut faire appel	

aux services d'un prestataire externe.

Modèle de financement

Le modèle de financement reflète l'équilibre global du projet de SafN. Il est au minimum documenté par l'élaboration d'un budget prévisionnel et un plan de financement détaillés.

Le budget prévisionnel détaille l'ensemble des dépenses prévues pour la réalisation du projet (travaux, suivi, valorisation, etc.). Il peut s'agir de ressources humaines [maîtrise d'ouvrage, gestion, pilotage], d'équipement, de consommables, de frais de déplacements et de restauration, d'acquisitions foncières, de travaux, de prestations, etc. La sous-estimation du budget nécessaire au projet de SafN constitue un risque réel. La part de temps et donc d'argent à allouer à l'animation et au pilotage par exemple ne doit pas être minimisée.

Le plan de financement présente quant à lui les moyens de financements du projet : autofinancement, co-financements (p.ex. fondations d'entreprises, vente de prestations, subventions publiques, privées, fonds européens, appels à projets, crowdfunding), retour sur investissements (développement d'activités économiques rentables liées à la SafN). En cas de financement par des subventions, le plan de financement pourra être complété par les conventions attributives de subventions signées. En cas d'attente de retour sur investissement, il conviendra de préciser en quoi techniquement et financièrement la SafN conduit à la génération de recettes. Dans le cas de projets pluriannuels, il conviendra de s'assurer d'une bonne visibilité des ressources financières sur la durée des projets.

Le montant des dépenses totales affiché dans le budget prévisionnel doit être égal au montant des financements obtenus.

Suivi financier

La réussite du projet de SafN passe obligatoirement par le suivi régulier des coûts et des éventuels dépassements de budget afin de prendre les décisions d'ajustement au bon moment. Le suivi des dépenses se matérialise par la production d'éléments (p.ex. fiches de salaire, devis, factures, tableaux de dépenses, états de frais).

L'analyse des (éventuels) écarts entre budget prévisionnels et dépenses réalisées à différentes étapes d'avancement du projet de SafN permettra de réagir en conséquence, notamment en cherchant activement des leviers face aux freins rencontrés (p.ex. lourdeurs administratives, décalage entre subventions attendues et réellement perçues, dépenses imprévues). Les difficultés rencontrées pourront être documentées pour apporter des éléments qualitatifs et explicatifs et alimenter le retour d'expérience.

En cas de co-financements (p.ex. subventions), les financeurs proposent leurs propres postes de dépenses ainsi que leurs propres outils (p.ex. masques de saisie en ligne, tableaux de dépenses/documents à compléter). Dans ce cas, le porteur de projets devra adapter ses outils à ceux de son(ses) financeur(s).

État de référence

Le budget prévisionnel.

Échelle spatiale

Toutes les dépenses liées au projet de SafN.

préconisée	
Échelle temporelle préconisée	<p>Le modèle financier de la SafN est nécessairement documenté en amont.</p> <p>Le calendrier de suivi des dépenses dépend de la durée du projet et, dans le cas de co-financements, du calendrier fixé par les partenaires financiers.</p> <p>Pour un projet d'un an, on préconisera la réalisation d'un état d'avancement des dépenses par trimestre et un état final au plus tard 3 mois après la fin du projet. Pour un projet de 2 à 3 ans, on préconisera la réalisation un état d'avancement des dépenses tous les 6 mois et un état final. Pour un projet de 5 ans et plus, on préconisera réalisation un état d'avancement des dépenses tous les ans et un état final. Chaque état intermédiaire doit être documenté au mieux afin de faciliter le bilan final.</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Le suivi de l'indicateur permet d'établir un retour d'expérience sur les succès (p.ex. pas d'écart entre les budgets prévisionnel et réalisé), les difficultés (p.ex. lourdeurs administratives, décalage entre subventions attendues et réellement perçues) et les échecs (p.ex. SafN inachevée faute de moyens) de la mise en œuvre de la SafN au travers sa dimension économique. Il pourra être comparé à d'autres indicateurs (3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel p.142 et 3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif) p.227).</p>
Avantages	<p>Réalizable en interne (p.ex. services RH, financier) de la plupart des structures porteuses de projets de SafN (p.ex. collectivités, associations)</p> <p>Permet de valoriser économiquement les SafN et appuyer leur essaimage sur le territoire</p>
Limites, points de vigilance	<p>Si le coût prévisionnel est dépassé, il est recommandé de réaliser une analyse plus poussée de la situation afin de comprendre l'écart observé et d'anticiper à l'avenir.</p>
Critère(s) UICN	<p>Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable</p>
Commentaires	<p>En parallèle de cet indicateur, il est primordial d'estimer en amont des projets (démarche prospective) les retombées/bénéfices socio-économiques (notamment via les services écosystémiques) et écologiques que ces SafN sont susceptibles de générer à long terme (analyse coûts-bénéfices). Dans la mesure du possible, des protocoles de mesure de ces retombées/bénéfices permettraient la réalisation d'un retour d'expérience. Toutefois, pour un projet de SafN donné, la totalité des retombées/bénéfices produits peut être difficile à évaluer du fait de la complexité de leur monétarisation (CDC Biodiversité, 2019) (voir en complément la fiche 3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN p.136, ou encore la fiche 3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie p.209)</p>
Ressources complémentaires	
<p>CDC Biodiversité. (2019). Évaluation socio-économique des solutions fondées sur la nature. Mission économie de la biodiversité et Vertigo Lab, Paris, France, 40 p. Disponible ici : https://www.cdc-biodiversite.fr/news/parution-du-17e-biodiv2050-sur-levaluation-socioeconomique-des-solutions-</p>	

[fondees-sur-la-nature/](#)

Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.7 Emprise de la SafN sur les surfaces dévolues à d'autres activités économiques
Descriptif		
<p>Dans le cadre de la mise en œuvre de SafN pour un territoire résilient et pérenne face au changement climatique, l'indicateur « Emprise sur les surfaces dévolues à une autre activité économique » propose une démarche de suivi de l'incidence économique du projet de SafN. Le but est de suivre la pression induite sur le monde économique par la mise en œuvre de la SafN envisagée, du point de vue foncier.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Quelle est l'emprise du projet de SafN sur les surfaces dévolues à une autre activité économique ?	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur calcule la(les) surface(s) (en mètres carrés, en kilomètres carrés ou hectares) qui était(ent) dévolue(s), avant la mise en œuvre du projet de safN, à une activité économique et qui, après sa mise en œuvre, a (ont) perdu tout ou partie de son (leur) activité économique.</p> <p>Le calcul s'effectue à partir de bases de données géo-référencées d'occupation des sols. Par exemple, si l'on s'intéresse à l'activité agricole, il est possible d'obtenir les données auprès des Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (Safer).</p> <p>Les moyens et les coûts de mise en œuvre sont dépendants de la gratuité ou de l'achat de la base de données utilisée et du temps nécessaire à son analyse.</p>	
État de référence	L'indicateur est égal à zéro au début du projet.	
Échelle spatiale préconisée	Le suivi est à effectuer sur la totalité de l'emprise du projet de SafN.	
Échelle temporelle préconisée	Cet indicateur est à évaluer à la fin de la mise en œuvre du projet de SafN.	
Clé(s) d'interprétation	Plus la surface calculée est grande, plus la pression sur le monde économique exercée par la SafN est grande.	
Avantages	Simple, opérationnel, reproductible	
Limites, points de vigilance	<p>S'assurer que la perte d'activité économique pour une surface donnée est uniquement liée à la mise en œuvre du projet de SafN.</p> <p>Pour parfaire le suivi de l'incidence économique, il peut être utile de monétariser cette surface, c'est-à-dire de transformer cette surface en euros. Il convient alors d'être vigilant sur les prix à l'hectare ou au mètre carré utilisés. Ils doivent tenir compte de l'activité économique concernée et de la localisation.</p>	
Critère(s) UICN	Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable.	
Commentaires	Il peut être intéressant de compléter cet indicateur par des éléments de connaissance qualitatifs visant à mieux cerner si la perte locale d'activité économique sur le périmètre	

d'action (souhaité, attendu) de la SafN s'est traduite par une perte d'activité définitive ou d'un report/transfert/déplacement ailleurs. Exemples : L'activité économique perdue est relocalisée sur un autre site, quels sont les effets (avantages/inconvénients) ? Des aides (matériel, emplois aidés), dédommagements ou indemnisations ont-ils(elles) été perçues ? Si oui, pour quels besoins et grâce à quels dispositifs ? Si non, pour quelles raisons ?

Ressources complémentaires

Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie
Descriptif		
<p>La forêt et son exploitation sont un maillon central de l'économie des communes françaises et constituent une ressource importante. La filière bois-énergie en développement reste quant à elle controversée, les scientifiques mettant en avant l'importance des forêts pour la résilience globale des territoires au changement climatique (p.ex. puits de carbone, épuration et rétention des eaux, poumon vert de la terre).</p> <p>Des projets de SafN peuvent avoir une valeur ajoutée socio-économique. Par exemple, la plantation de haies bocagères notamment pour la préservation et la restauration de la biodiversité ou encore, l'adaptation au changement climatique (voir 3.2.24 Développement du linéaire bocager p.144) peut aussi répondre à un objectif de mise en place d'une filière bois-énergie à l'échelle d'un territoire. Par exemple, une étude conduite par le département du Calvados et les Cuma de Basse-Normandie sur une filière bois-énergie locale en 2018 a souligné la nécessité de développer la demande pour asseoir une véritable filière bois à l'échelle du territoire (Haie'nergie Normandie, 2018). Selon cette étude, le maillage bocager serait aujourd'hui en mesure de répondre aux besoins, et ce dans un rayon inférieur à 15 voire 10 km des éventuelles installations. Plusieurs chauffages utilisés dans des bâtiments communautaires (p.ex. écoles, gymnases) mais aussi des collèges et des gendarmeries pourraient avantageusement être remplacés par des chaudières à bois déchiqueté. Le développement de réseaux de chaleur, et de l'autoconsommation par les exploitants agricoles contribuerait également à mailler le territoire d'une demande stable permettant d'asseoir la filière.</p> <p>L'objectif de l'indicateur « Développement d'une filière bois-énergie » vise également à suivre le développement de filières de bois-énergie durables s'appuyant sur l'exploitation d'un réseau de haies existantes ou la plantation de nouvelles haies, le tout dans le respect du cycle de vie des espèces qui les utilisent comme habitats. En effet, les haies constituent des réservoirs de biodiversité. A ce titre, un projet de développement d'une filière haie-énergie s'inscrivant dans un cadre de SafN ne devrait pas porter atteinte aux espèces qu'elles abritent.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SaIN contribue-t-elle à favoriser la mise en place d'une filière bois-énergie durable grâce à l'exploitation du réseau de haies voire son développement ?	
Mise en œuvre	<p>Pour suivre le développement d'une filière bois-énergie durable s'appuyant sur le réseau bocager, il conviendra par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De mesurer annuellement le volume (m³ ou tonne) de bois déchiqueté collecté sur le territoire, • De mesurer annuellement le linéaire (m ou km) de haies exploitées, • De dénombrer les nouvelles structures équipées de chaudières à bois déchiqueté, • D'estimer la consommation de bois déchiqueté par les structures équipées de chaudières à bois déchiqueté et les économies réalisées, • De définir la superficie du territoire bénéficiant de cette ressource, • De dénombrer le nombre d'emplois créés. 	

	En parallèle, il sera impératif de s'assurer que le développement de cette filière bois-énergie se fait en cohérence avec le développement du réseau bocager (voir 3.2.24 Développement du linéaire bocager p.144) et qu'il n'altère en aucun cas la pérennité du réseau de haies et le maintien des espèces qui y vivent, s'y nourrissent, voire s'y reproduisent. Notamment, pour protéger les oiseaux pendant la période de nidification, l'OFB préconise de ne pas tailler les haies du 15 mars au 31 juillet (OFB, 2021, 2022).
État de référence	Réalisation d'un état initial (p.ex. volume de bois déchiqueté, structures déjà équipées de chaudières à bois déchiqueté, linéaire de haies exploitées).
Échelle spatiale préconisée	Linéaire bocager d'une commune, une communauté de communes, un département, une région
Échelle temporelle préconisée	L'indicateur doit être mis en œuvre annuellement.
Clé(s) d'interprétation	<p>Une augmentation annuelle du volume de bois déchiqueté issu du réseau bocager, du linéaire de haies exploitées, du nombre de nouvelles structures équipées de chaudières à bois déchiqueté, de la consommation de bois déchiqueté, des économies réalisées avec cette énergie de chauffage, de la superficie du territoire bénéficiant de cette ressource ou encore du nombre d'emplois créés, traduit un développement de la filière bois-énergie.</p> <p>L'augmentation de la production de la filière bois-énergie grâce au réseau bocager traduira l'accroissement de la résilience du territoire dès lors que le réseau bocager ne régresse pas, voire augmente.</p>
Avantages	Met en évidence les bénéfices économiques liés à un projet de SafN
Limites, points de vigilance	S'assurer que le développement de cette filière bois-énergie se fait en cohérence avec le développement du réseau bocager (3.2.24 Développement du linéaire bocager p.144) et qu'il n'altère en aucun cas la pérennité du réseau de haies.
Critère(s) UICN	<p>Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable</p> <p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples.</p>
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Efese. (2018). Les écosystèmes forestiers. Ministère de la transition écologique et solidaire – Commissariat général au Développement durable, 404 p. Disponible ici : https://www.vie-publique.fr/catalogue/23121-les-ecosystemes-forestiers</p> <p>Haie'nergie Normandie. (2018). La filière bois-énergie d'origine agricole. Bilan 2018. Civam, Cuma Normandie, 4p. Disponible ici : http://www.haienergienormandie.cuma.fr/sites/default/files/plaquette_haienergie_2018_1.pdf</p>	

Observatoire bois-énergie : <https://observatoire.franceboisforet.com/donnees-de-la-filiere/energie/>

Présentations et vidéos des Journées d'échanges techniques intitulées « Haies bocagères : liens de biodiversité dans les territoires », le 6 octobre 2021, OFB, Région Normandie et ANBDD : <http://www.genieecologique.fr/reference-biblio/presentations-et-vidéos-journees-dechanges-techniques-haies-bocageres-liens-de>

OFB (2021). Haies et bocages : des réservoirs de biodiversité. Page internet consultée le 04/05/2022. Disponible ici : <https://www.ofb.gouv.fr/haies-et-bocages-des-reservoirs-de-biodiversite>

OFB (2022). En période de nidification des oiseaux, l'OFB préconise de ne pas tailler les haies du 15 mars au 31 juillet. Page internet consultée le 04/05/2022. Disponible ici : <https://www.ofb.gouv.fr/actualites/en-periode-de-nidification-des-oiseaux-lofb-preconise-de-ne-pas-tailler-les-haies-du-15>

Pôle bocage et faune sauvage de l'Office français de la Biodiversité : <http://www.polebocage.fr/>

Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.9 Production de fourrage
Descriptif		
<p>Les SafN du type restauration hydromorphologique de zones humides ont souvent pour vocation de limiter l'effet du renforcement du stress hydrique agricole en période d'étiage. Cependant, l'intérêt des zones humides pour les agriculteurs peut aller au-delà. Par exemple, les parcelles de marais peuvent offrir des pâtures intéressantes en qualité et en quantité selon la gestion hydraulique (Idele 2018). Certains types de zones humides sont aussi utilisées pour la production de fourrage. Ainsi, pendant la période estivale notamment, caractérisée par des problématiques de disponibilité d'eau qui vont s'accroître au fil du temps (changement climatique), la présence de zones humides a un effet positif sur la production de fourrage (source estivale de fourrage vert). A l'inverse, l'absence de zones humides peut conduire à une nécessité d'importer davantage de fourrage. Autrement dit, la présence de zones humides permet de limiter l'importation de fourrage en période estivale et d'accroître l'autonomie fourragère des agriculteurs.</p> <p>Or, plus l'exploitation agricole sera autonome pour le nourrissage de ses animaux, en quantité et en qualité, plus l'éleveur sera sécurisé, l'amenant à être moins dépendant de l'achat à l'extérieur de fourrages et/ou de concentrés (Chambre d'agriculture de la Moselle, 2021).</p> <p>L'indicateur « Production de fourrage » peut s'appuyer sur le calcul de l'augmentation de l'autonomie fourragère de l'exploitation agricole. En effet, augmenter l'autonomie fourragère d'un élevage revient à réduire sa dépendance en utilisant davantage de fourrages produits sur l'exploitation (Rouillé et al. 2014).</p>		
Question(s) évaluative(s)	Quels sont les bénéfices socio-économiques de la SafN déployée en matière de production de fourrage et donc, d'autonomie fourragère de l'exploitation agricole ?	
Mise en œuvre	<p>La dépendance fourragère fait référence aux achats de fourrages réalisés par un élevage pour nourrir ses animaux, tandis que l'autonomie fourragère fait référence aux fourrages produits sur l'exploitation et consommés (Rouillé et al. 2014).</p> <p>D'après <i>dicoAE</i> (2021), « L'autonomie fourragère s'évalue par le rapport entre la part des aliments grossiers (fourrages verts, fourrages déshydratés, pailles et certains sous-produits agroalimentaires fibreux) produits sur la ferme et consommés par le troupeau, sur la totalité des aliments grossiers consommés par le troupeau (en unités massiques, énergétiques, ou protéiques). »</p> <p>Ainsi, l'autonomie fourragère peut être estimée en faisant le rapport entre la quantité de fourrage produit (tonnes) sur une exploitation et la quantité de fourrage consommé (tonnes) par les animaux de cette exploitation. Elle est exprimée en pourcentage.</p>	
État de référence	<p>Le pourcentage d'autonomie fourragère de l'exploitation agricole avant la création ou la restauration d'une zone humide (ou tout autre SafN) sur le site de l'exploitation constituera l'état initial.</p> <p>Une exploitation agricole dans le même secteur à superficie comparable, exploitant des parcelles sans SafN susceptible de favoriser sa production fourragère pourrait faire office de site témoin.</p>	

Échelle spatiale préconisée	L'exploitation agricole.
Échelle temporelle préconisée	Bilan annuel.
Clé(s) d'interprétation	Une argumentation de l'autonomie fourragère de l'exploitation agricole est attendue grâce à la mise en œuvre de la SafN.
Avantages	Met en évidence les bénéfices économiques liés au projet de SafN.
Limites, points de vigilance	<p>Certains facteurs sont peu ou non maîtrisables par l'éleveur, et peuvent compliquer l'interprétation de l'indicateur. Le contexte pédoclimatique détermine notamment les potentiels de rendements de l'herbe tandis que les conditions climatiques de la campagne fourragère influencent les niveaux d'autonomie de l'exploitation d'une année sur l'autre (Rouillé et al. 2014).</p> <p>Les territoires où ce type de projet de SafN sont mis en place avec une visée socio-économique doivent par ailleurs veiller à ce que les zones de pâturage et prairies fourragères d'ores et déjà en place sur le territoire soient maintenues notamment en évitant leur retournement en cultures. Cette limite plaide donc pour un suivi de l'indicateur au-delà du site d'intervention et des exploitations directement concernées, à l'échelle du territoire.</p>
Critère(s) UICN	<p>Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable</p> <p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples.</p>
Commentaires	D'après la Chambre d'agriculture de la Moselle (2021), l'autonomie alimentaire offre des avantages économiques (p.ex. autosuffisance), environnementales (p.ex. amélioration du bilan carbone par la réduction du transport de soja) et sociales (collaboration entre exploitants via des systèmes d'échanges locaux).

Ressources complémentaires

Témoignage Idele 2018 :

https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/APEX_temoignage4_Concilier_production_autonomie_fourragere.pdf

Exemple d'initiatives régionales vers l'autonomie fourragère : <https://moselle.chambre-agriculture.fr/productions-agricoles/herbes-et-fourrages/autonomie-alimentaire-et-reorganisation-fourragere/> (Consulté le 28/10/2021).

Rouillé B., Devun J. & Brunschwig O. (2014). L'autonomie alimentaire des élevages bovins français. Oilseeds & fats Crops and Lipids, 21 : 1-5. Disponible ici : <https://www.ocl-journal.org/articles/ocj/pdf/2014/04/ocj140017.pdf>

Dictionnaire d'agroécologie *dicoAE* : <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/autonomie-alimentaire-en-concentres-et-fourragere/> (Consulté le 28/10/2021).

Résultats	Co-bénéfices sociaux et économiques	3.4.10 Stock de carbone
Descriptif		
<p>Outre leur rôle en matière d'adaptation, les SafN sont susceptibles de participer à l'atténuation du changement climatique, soit en limitant les émissions de gaz à effet de serre (p.ex. en intervenant en remplacement d'une solution grise émettrice), soit parce qu'elles favorisent le stockage du carbone. Le stockage du carbone correspond au maintien de carbone dans un réservoir de carbone comme les océans, les sols ou les forêts (Efese 2019). On dénombre plusieurs compartiments de stockage du carbone : la biomasse vivante d'une part, qui comprend la biomasse vivante, aérienne et souterraine et les sols et les sédiments d'autre part (Efese 2019). Les SafN peuvent permettre d'accroître la quantité stockée dans la biosphère (principalement les végétaux) et dans les sols. Les méthodes associées à la mesure directe ou à l'estimation de ces stocks de carbone sont distinctes, et succinctement décrites dans cette fiche.</p>		
Question(s) évaluative(s)	La SafN participe-t-elle au stockage du carbone ?	
Mise en œuvre	<p>Dans une approche simplifiée, on peut estimer le stock de carbone généré par la SafN à partir de la qualification des biomes concernés et l'estimation des surfaces de chacun d'eux. Il existe en effet des valeurs théoriques de stock de carbone associées à ces biomes et référencées (voir Ressources complémentaires). Cette approche ne fonctionne que si la SafN représente une mesure radicale de substitution d'un biome par un autre (p.ex. substitution d'un biome de type grand culture vers une forêt tempérée mature). Le stock de carbone généré par des changements plus subtils (p.ex. modifications de pratiques culturales) sera indétectable.</p> <p>Le stock de carbone organique dans le sol est la quantité totale de carbone contenue dans un volume de sol donné. Il s'exprime généralement en masse de carbone (kgC ou TC) par unité de surface (m² ou ha), pour une profondeur donnée. Cette valeur peut être obtenue sur des échantillons de terre après des opérations de tamisage, séchage et pesée.</p> <p>Le stock de carbone de la biomasse végétale recoupe la quantité de carbone stockée dans les parties aériennes et souterraines des végétaux (ligneux). Il s'exprime généralement en masse de carbone (pour un individu donné), éventuellement en masse de carbone par unité de surface. Il fait l'objet d'estimation plutôt que de mesures directes. Ces estimations peuvent se faire à l'aide mesures morphologiques des végétaux faites lors d'inventaires forestiers (diamètre du tronc des ligneux) et via des équations allométriques liant ce diamètre à une biomasse aérienne et souterraine. Elles peuvent également être réalisées par télédétection, idéalement des techniques laser (Lidar) permettant d'estimer la hauteur et la structure verticale de la végétation. L'incertitude des données télédéteectées est supérieure à celle des inventaires.</p>	
État de référence	L'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur le stock de carbone est la valeur de stock de carbone sur le site d'intervention avant l'intervention (état initial).	
Échelle spatiale préconisée	Le stock de carbone doit être déterminé à l'échelle du projet, mais peut reposer sur des mesures ponctuelles sur quelques placettes.	

Échelle temporelle préconisée	Les stocks de carbone évoluent lentement. La mesure (ou estimation) peut donc être réalisée avant l'intervention (SafN) puis à t+5 et t+10 ans après intervention.
Clé(s) d'interprétation	Le stock de carbone organique dans le sol oscille de 20 TC/ha à plus de 100 tC/ha selon les types de sols, de pratiques culturales, etc. Il est maximal dans les forêts et les prairies. Le stock de carbone dans les végétaux varie dans une gamme comparable, et est maximal dans les forêts d'arbres à grand développement (jusqu'à 1000tC/ha dans les forêts de séquoias géants).
Avantages	Intérêt de ces indicateurs en lien avec les démarches Bas-Carbone
Limites, points de vigilance	Le stockage seul n'est pas synonyme d'un retrait net de carbone par la SafN (travaux ou entretien de la SafN : poste d'émissions potentielles de CO ₂ et autres gaz à effet de serre)
Critère(s) UICN	Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples
Commentaires	

Ressources complémentaires

Valeurs de stock de carbones de différents biomes, distinguées pour les compartiments sols et végétation :

Robert M. & Saugier B. (2003). Contribution des écosystèmes continentaux à la séquestration du carbone. Comptes Rendus Geoscience, 335: 577-595. Disponible ici : [https://doi.org/10.1016/S1631-0713\(03\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S1631-0713(03)00094-4)

Efese (2019). La séquestration de carbone par les écosystèmes en France. Thema Mars 2019, analyses. 102 p. Disponible ici : <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/donnees-et-ressources/ressources/publications/article/efese-la-sequestration-de-carbone-par-les-ecosystemes-en-france>

Définition du stock de carbone dans les sols, clés pour sa mesure :

Pellerin S. & Bamière L. (pilotes scientifiques) (2019). Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 12 p. Disponible ici : https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-4-pour-1000-resume-en-francais-pdf-1_0.pdf

Description de l'indicateur « 1.1 Carbon removed or stored in vegetation and soil » (p.20) :

European Commission. (2021) Evaluating the impact of nature-based solutions: Appendix of methods. Luxembourg: Publications Office of the European Union.1177p. Disponible ici : <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

Outil Arboclimat de l'ADEME pour évaluer le stock de carbone d'un scénario de plantation d'arbres et d'arbustes : <http://www.arbre-en-ville.fr/arboclimat/>

Outil I-Tree de l'US Department of Agriculture pour évaluer le stock de carbone de la canopée urbaine : <https://www.itreetools.org/>

Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) : <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

3.5 Indicateurs de gouvernance

Sont regroupés dans cette partie les différents indicateurs qui permettent de suivre la qualité de la gouvernance du projet, du point de vue des pratiques mises en place (p.ex. gouvernance inclusive, démarches participatives).

Certains de ces indicateurs peuvent être associés à des objectifs définis du projet (p.ex. co-construire la démarche avec une population cible, identifiée par le porteur de projets), et pourront donc qualifier l'atteinte de cet objectif. D'autres relèvent plutôt des signes positifs de la vitalité du projet et des moyens associés (p.ex. la tenue d'ateliers de co-construction) mais n'apportent pas d'indication quant à la qualité de la démarche (p.ex. multiplier les ateliers comme garantie d'une gouvernance inclusive car un indicateur dénombrant le nombre d'ateliers est proposé dans ce référentiel).

Pour les porteurs de projets amenés à intervenir sur un foncier initialement non maîtrisé, dont la mise en œuvre de la SafN repose sur un achat ou un partenariat avec le propriétaire ou l'exploitant, la gouvernance inclusive peut avoir un objectif de résultats (faciliter ces démarches). A ce titre, le volet gouvernance du présent référentiel intègre des indicateurs liés à la maîtrise foncière, élargie ici de la propriété à toute forme de sécurisation d'un foncier donné permettant la mise en œuvre du projet de SafN.

Pour en permettre une lecture cohérente, les indicateurs sont regroupés de la façon suivante :

- Indicateurs « **Gouvernance inclusive** »,
- Indicateurs de « **Maîtrise foncière** ».

Les fiches sont construites de manière à pouvoir se prêter à des projets, acteurs et situations variés, que le programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN ne peut représenter en totalité. La sélection présentée ici est donc encore une fois dépendante des objectifs de chacun de ces projets, des moyens que peuvent allouer les porteurs de projets pour le suivi de la gouvernance. La liste proposée n'est donc pas exhaustive et peut naturellement être complétée.

Indicateurs « Gouvernance inclusive »

Moyens	Gouvernance	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN
Descriptif		
<p>Pour suivre la réussite des processus participatifs (processus particulièrement recommandé pour la mise en œuvre de SafN), le nombre de structures prenant part aux projets de SafN, les modalités et leur degré de participation ainsi que leur(s) rôle(s) (consultation – concertation- coproduction, codécision, doivent être pris en compte afin de mesurer l’implication des parties prenantes aux différentes étapes des projets.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Le projet de SafN a-t-il permis d’associer une pluralité d’acteurs et de structures ? Le public ayant participé était-il diversifié (p.ex. origine géographique, âge, genre, catégories socio-professionnelles, acteurs associatifs, acteurs économiques, collectivités, habitants) ?</p> <p>Le projet a-t-il permis d’associer certains groupes/catégories d’acteurs ciblés au préalable (enjeux particuliers) ? La participation a-t-elle inclus tous les publics concernés ? Une démarche pro-active pour associer les publics les moins disponibles ou les moins enclins à participer a-t-elle été mise en place ?</p> <p>La participation du public est-elle intervenue suffisamment en amont et tout au long de l’élaboration du projet ?</p> <p>Les structures et acteurs associés l’ont-ils été à toutes les étapes du projet ? À des étapes clés ? Selon quel rythme ? Avec quel(s) rôle(s) (consultation, concertation, coproduction, codécision) ? Les structures et acteurs associés au projet ont-ils le sentiment d’avoir influencé les décisions liées à au projet de SafN ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Nombre de structures prenant part à la mise en œuvre de la SafN</p> <p>Il s’agit de comptabiliser le nombre de structures et/ou nombre de personnes impliquées dans le projet de SafN. Pour cela, il convient de tenir une liste exhaustive des structures et des personnes référentes/contacts pour le projet de SafN. Cette liste peut nécessairement être amenée à évoluer au fur et à mesure du projet. Le nombre de structures prenant part au projet de SafN peut notamment être recensé à diverses phases du projet : le diagnostic initial, le choix de conception de la SafN (p.ex. sélection de sites, définition fine des travaux envisagés), son suivi et son ajustement le cas échéant (gestion adaptative) et tout autre phase présentant un enjeu pour le projet (p.ex. travaux si chantier participatif).</p> <p>Il convient également de faire remplir à chaque réunion, atelier, comité (technique, pilotage, etc.) et autres temps de rencontre une feuille de présence aux participants. Cette feuille de présence doit pouvoir permettre de renseigner les champs d’intérêt spécifique le cas échéant (p.ex. structures, professions et catégories socioprofessionnelles [PCS], coordonnées, commune d’origine, âge, sexe).</p> <p>Un questionnaire peut également être soumis avec des questions à choix de réponses multiples ou à réponse libre. Les questions peuvent porter sur : leurs participations antérieures à des réunions, ateliers en lien avec le projet ; la prise de connaissance du projet, de l’invitation par les participants (afin d’améliorer le processus de communication et d’information du public) ; l’évaluation de la réunion et la satisfaction des participants, etc.</p>	

Le porteur de projet peut s'appuyer sur des outils pour formaliser sa démarche et ses suivis, comme la boussole de la participation proposée par le Cerema¹⁴ (volet « pas-à-pas »).

Modalités et degrés de participation

Il est également recommandé de suivre les modalités et degrés de participation des structures/personnes au cours du temps du projet de SafN (p.ex. assidue, régulière, sporadique). En effet, le degré d'implication peut changer d'une réunion ou d'un atelier à l'autre (dynamiques variables selon les structures en présence et ordres du jour), et au cours des phases du projet. Il peut être renseigné par le porteur de projet à l'issue de chaque phase, ou faire l'objet d'un suivi plus fin et renseigné par les participants eux-mêmes au cours du processus.

Techniquement, il existe des grilles de classification du degré de participation des structures, des personnes comme l'échelle de participation d'Arnstein (1969) ou le cube de la démocratie (Fung, 2006). Ces grilles peuvent être adaptées selon les projets. L'échelle de la participation de Arnstein (1969) a par exemple été adaptée dans le cadre du programme UnaLAB (Wendling et al. 2020) selon 5 niveaux de participation : (1) Non participation, (2) Information simple ou information avec consultation sans garantie de prise en compte des retours, (3) Invitation des groupes ou structures cibles, à formuler des recommandations et propositions que juge seul le maître d'ouvrage, (4) Partenariat : négociation entre les groupes ou structures cibles et le maître d'ouvrage, responsabilité commune dans la prise de décision et (5) Délégation de pouvoir ou contrôle direct par les groupes ou structures cibles.

Selon la nature du projet de la SafN et ses objectifs, il est possible d'analyser l'implication des parties prenantes aux différentes étapes du projet et de recenser la participation de **certains groupes/catégories d'acteurs cibles en nombre d'individus** (p.ex. nombre de citoyens, nombre de citoyens distingués selon leurs professions et catégories socioprofessionnelles, nombre d'agriculteurs éleveurs *versus* agriculteurs céréaliers).

Nature de l'implication, Rôle(s) (consultatif/décisionnel, réel/perçu)

Enfin, il est recommandé d'introduire une dimension plus qualitative afin de définir la nature de l'implication, le rôle de ces parties prenantes tout au long du projet (p.ex. pour s'informer, pour partager leur expertise, pour prendre part aux décisions). Pour cela, deux approches pourront être conduites afin d'éclairer encore plus le caractère effectivement inclusif de la gouvernance :

- S'assurer de la bonne compréhension de ce rôle et de son acceptation dès le début de l'implication d'une partie prenante, définir clairement son(ses) rôle(s) dans le cadre du projet de SafN (p.ex. informés, consultatifs, décisionnels),
- Décrire comment ce rôle a été vécu ainsi que l'influence perçue par la partie prenante aux différentes phases du projet dans lesquelles elle est impliquée.

Cela peut se passer au cours d'entretien ou à l'aide de questionnaires. Il est possible d'adapter pour les besoins du projet des grilles existantes, qui se prêtent à des questionnaires (auto)administrés en marge des réunions et ateliers liés à la SafN. Le projet *H2020 Connecting Nature* en recense quelques exemples (Grootaert et al.,

14 <https://www.cerema.fr/fr/actualites/boussole-participation-application-organiser-suivre>

	2004).
État de référence	<p>Le point de comparaison est optionnel. Il peut s'agir pour un porteur de projet de mener une analyse visant à mesurer le caractère inclusif/participatif de ses projets de SafN comparativement à d'autres types de projets (tout type confondu) ou comparativement à d'autres projets de SafN (succès ou échec du caractère inclusif).</p> <p>Notamment, si l'on souhaite montrer qu'un projet de SafN est plus participatif qu'un projet d'un autre type mené par le porteur.</p> <p>Pour chaque analyse, les données collectées sur des projets d'autres natures ou des projets de SafN constitueront les états de référence.</p>
Échelle spatiale préconisée	A l'échelle d'un site/projet dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN. Applicable à tout site/projet d'un territoire donné afin de promouvoir la mise en œuvre de SafN.
Échelle temporelle préconisée	Les données d'entrée issues des listings, des feuilles de présence ou des questionnaires sont récoltées au gré des réunions, ateliers et autres événements liés à la SafN. Ces données d'entrée sont agrégées à l'issue des différentes étapes de projet (p.ex. diagnostic, définition de la nature des travaux), dont la durée peut être variable, pour former l'indicateur.
Clé(s) d'interprétation	Une implication de diverses parties prenantes (et donc un indicateur de valeur élevée) peut être recherché (grand nombre de structures impliquées, nombreuses personnes dans un groupe cible). Néanmoins, il convient d'être prudent et d'intégrer une dimension qualitative à l'analyse. Si de nombreuses structures sont systématiquement associées, mais l'une d'entre elle est seule en position récurrente d'autorité, l'indicateur peut être plus élevé que lorsqu'un nombre réduit de structures est impliqué avec un pouvoir réparti. (diversité. Le renseignement de cet indicateur doit donc s'accompagner d'une analyse du degré de participation de chacune des structures, des groupes cibles, ce en particulier pour les groupes et structures peu représentés dans ce type de démarches.
Avantages	<p>Collecte des données peu coûteuse</p> <p>Lisible et compréhensible pour communication extérieure</p> <p>Adaptable à des enjeux spécifiques du projet (groupe cible, phase d'intérêt)</p>
Limites, points de vigilance	<p>Récolte d'éléments qualitatifs nécessaire pour l'interprétation</p> <p>Ne reflète pas nécessairement une bonne/mauvaise gouvernance</p>
Critère(s) UICN	Gouvernance inclusive / 5. Les projets reposent sur des processus de gouvernance inclusifs, transparents et responsabilisant
Commentaire	<p>Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes). Lié à l'indicateur 3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes p.223.</p> <p>Il appelle également à d'autres questions que le porteur de projets pourra explorer</p>

selon ses besoins et sa capacité à collecter des éléments de preuve. Exemples de questions :

- Les objectifs et les règles de la participation au projet de SafN ont-ils clairement été formalisés ? Le cadre et les règles du jeu de la participation ont-ils été clairs et communiqués aux parties prenantes ?
- Les modalités de mise en œuvre de la participation ont-elles été satisfaisantes ?
- Les apports de la participation ont-ils été pris en compte aux étapes clés du projet de SafN ?
- Existe-t-il une instance permanente de participation dans le cadre du projet de SafN ?

Ressources complémentaires

Outils :

Boussole de la participation du Cerema : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/boussole-participation-application-organiser-suivre>

Ressources documentaires :

ADCF (2019). Concertation à l'échelle intercommunale, 112p. Disponible ici : <https://www.adcf.org/files/THEME-Insitutions-et-pouvoirs-locaux/AdCF-Guide-Concertation-18x24-PAGE-A-PAGE.PDF>

Arnstein S. R. (1969). A ladder of citizen participation. Journal of the American Institute of planners, 35(4) : 216-224.

Fung A. (2006). Public administration review, 66 : 66-75. Disponible ici : <https://organizingengagement.org/models/varieties-of-participation/>

Grootaert, C., Narayan, D., Jones, V.N., & Woolcock, M. (2004). Measuring Social Capital: An Integrated Questionnaire. World Bank Working Paper 18. Washington D.C.: World Bank. Disponible ici : <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/15033/281100PAPER0Measuring0social0capital.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Institut de la Concertation et de la Participation Citoyenne avec la contribution de Planète Citoyenne et du Cerema (2022). L'évaluation de la participation. Principes et recommandations, 22p. Disponible ici, avec d'autres ressources de l'Institut : : <https://i-cpc.org/focus-sur/evaluation-de-la-participation/>

Wendling L., Rinta-Hiiri V., Jermakka Fatima Z., Ascenso A., Miranda A.I., Roebeling P., Ricardo M. & Mendonça R. (2019). Performance and Impact Monitoring of Nature-Based Solutions. UnaLab, D3.1 Deliverable, 229 p. Disponible ici : <https://unalab.eu/system/files/2020-02/d31-nbs-performance-and-impact-monitoring-report2020-02-17.pdf>

European Commission. Directorate General for Research and Innovation. 2021. *Evaluating the impact of nature-based solutions: Appendix of methods*. Publications Office. 117 p. Disponible ici : <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

Moyens	Gouvernance	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN
Descriptif		
<p>En complément du recensement des parties prenantes impliquées au cours du projet de SafN, il est proposé de mettre l'accent sur les nouvelles collaborations construites tout au long de la vie du projet (montage, mise en œuvre). Par nouvelles collaborations, nous pouvons entendre un resserrement de la relation (p.ex. passer de la simple information sur la SafN à l'intégration du Copil de suivi de la SafN). Dans le cas de structures avec un grand nombre de services (p.ex. services de l'État, collectivité de l'échelon supérieur), il est possible de recenser comme nouvelle collaboration la collaboration avec un service avec lequel le porteur de projet n'était pas en collaboration auparavant.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Le projet de SafN amène-t-il à associer d'autres parties prenantes, à développer de nouvelles collaborations ?	
Mise en œuvre	Il s'agit de comptabiliser le nombre de nouvelles collaborations au fur et à mesure de la vie du projet. Ces informations (données d'entrée) sont collectées au gré des réunions, des ateliers, des formalisations de conventions et autres événements liés à la SafN.	
État de référence	<p>Le point de comparaison est optionnel. Il peut s'agir pour un porteur de projet de mener une analyse visant à comptabiliser le nombre de nouvelles collaborations développées dans le cadre de son projet de SafN comparativement à d'autres types de projets (tout type confondu) ou à d'autres projets de SafN. Notamment, si l'on souhaite montrer qu'un projet de SafN est plus participatif qu'un projet d'un autre type mené par le porteur.</p> <p>Pour chaque analyse, les données collectées sur des projets d'autres natures ou des projets de SafN constitueront les états de référence.</p>	
Échelle spatiale préconisée	A l'échelle d'un site/projet dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN. Applicable à tout site/projet d'un territoire donné afin de promouvoir la mise en œuvre de SafN.	
Échelle temporelle préconisée	L'indicateur peut être calculé à différentes étapes clés des projets (p.ex. diagnostic, définition de la nature des travaux).	
Clé(s) d'interprétation	L'implication d'un grand nombre de nouvelles parties prenantes (et donc un indicateur de valeur élevée) peut être recherchée. Néanmoins, il convient d'être prudent et d'intégrer une dimension qualitative à l'analyse, par exemple sur la plus-value de ces nouvelles collaborations pour la démarche.	
Avantages	Collecte des données peu coûteuse	
Limites, points de vigilance	Ne reflète pas nécessairement une bonne/mauvaise gouvernance	
Critère(s) UICN	Gouvernance inclusive / 5. Les projets reposent sur des processus de gouvernance inclusifs, transparents et responsabilisant	
Commentaires	Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes).	
Ressources complémentaires		

Moyens	Gouvernance	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes
Descriptif		
<p>Le nombre d'ateliers, rencontres, réunions, comités, etc. organisés avec tout ou une partie des parties prenantes du projet de SafN est un indicateur de la qualité des processus participatifs. Le rythme de ces rencontres peut aussi être source d'information sur la qualité du processus de co-construction. Il est également possible de relever les objectifs généraux de la rencontre (p.ex. simple information, récolte des attentes, des préférences, identification de compromis, co-construction), afin de pouvoir a posteriori ventiler le nombre d'atelier par ces objectifs. Pour affiner en un jeu d'indicateurs et mieux analyser quand ont été associées ces parties prenantes, il est possible de les recenser à diverses phases du projet.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Les différentes parties prenantes du projet de SafN sont-elles ou ont-elles été associées de manière régulière et tout au long de la réalisation du projet ?</p>	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit de comptabiliser chaque occurrence d'ateliers, rencontres, réunions, comités, etc. impliquant le porteur du projet et d'autres parties prenantes.</p> <p>Il est recommandé de tenir un calendrier précis de ces rencontres afin de pouvoir analyser le processus participatif au travers de la quantité de temps d'échanges collectifs organisés pour la co-construction du projet.</p> <p>Il convient également de joindre quelques éléments descriptifs des ateliers (p.ex. objectifs, type et contenu des propositions des participants, décisions, suites réservées aux propositions des parties prenantes (intégration dans le projet de SafN ou non), explications des suites réservées, appel ou non à un tiers, garant du processus participatif ou à des participants ayant cette fonction).</p> <p>Pour décrire le déroulé des ateliers, il convient de rajouter les éléments qualitatifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • État d'esprit et ambiance des débats : les participants ont-ils agi dans un esprit d'écoute, de bienveillance, de respect, d'ouverture, de sincérité, de loyauté ? • Acceptation des divergences : les divergences de points de vue ont-elles été respectées comme un élément susceptible d'améliorer la qualité du projet ? • Implication des participants : les participants se sont-ils appropriés le projet ? Ont-ils argumenté leurs positions et pris en compte l'intérêt collectif du projet ? Ont-ils eu une attitude constructive dans la façon de le discuter ? • Égalité de l'accès à l'information, à la parole, à l'écoute : l'égal accès à l'information, la parole, l'écoute a-t-il été garanti pour tous les participants ? • Équivalence de traitement des points de vue exprimés : une égale attention a-t-elle portée à la parole de chacun ? • Capacité d'initiative : le processus participatif a-t-il encouragé les propositions et initiatives des participants ? • Les outils : les méthodes et outils participatifs utilisés ont-ils été de qualité et 	

	<p>diversifiés ?</p> <p>A chaque étape du processus participatif (une étape peut comporter plusieurs ateliers), le porteur de projet doit s'assurer de la reddition des comptes (p.ex. bilan du processus participatif et de la manière dont les contributions des parties prenantes ont été prises en compte). Ce temps de bilan peut servir la qualification d'indicateurs complémentaires (p.ex. nombre de contributions prises en compte, leur degré).</p> <p>Les compte-rendus peuvent servir de donner d'entrée s'ils sont systématiques.</p> <p>Ces informations (données d'entrée) doivent être collectées à diverses phases du projet : diagnostic, choix de conception des SafN (p.ex. sélection de sites, définition fine des travaux envisagés), suivi et révisions des SafN (gestion adaptative), autres phases présentant un enjeu pour le site (p.ex. travaux si chantier participatif).</p> <p>Le porteur de projet peut s'appuyer sur des outils pour formaliser sa démarche et ses suivis, comme la boussole de la participation proposée par le Cerema¹⁵ (volet « pas-à-pas »).</p>
État de référence	<p>Le point de comparaison est optionnel. Il peut s'agir pour un porteur de projet de mener une analyse visant à comptabiliser le nombre d'ateliers, rencontres, réunions, comités, etc. (impliquant le porteur du projet et d'autres parties prenantes) développées dans le cadre de son projet de SafN comparativement à d'autres types de projets (tout type confondu) ou à d'autres projets de SafN. Notamment, si l'on souhaite montrer qu'un projet de SafN est plus participatif qu'un projet d'un autre type mené par le porteur.</p> <p>Pour chaque analyse, les données collectées sur des projets d'autres natures ou des projets de SafN constitueront les états de référence.</p>
Échelle spatiale préconisée	<p>A l'échelle d'un site/projet dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN. Applicable à tout site/projet d'un territoire donné afin de promouvoir la mise en œuvre de SafN.</p>
Échelle temporelle préconisée	<p>Les données d'entrée sont récoltées au gré des réunions, ateliers et autres événements liés à la SafN. Elles peuvent être ensuite agrégées à l'issue des différentes étapes clés du projet (p.ex. diagnostic, définition de la nature des travaux). Elles peuvent aussi être agrégées selon la nature des rencontres (p.ex. réunion d'information, Copil, Cotech, réunion de chantier).</p>
Clé(s) d'interprétation	<p>Un nombre élevé d'ateliers, rencontres, réunions, comités, etc. (et donc un indicateur de valeur élevée) peut être recherché. Néanmoins, il convient d'être prudent dans l'analyse, dans la mesure où la multiplication des temps de rencontres du porteur de projets avec d'autres parties prenantes n'est ni synonyme de la qualité de ces moments ni de l'adhésion des parties prenantes à la démarche. Il traduit en revanche la volonté de co-construction du porteur de projet et l'effort investi dans le processus participatif.</p> <p>Intégrer des retours qualitatifs, par exemple en rendant systématique le questionnement des participants par l'organisateur en fin d'atelier, réunions, échanges, etc. permet de compléter cet indicateur, à condition de formaliser et conserver ces éléments (p.ex. distribution d'une feuille d'expression en fin de rencontre permettant de répondre à 2-3 questions avant de partir) .</p>

¹⁵ <https://www.cerema.fr/fr/actualites/boussole-participation-application-organiser-suivre>

Avantages	<p>Collecte des données peu coûteuse et mutualisable avec d'autres indicateurs de gouvernance</p> <p>Lisible et compréhensible pour communication extérieure</p>
Limites, points de vigilance	<p>En l'absence d'éléments complémentaires qualitatifs, ne reflète pas nécessairement l'adhésion à la démarche de la part des structures cibles.</p> <p>Récolte d'éléments qualitatifs nécessaire pour l'interprétation.</p> <p>Ne reflète pas nécessairement une bonne/mauvaise gouvernance.</p>
Critère(s) UICN	<p>Gouvernance inclusive / 5. Les projets reposent sur des processus de gouvernance inclusifs, transparents et responsabilisant</p>
Commentaires	<p>Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes). Lié à l'indicateur 3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN p.218.</p>
Ressources complémentaires	
<p>Boussole de la participation du Cerema : https://www.cerema.fr/fr/actualites/boussole-participation-application-organiser-suivre</p>	

Indicateurs « Maîtrise foncière »

Moyens / Réalisations	Gouvernance	3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)
Descriptif		
<p>Dans le cas où le porteur de projets n'a pas la maîtrise initiale totale des terrains où se déploie(ra) la SafN, et dans un contexte où la maîtrise repose sur la coordination, l'accord avec d'autres acteurs et propriétaires, un indicateur de surface de terrain maîtrisé ou à acquérir (ramenée à la surface définie comme objectif) peut constituer un indicateur (partiel) de bonne santé ou, au contraire, d'enjeux du projet en matière de gouvernance.</p> <p>La notion de maîtrise est à définir par le porteur de projet, la propriété n'étant pas forcément nécessaire à la mise en œuvre de la SafN. La notion peut changer de définition au cours du projet (p.ex. évolutions réglementaires éventuelles, nouvelles stratégies identifiées). En revanche, la surface de mise en œuvre, définie au préalable, doit rester la même.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Les terrains sur lesquels la mise en œuvre de la SafN est prévue sont-ils maîtrisés ? Si oui, de quelles façons ?	
Mise en œuvre	<p>Il s'agit de définir, comparativement à la surface de mise en œuvre de la SafN, d'une part le pourcentage de terrain (ratio de surfaces) dont la maîtrise est totale et, d'autre part, le pourcentage de terrain à acquérir. Il convient donc de connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la surface prévue pour la mise en œuvre de la SafN, • la surface de terrain maîtrisé sur cette surface de mise en œuvre prévue, • la surface de terrain à acquérir sur cette surface de mise en œuvre prévue. <p>Concernant les surfaces de fonciers à acquérir sur la surface de mise en œuvre de la SafN, les négociations peuvent porter sur une acquisition, une convention de gestion, etc., selon la nature du projet et du mode de maîtrise souhaité.</p>	
État de référence	<p>L'état initial est le pourcentage de terrain acquis avant le lancement du projet de SafN. Si la valeur n'est pas de 100 %, cela implique que le projet de SafN inclue une étape de négociation avec le/les propriétaires des terrains non maîtrisés. Le pourcentage doit augmenter jusqu'à atteindre dans l'idéal la valeur de 100 %.</p> <p>Le point de comparaison est optionnel mais peut être un projet de SafN du porteur de projets pour lequel des efforts de négociation ont été entrepris pour des acquisitions foncières. La fructuosité ou, à l'inverse, les échecs des négociations peuvent être mises, de manière qualitative, en parallèle afin d'identifier les freins à l'acquisition et les leviers à tester par la suite pour lever ces freins.</p>	
Échelle spatiale préconisée	A l'échelle d'un site/projet dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN. Applicable à tout site/projet d'un territoire donné afin de promouvoir la mise en œuvre de SafN.	
Échelle temporelle préconisée	Il convient d'actualiser chaque année et en fin de projet la surface maîtrisée et la surface à acquérir par le porteur de projet.	
Clé(s) d'interprétation	Le pourcentage de surface maîtrisée doit augmenter au cours du projet de SafN au gré des acquisitions, des conventions, des partenariats. À l'inverse, le pourcentage de	

	<p>surface à acquérir doit diminuer. À l'interface de ces indicateurs de bonne santé/fragilité du projet de SafN, il est également possible d'expliciter le pourcentage de surface en cours de négociation/d'acquisition afin d'avoir une vue la plus à jour de l'évolution des démarches autour du foncier.</p> <p>Le pourcentage de surface maîtrisée peut éventuellement dépasser 100 % par exemple quand des fonds complémentaires pour le projet de SafN sont trouvés ou bien, si le budget a été surestimé au départ permettant ainsi d'élargir le périmètre initialement défini pour la mise en œuvre de la SafN.</p> <p>Il convient d'être prudent dans l'interprétation notamment en joignant aux valeurs de pourcentages (de surface maîtrisée, surface en cours de négociation/d'acquisition, de surface à acquérir), des éléments qualitatifs permettant de mieux comprendre et expliquer les éventuelles difficultés rencontrées en matière de maîtrise foncière (p.ex. concrétisation des partenariats, pressions foncières, disponibilités des budgets, propriétaire introuvable).</p> <p>De la même manière, si l'indicateur peut ne pas atteindre 100 % en fin de projet, toute stagnation (synonyme de blocage dans la démarche d'acquisition foncière) ou baisse (synonyme de perte de foncier) devrait voir ses causes faire l'objet d'une analyse approfondie.</p>
Avantages	Collecte des données peu coûteuse
0,00	En plus de son calcul, l'indicateur doit être accompagné d'une analyse descriptive/qualitative, en particulier en cas de stagnation ou de baisse du foncier acquis sur la surface de mise en œuvre de la SafN.
Critère(s) UICN	Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable
Commentaires	Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes).
Ressources complémentaires	

Réalizations / Résultats	Gouvernance	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN
Descriptif		
<p>Pour compléter les indicateurs de surfaces aménagées, gérées, maîtrisées, et en cours de négociation, et pour notamment apporter un éclairage sur l'émergence de situations conflictuelles, il est proposé de recenser tout recours, litige et contentieux en lien avec le projet de SafN, et d'en préciser la nature en complément de l'indicateur agrégé.</p>		
Question(s) évaluative(s)	A combien de litiges, de recours, de contentieux le porteur de projets a-t-il été confronté dans la mise en œuvre de la SafN ?	
Mise en œuvre	Il s'agit de comptabiliser le nombre de litiges, recours et contentieux en lien avec le projet de SafN rencontrés par le porteur de projet. Ce recensement se fait au fur et à mesure de l'avancement du projet et des difficultés rencontrés.	
État de référence	Le point de comparaison est optionnel mais peut être un projet de SafN du porteur de projets pour lequel des litiges, recours et contentieux ont été entrepris. Les succès ou, à l'inverse, les échecs en découlant peuvent être mis, de manière qualitative, en parallèle afin d'identifier les freins aux projets de SafN selon leur nature par exemple.	
Échelle spatiale préconisée	A l'échelle d'un site/projet dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN. Applicable à tout site/projet d'un territoire donné afin de promouvoir la mise en œuvre de SafN.	
Échelle temporelle préconisée	L'indicateur peut être calculé à différentes étapes clés des projets (p.ex. diagnostic, définition de la nature des travaux), au minimum à mi-parcours et en fin de projet.	
Clé(s) d'interprétation	Une valeur minimale est recherchée pour cet indicateur qui est susceptible d'évoluer (augmenter, diminuer, etc.) au cours du projet. Il est recommandé d'associer des éléments qualitatifs permettant de mieux comprendre et expliquer les litiges, recours et contentieux rencontrés par le porteur de projets et leur aboutissement. A plus ou moins long terme, ce retour d'expérience pourrait permettre d'anticiper dans la conception des projets de SafN afin de limiter voire d'éviter les litiges, recours et contentieux.	
Avantages	Collecte des données peu coûteuse	
Limites, points de vigilance	Interprétation nécessite des éléments qualifiant la nature des litiges, recours et contentieux ainsi que leur résolution éventuelle	
Critère(s) UICN	Faisabilité et viabilité économique / 4. Le projet est économiquement viable	
Commentaires	Cet indicateur est applicable à tout type de SafN (restauration, gestion, création d'écosystèmes).	
Ressources complémentaires		

3.6 Indicateurs de contexte

Sont regroupés dans cette partie les indicateurs dits « de contexte ». Ils désignent des indicateurs descriptifs du contexte d'implantation de la SafN qui sont nécessaires pour bien interpréter les autres indicateurs de suivi : pressions et menaces sur le site, préexistantes ou apparaissant au cours du projet ; à l'inverse, événements ou interventions facilitant le développement des végétaux ou la réalisation de certaines fonctions écologiques.

Pour en permettre une lecture cohérente, les indicateurs sont regroupés de la façon suivante :

- Indicateurs « **Territoire** » : indicateurs qui caractérisent plus largement le contexte de mise en œuvre de la SafN, du point de vue des risques liés au changement climatique,
- Indicateurs « **Pratiques de gestion et d'accompagnement de la SafN** » : indicateurs qui suivent les interventions humaines susceptibles de palier certaines carences limitant le développement des SafN,
- Indicateurs « **État du site** » : paramètres descriptifs de l'état du site que la mise en œuvre de la SafN seule n'influencera pas, ou marginalement¹⁶, mais qui pourront contraindre son développement ou la réalisation de ses fonctions,

Ces indicateurs sont plus encore liés aux types de projets de SafN et à la démarche de suivi engagée. Ce référentiel présente une sélection de quelques-uns d'entre eux identifiés avec les 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN. La liste proposée n'est donc pas exhaustive et peut naturellement être complétée afin de répondre aux besoins des projets.

¹⁶ Si la SafN est amenée à améliorer un indicateur « d'état du site », cela équivaut la réalisation d'un service écosystémique de régulation. S'il s'agit d'un service de régulation lié à l'adaptation au changement climatique, ce n'est donc pas un indicateur de contexte, mais d'adaptation.

Suivi des projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN)

Juin 2022

Indicateurs « Territoire »

Contexte	Adaptation au changement climatique	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local
Descriptif		
<p>Les SafN sont soumises à des conditions météorologiques et climatiques qui varient au cours du temps. Dans le cadre des fiches indicateurs de contexte, on désigne par évènements météorologiques « <i>les évènements associés à des phénomènes météorologiques évoluant dans une échelle de temps inférieure à une journée, ou au maximum de quelques jours</i> » et par évènements climatiques, des évènements « <i>qui surviennent sur une période plus longue [et qui] peuvent résulter de l'accumulation de plusieurs évènements météorologiques</i> » (voir Onerc 2018)</p> <p>Ces évènements météorologiques et climatiques influencent fortement la survie des espèces animales et végétales ainsi que la réalisation des fonctions écologiques et des services écosystémiques associés. À titre d'exemple, la transpiration des végétaux (fonction écologique clé des services écosystémiques de régulation hydrique et de climat local) est fortement modulée par la température d'air, l'humidité atmosphérique et l'humidité du sol qui est elle-même fortement dépendante des précipitations. Ces différents paramètres sont donc primordiaux lorsque l'on souhaite interpréter les variations de la transpiration végétale sur un pas de temps resserré.</p> <p>À un pas de temps supérieur, le suivi de ces paramètres peut permettre de caractériser des évènements climatiques, voire des tendances d'évolution climatique, et ainsi d'affiner l'exposition du territoire à certains aléas au gré du changement climatique. Il peut également permettre de revoir certains choix de gestion de la SafN (p.ex. irrigation estivale, remplacement de certains végétaux).</p> <p>Quand la SafN est susceptible de modifier certains de ces paramètres (p.ex. diminution localisée des températures d'air), cet indicateur peut constituer un indicateur de résultat. Cette utilisation est donc décrite dans les fiches dédiées : p.ex. 3.2.1 Températures d'air p.75.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Quelles sont les conditions météorologiques et/ou climatiques du site d'intervention de la SafN ? Comment ces conditions évoluent-elles (pas de temps long) ?	
Mise en œuvre	<p>Les paramètres d'intérêt peuvent être la pluviométrie, les températures d'air, de sol, l'humidité atmosphérique relative, la pression atmosphérique, les vitesses de vent et orientations dominantes, la nébulosité, etc.</p> <p>Les instruments de mesures associés sont variables, mais des solutions « clé en main » multi-paramètres et comprenant le système d'acquisition sont généralement disponibles (p.ex. station météorologique permettant la mesure de température d'air, humidité relative, vitesse de vent).</p> <p>Selon leur distance au site d'intervention et les paramètres d'intérêt, les stations Météo France peuvent fournir au porteur de projets certaines de ces données.</p> <p>L'indicateur peut prendre la forme d'un cumul (p.ex. précipitations annuelles, mensuelles si périodes à enjeu particulier), d'extrêmes dans la série de mesures pour une période donnée (p.ex. maximum mensuel de température d'air, de vitesse de vent). S'il est utilisé pour l'interprétation d'un indicateur de résultat (p.ex. précipitations à lier à la turbidité de l'eau), sa forme doit être adaptée en cohérence (p.ex. cumul de précipitations dans les jours ayant précédé la mesure de la turbidité).</p>	
État de référence	Pour caractériser des tendances sur le temps long, on pourra se référer à une période	

	de référence pour laquelle on dispose de ces mesures.
Échelle spatiale préconisée	Selon la dimension du site d'intervention et l'existence éventuelle de micro-climats variés, il peut être pertinent de multiplier les points de mesure, en sélectionnant des zones contrastées.
Échelle temporelle préconisée	Ce type de mesures est généralement réalisé en continu, avec des pas de temps variables selon le paramètre considéré. Il convient de sélectionner un pas de temps pertinent vis-à-vis des indicateurs que l'on souhaite interpréter.
Clé(s) d'interprétation	L'indicateur est interprété par comparaison temporelle à des valeurs de périodes de référence (à définir en fonction de la disponibilité des données) ou par comparaison spatiale. Des variations d'apparence minimales – de quelques dixièmes de °C pour les températures d'air par exemple – par rapport à une période de référence peuvent être associées à des changements majeurs dans l'état des écosystèmes et des activités qui en dépendent.
Avantages	Suivis robustes, largement éprouvés Indicateur qui peut bénéficier plus largement au territoire pour documenter les tendances météorologiques/climatiques locales
Limites, points de vigilance	Volumes de données potentiellement massifs à stocker et traiter L'interprétation croisée avec d'autres indicateurs demande une certaine expertise
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Onerc (2018). Les événements climatiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. La documentation française. 200 p. Disponible ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2018_Evenements_meteorologiques_extremes_et_CC_WEB.pdf</p> <p>DREAL Centre-Val de Loire (2019). Indicateurs clés sur le changement climatique en région Centre-Val de Loire. 29p. Disponible ici ; https://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/chiffres-clesper-version-web_planches_a3_150_ppp.pdf</p>	

Contexte	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes
Descriptif	
<p>Les évènements météorologiques/climatiques sont qualifiés d'extrêmes lorsqu'une variable météorologique ou climatique prend une valeur située au-dessus (ou au-dessous) d'un seuil proche de la limite supérieure (ou inférieure) de la plage des valeurs observées pour cette variable (Onerc 2018).</p> <p>Toutefois, la notion d'évènements météorologique/climatiques extrêmes peut différer selon l'approche scientifique adoptée. Ainsi, « pour les statisticiens, un extrême sera nommé ainsi si une mesure (température, vitesse du vent) dépasse les valeurs communément rencontrées [...] Pour les physiciens, l'extrême correspond à une catégorie d'évènements (cyclone tropical, tempête extra-tropicale, vague de chaleur, sécheresse, etc.) qui dépend de la région et de sa description phénoménologique. [...] Enfin, les spécialistes des sciences sociales définissent l'évènement par les dégâts causés. »¹⁷</p> <p>Le suivi de cet indicateur est nécessaire pour permettre d'analyser les variations de certains indicateurs de résultats (effets positifs attendus) des SafN, en premier lieu desquels les indicateurs liés à la régulation des effets de ces évènements extrêmes pour la population ou le bon maintien des SafN elles-mêmes.</p>	
Question(s) évaluative(s)	Quelle a été et quelle est la fréquence attendue des évènements météorologiques/climatiques extrêmes ?
Mise en œuvre	<p>Il existe différentes manières de suivre la fréquence des évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes¹⁸ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les arrêtés Cat Nat : le dispositif de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle permet d'indemniser les citoyens victimes de catastrophes naturelles. Sont couverts les évènements non assurables tels que : les inondations et coulées de boues, les phénomènes liés à l'action de la mer, les mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, etc. • Le suivi/recensement des vagues de chaleur et vagues de froid (Météo France), • Le pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse, • Le calcul de l'indice feu météo, • Le suivi des pluies extrêmes, du nombre de tempêtes, etc. • Les remontées directes de plaintes par les habitants, les usagers du territoire, si possible dans un cadre formalisé (p.ex. site internet de signalement des inondations dans les propriétés privées des habitants d'une commune).
État de référence	Il peut s'agir de l'état des lieux historique réalisé avant le lancement d'un suivi plus

¹⁷<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/climat-environnement/essentiel-sur-evenements-climatiques-extremes.aspx>

¹⁸<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-canicules>

	structuré et pérenne dans le temps sur un territoire donné. De la même manière que l'on compare l'évolution des températures moyennes mondiales à la période de référence 1950 - 1990, le porteur de projets pourra définir la fréquence de survenue au cours d'une période de référence adaptée au(x) type(s) d'évènements considéré(s) et à la disponibilité de données historiques.
Échelle spatiale préconisée	Multi-échelle allant de site pilote jusqu'à l'échelle régionale par exemple
Échelle temporelle préconisée	Dépend des données disponibles. Dans l'idéal, suivre cet indicateur sur le long terme.
Clé(s) d'interprétation	La fréquence des évènements météorologiques/climatiques extrêmes est un des indicateurs permettant de déterminer l'exposition d'un territoire face à ces évènements. Elle sert également l'analyse de plusieurs indicateurs, tels que les indicateurs 3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des évènements météorologiques p.138 ou encore 3.2.17 Survie et état de santé des végétaux p.123 .
Avantages	Facile à mettre en œuvre
Limites, points de vigilance	Cet indicateur à lui seul ne reflète pas la vulnérabilité d'un territoire.
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Cet indicateur associé à l'estimation du coût des dégâts occasionnés par des évènements météorologiques/climatiques extrêmes doivent inciter les territoires à s'interroger sur leur vulnérabilité et, le cas échéant, sur la mise en œuvre de SafN pour gagner en résilience. Voir 3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN p.136
Ressources complémentaires	
Onerc (2018). Les évènements climatiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. La documentation française. 200 p. Disponible ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2018_Evenements_meteorologiques_extremes_et_CC_WEB.pdf	

Contexte	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques
Descriptif	
<p>Cet indicateur est un des indicateurs suivis par l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (Onerc) et calculé par les services statistiques du ministère en charge de l'écologie.</p> <p>Depuis 2005, cet indicateur rend compte de l'exposition des populations, en France, aux risques climatiques. Il s'appuie sur un indice calculé pour chaque commune du territoire métropolitain et d'Outre-mer en croisant des données relatives à la densité de population des communes et au nombre de risques naturels prévisibles qui y sont recensés (dans une liste finie : inondations, feux de forêts, tempêtes, avalanches et mouvements de terrain). L'indice est ensuite réparti en six classes (aucun, très fort, fort, moyen, faible, très faible) selon une clé de répartition.</p> <p>Une analyse des données statistiques conduite en 2013 par l'Onerc montre que 18 % des communes françaises métropolitaines sont fortement ou très fortement exposées aux risques climatiques, 11 % des communes connaissent un risque moyen et 52 % un risque faible ou très faible. À l'échelle régionale, les régions les plus concernées sont les territoires ultramarins avec une exposition forte pour plus de 90 % de leurs communes : Mayotte (100 %), Guadeloupe (97 %), Martinique (94 %) et La Réunion (92 %). La situation insulaire en zone tropicale entraîne une très forte exposition aux aléas d'origine météorologique (cyclones et tempêtes). Pour la métropole, les régions les plus exposées sont la Bretagne (46 %), la région Provence Alpes Côte d'Azur (44 %) et l'Île-de-France (40 %). En Île-de-France, c'est avant tout la densité de population qui pèse dans le calcul de l'indicateur. En revanche en régions Bretagne et en Provence Alpes Côte d'Azur, la densité élevée de population est renforcée par un nombre élevé de communes pour lesquelles au moins trois risques climatiques sont identifiés.</p>	
Question(s) évaluative(s)	Quels sont les risques et le niveau d'exposition de la population à ces risques au sein du territoire où est mise en œuvre la SafN ?
Mise en œuvre	<p>L'indice est calculé par le ministère en charge de l'écologie. Il est réalisé sur l'ensemble des communes françaises (de métropole et d'Outre-mer) par un traitement statistique croisant deux bases de données nationales, renseignées à l'échelle communale.</p> <p>Le porteur de projet de SafN peut donc récupérer les données :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de son périmètre de compétence, pour identifier des communes d'intervention prioritaires compte-tenu de leur exposition à un risque climatique donné, • de la (ou des) commune(s) du (ou des) site(s) de mise en œuvre de SafN une fois celui-ci (ceux-ci) choisis, pour suivre l'évolution de l'indice d'exposition au cours du projet. <p>Selon la nature du risque et de la SafN, le(s) site(s) d'intervention peu(ven)t toutefois ne pas être une commune particulièrement exposée. À titre d'exemple, pour limiter l'exposition aux inondations de communes exposées, la commune d'intervention peut se situer à l'amont. Il est alors intéressant de prendre en compte l'indice d'exposition d'un périmètre élargi aux communes où les effets de la SafN sont attendus, en plus de celui de la commune d'intervention (réalisation des travaux de la SafN).</p>
État de référence	Il peut s'agir de l'état des lieux historiques réalisé avant le lancement d'un suivi plus structuré et pérenne dans le temps sur un territoire donné. De la même manière que l'on compare l'évolution des températures moyennes mondiales à la période de

	référence 1950 – 1990, le porteur de projets pourra définir la fréquence de survenue au cours d'une période de référence adaptée au(x) type(s) d'évènements considéré(s) et à la disponibilité de données historiques. L'indicateur diffusé par le ministère en charge de l'écologie est disponible depuis 2005, avec toutefois des évolutions méthodologiques entre 2005 et 2016.																										
Échelle spatiale préconisée	Commune																										
Échelle temporelle préconisée	Dépend des données disponibles et exploitable par le ministère en charge de l'écologie. Dans l'idéal, suivre cet indicateur sur le long terme.																										
Clé(s) d'interprétation	<p>Globalement, plus la densité de population sera forte et plus le nombre de risques climatiques identifiés par commune sera élevé, plus l'indice sera fort.</p> <p>Six classes d'interprétation sont définies selon les seuils suivants :</p> <table border="1" data-bbox="432 857 1476 1182"> <thead> <tr> <th>Indice d'exposition</th> <th>Classe d'exposition</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Aucun risque climatique déclaré</td> </tr> <tr> <td>0 à 1,6</td> <td>Très faible</td> </tr> <tr> <td>1,6 à 2,8</td> <td>Faible</td> </tr> <tr> <td>2,8 à 4</td> <td>Moyen</td> </tr> <tr> <td>4 à 5,6</td> <td>Fort</td> </tr> <tr> <td>5,6 à 9,8</td> <td>Très fort</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pour illustrer cette fiche, l'indicateur a été extrait des données les plus récentes (CGDD – SDES, 2019) pour les sites pilotes du programme démonstrateur, avec la logique suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les sites pilotes dont la commune d'intervention est connue, il est renseigné pour cette commune. - Pour les sites pilotes comptant plusieurs communes, dont le site d'intervention n'est pas défini à ce jour, il est renseigné selon la médiane de l'indicateur de chacune de ces communes, et les valeurs minimales et maximales de cet indicateur parmi les communes. <p>Les risques climatiques majoritaires recensés (>30 % des communes si plusieurs communes) sont également indiqués pour information.</p> <table border="1" data-bbox="454 1792 1469 2040"> <thead> <tr> <th>Site pilote / Entité géographique considérée</th> <th>Nombre de communes concernées</th> <th>Indice d'exposition (médiane)</th> <th>Classe de l'indice</th> <th>Min – max (si plusieurs communes)</th> <th>Risques majoritaires</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Projet Z'AB, CACEM / Fort-de-France</td> <td>1</td> <td>5,93</td> <td>Très fort</td> <td>Sans objet</td> <td>Mouvements de terrain, inondations</td> </tr> </tbody> </table>	Indice d'exposition	Classe d'exposition	0	Aucun risque climatique déclaré	0 à 1,6	Très faible	1,6 à 2,8	Faible	2,8 à 4	Moyen	4 à 5,6	Fort	5,6 à 9,8	Très fort	Site pilote / Entité géographique considérée	Nombre de communes concernées	Indice d'exposition (médiane)	Classe de l'indice	Min – max (si plusieurs communes)	Risques majoritaires	Projet Z'AB, CACEM / Fort-de-France	1	5,93	Très fort	Sans objet	Mouvements de terrain, inondations
Indice d'exposition	Classe d'exposition																										
0	Aucun risque climatique déclaré																										
0 à 1,6	Très faible																										
1,6 à 2,8	Faible																										
2,8 à 4	Moyen																										
4 à 5,6	Fort																										
5,6 à 9,8	Très fort																										
Site pilote / Entité géographique considérée	Nombre de communes concernées	Indice d'exposition (médiane)	Classe de l'indice	Min – max (si plusieurs communes)	Risques majoritaires																						
Projet Z'AB, CACEM / Fort-de-France	1	5,93	Très fort	Sans objet	Mouvements de terrain, inondations																						

Site pilote / Entité géographique considérée	Nombre de communes concernées	Indice d'exposition (médiane)	Classe de l'indice	Min – max (si plusieurs communes)	Risques majoritaires
Génie végétal équatorial, CACL / Communes de la CACL	6	3,6	Moyen	0 – 5,94	Inondations, feux de forêts, mouvements de terrain
Végétalisation des cours d'école, Ville de Lille / Ville de Lille	1	4,99	Fort	Sans objet	Inondations, mouvements de terrain
Eau-Terre-Végétal, Ville des Mureaux / Ville des Mureaux	1	2,48	Faible	Sans objet	Inondations
Ville perméable - Acte 2, Métropole du Grand Lyon / Ville de Lyon	1	4,84	Fort	Sans objet	Inondations, Mouvements de terrain, et risques atmosphériques
Marais de l'Estagnol, Syndicat de Gestion de l'Eygoutier / Ville de La Crau	1	7,09	Très fort	Sans objet	Mouvements de terrain, inondations et feux de forêts
Ancoeur 2030, Syndicat mixte des 4 vallées de la Brie (Aqubrie) / Communes du territoire de compétence de SM4VB	160	2,22	Faible	0,31 – 7,46	Mouvements de terrain, inondations
ResSources du Néal, Forum des Marais Atlantiques / Communautés de Communes de la Saint-Méen Montauban	17	1,45	Très faible	0 – 3,47	Inondations
Bocage résilient, Communauté de communes Cingal-Suisse Normande / Communautés de Communes Cingal-Suisse Normande	42	0,73	Très faible	0 – 4,11	Mouvements de terrain, inondations
PNR des Pyrénées Ariégeoise / Ensemble des communes adhérentes du PNR PA	138	1,11	Faible	0,01 – 7,31	Feux de forêts, mouvements de terrain, inondations et avalanches

Note : le risque atmosphérique n'est pas pris en compte dans l'indice d'exposition pour les communes métropolitaines (CGDD – SDES 2020), et donc non décompté pour les sites pilotes métropolitains.

Avantages

L'indicateur est disponible pour chaque commune. Il est calculé par les services du ministère en charge de l'écologie. Il permet de connaître la vulnérabilité des communes

	face au changement climatique.
Limites, points de vigilance	<p>La sensibilité de l'indicateur à la mise en œuvre de plusieurs SafN sur un territoire communal est encore peu connue (on ne le préconise donc pas comme indicateur de résultat).</p> <p>À l'heure actuelle, l'indicateur ne prend pas en compte l'ensemble des risques climatiques auxquels peut être soumis un territoire. Par exemple, les risques liés à la sécheresse ou à la surchauffe ne sont pas intégrés à la méthodologie.</p> <p>Parce qu'il s'agit d'un indicateur d'exposition des populations, l'indicateur est de fait très sensible à la densité, et ne reflète pas l'exposition de territoires peu denses, dominés par des activités de production par exemple.</p>
Critère(s) UICN	Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique
Commentaires	Les risques climatiques sont susceptibles de s'accroître à l'avenir avec le changement climatique. Notamment, certains événements et extrêmes météorologiques pourraient devenir plus fréquents, plus répandus et/ou plus intenses. Aussi, il est nécessaire de mettre en place des actions d'adaptation dans les territoires exposés pour limiter leur vulnérabilité à ces risques.
Ressources complémentaires	
<p>Cet indicateur est un des indicateurs suivis par l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (Onerc). La plupart des informations renseignées dans cette fiche sont issues de son site internet : https://www.ecologie.gouv.fr/observatoire-national-sur-effets-du-rechauffement-climatique-onerc</p> <p>CGDD – SDES (2019). Exposition des populations aux risques climatiques en 2016. Disponible ici : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/risques-climatiques-six-francais-sur-dix-sont-dores-et-deja-concernes?rubrique=43&dossier=200</p> <p>CGDD – SDES (2020). La vulnérabilité des communes aux risques climatiques : note de méthode pour le calcul et la classification typologique. Disponible ici : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-01/methodologie-risques-climatiques.pdf</p> <p>Onerc (2013). Indicateurs des changements climatiques. Exposition des populations aux risques climatiques. 2 p. Disponible ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_FicheIndicateur_Risques_climatiques.pdf</p> <p>Autres sources d'informations : https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-sante-et-societe</p>	

Indicateurs « Pratiques de gestion et d'accompagnement de la SafN »

Contexte	Adaptation au changement climatique	3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN
Descriptif		
<p>Le changement climatique est susceptible d'engendrer des épisodes de sécheresse plus longs et intenses, et de compromettre l'alimentation en eau des espèces végétales. Si les SafN peuvent avoir pour objectif d'améliorer l'apport en eau des végétaux (p.ex. gestion des eaux pluviales à la parcelle, perméabilisation et choix d'espèces adaptées aux conditions édaphiques de sécheresse), l'irrigation ponctuelle au moins pendant la période de reprise des végétaux, ou de façon ponctuelle lors des épisodes de sécheresse, peut demeurer nécessaire.</p> <p>A ce titre, l'indicateur de volume d'arrosage des végétaux est à la fois un indicateur de contexte, permettant d'apprécier l'évolution de certains indicateurs (p.ex. flux évapotranspirés dépendant à la fois de paramètres météorologiques tels que la pluviométrie et des apports d'eau par irrigation) et un indicateur de résultat quant à l'atteinte d'objectifs de réduction de l'irrigation, soit l'objectif thématique d'adaptation au changement climatique, voire l'objectif thématique de co-bénéfices sociaux et économiques (diminution des frais de gestion des espaces végétalisés).</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>La SafN permet-elle une gestion efficiente de la ressource en eau ?</p> <p>Dans quelle(s) mesure(s) la réalisation de certaines fonctions écologiques et de certains services écosystémiques de la SafN est-elle dépendante de l'irrigation ?</p>	
Mise en œuvre	<p>La mise en œuvre du suivi de l'indicateur est dépendante des modalités d'irrigation de la SafN.</p> <p>Dans certains cas, le pilotage de l'irrigation est déterminé par des suivis tensiométriques automatisés (lors du franchissement d'un seuil défini par la force de la succion du sol sur la sonde, l'irrigation se met à fonctionner). Si les informations de ces suivis tensiométriques sont enregistrées et accessibles au porteur de projet, l'indicateur est le nombre de franchissements de ce seuil (i.e. le nombre d'arrosages). Si le seuil de déclenchement évolue au cours du projet, il convient de consigner ces valeurs de seuil.</p> <p>Quand les systèmes d'arrosage sont équipés de compteur, qu'ils soient ou non pilotés par des suivis tensiométriques, il convient de relever régulièrement (p.ex. chaque semaine) les consommations individuelles de chaque système et de les agréger dans le temps.</p> <p>Dans tous les cas, la provenance de l'eau devrait être précisée (réseau, pompage hors réseau, réutilisation) pour mieux appréhender la pression sur la ressource.</p>	
État de référence	<p>Si l'indicateur est utilisé comme indicateur de résultat, l'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN. (Voir Illustration 14 p.69)</p> <p>S'il est utilisé comme indicateur de contexte, il n'y a pas d'état de référence.</p>	
Échelle spatiale préconisée	<p>L'indicateur est suivi à l'échelle de la SafN, par somme des valeurs associées aux différents systèmes d'arrosage.</p>	

Échelle temporelle préconisée	L'indicateur peut être mensualisé ou annualisé, mais repose en tout cas sur l'agrégation de valeurs enregistrées à pas de temps plus resserré (autant de fois que les systèmes d'irrigation se mettront en route, ou au pas de temps de relevé des compteurs d'eau).
Clé(s) d'interprétation	<p>Il convient de distinguer les deux cas d'utilisation de cet indicateur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le nombre et le volume d'arrosage servent d'indicateurs contextuels complétant d'autres indicateurs. C'est le cas par exemple de l'indicateur 3.2.16 Flux d'évapotranspiration p.119 : l'analyse de la variation de cet indicateur doit intégrer les apports d'eau météoriques et de ruissellement (la pluviométrie sur le bassin d'apport), et les apports d'eau par irrigation. Si les objectifs d'évapotranspiration (et de survie des végétaux) ne sont atteints qu'en maintenant une irrigation régulière, alors la conception de la SafN (types de végétaux, acheminement des eaux de ruissellement) peut être à revoir dans une logique de gestion adaptative. • Le nombre et le volume d'arrosage servent d'indicateurs de résultats pour qualifier l'atteinte d'un objectif d'optimisation de la ressource en eau. On cherchera alors à atteindre une valeur minimale de l'indicateur compatible avec la survie des végétaux.
Avantages	<p>Selon le système d'arrosage en place, cet indicateur peut ne nécessiter aucune instrumentation complémentaire.</p> <p>L'indicateur fournit des données très opérationnelles pour la gestion adaptative et les finances du porteur de projet.</p>
Limites, points de vigilance	Il convient de bien documenter toutes les décisions politiques qui peuvent influencer l'indicateur (ep.ex. décision de ne plus du tout arroser les espaces enherbés l'été qui conduiront à la suppression des seuils de déclenchement des arrosages).
Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Faisabilité et viabilité économique / 4. le projet est économiquement viable</p> <p>Gestion adaptative / 7. Le projet est géré de façon adaptative, sur la base de données probantes</p>
Commentaires	Cet indicateur peut aussi être utilisé comme indicateur de résultats avec comme objectif thématique l'adaptation au changement climatique, voire l'objectif thématique de co-bénéfices sociaux et économiques (diminution des frais de gestion des espaces végétalisés).
Ressources complémentaires	

Contexte	3.6.5 Tenue et état des dispositifs techniques liés à la mise en œuvre de la SafN	
Descriptif		
<p>La mise en œuvre d'une SafN est susceptible de reposer sur des dispositifs techniques qui visent par exemple à accompagner le développement de la végétation (protection, tuteurs...) ou modifier l'écoulement des fluides (pieux, fascines...). Il est alors important de suivre la tenue de ces dispositifs pour analyser les indicateurs liés au développement et au maintien de la SafN.</p>		
<p>Dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN et de cette fiche indicateur, un exemple est fourni par le projet de restauration /création de mangrove (SafN) au niveau de l'extrémité de la Pointe des Sables dans l'anse de l'Etang des Z'abricots au nord de la baie de Fort-de-France (Martinique) (voir 2.2.1 Projet Z'AB, Communauté d'agglomération du centre de la Martinique (CACEM) p.30).</p>		
<p>Une série de pieux et de fascines seront implantés à l'extrémité de la Pointe des Sables pour générer une accrétion sédimentaire censée favoriser la mise en œuvre de conditions favorables à la création d'une néo-mangrove dans le prolongement de la Pointe des Sables.</p>		
<p>L'objectif de l'indicateur « Tenue et état des dispositifs techniques liés à la mise en œuvre de SafN en milieux marins » est de suivre la croissance de la SafN en contrôlant la tenue et l'état des dispositifs qui ont vocation à favoriser l'accrétion sédimentaire.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Les dispositifs techniques qui accompagnent voire conditionnent le développement de la SafN restent-ils en bon état au cours du projet ?</p>	
Mise en œuvre	<p>De simples observations visuelles permettront de quantifier le nombre de pieux et de fascines à différents intervalles de temps, en contrôlant l'inclinaison des pieux et en caractérisant l'état des deux dispositifs d'accrétion, notamment l'état du bois des pieux.</p>	
État de référence	<p>La réalisation d'un état initial est à prévoir au moment de la mise en place des pieux.</p>	
Échelle spatiale préconisée	<p>Le périmètre d'observation correspond au périmètre d'implantation des dispositifs d'accrétion.</p>	
Echelle temporelle préconisée	<p>Chaque trimestre la première année, annuellement ensuite. Il convient de noter que ces dispositifs n'ont généralement pas une vocation pérenne : une fois la SafN suffisamment développée, la dégradation naturelle (p.ex. décomposition des fascines) et le non remplacement ne justifient l'actualisation l'indicateur. Ce temps de développement est variable selon le contexte et les formes végétales considérées.</p>	
Clé(s) d'interprétation	<p>Dans le temps de développement de la SafN, le nombre de pieux et de fascines implantés est censé rester maximal pour espérer voir une accrétion se générer. Dans l'hypothèse d'un arrachage important des pieux et des fascines (p.ex. houles cycloniques), les chances de voir une accrétion se former sont compromises.</p>	
Avantages	<p>Simplicité, coût faible</p>	
Limites, points de vigilance		

Critère(s) UICN	<p>Adaptation au changement climatique / 1. Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</p> <p>Gain net en biodiversité / 3. Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</p>
Commentaires	<p>En cas d'arrachage et de disparition de pieux, il est recommandé dans la mesure du possible de procéder à leur remplacement afin d'optimiser l'installation de la néo-mangrove et donc, la réussite du projet de SafN.</p>
Ressources complémentaires	

Indicateurs « État du site »

Contexte	Adaptation au changement climatique	3.6.6 Indicateurs physiques, chimiques et biologiques des sols
Descriptif		
<p>Une SafN est susceptible d'être mise en œuvre sur des sols de type et caractéristiques physico-chimiques variables, qui vont influencer le développement de la végétation et l'édaphofaune, et donc la réalisation de fonctions écologiques et la fourniture de services écosystémiques associés. Il est ainsi primordial de connaître ces caractéristiques pour sélectionner des espèces végétales adéquates dans le cas de plantation, et mieux interpréter certains indicateurs de résultat.</p> <p>Les indicateurs peuvent être découpés en trois familles : indicateurs chimiques, physiques et biologiques. Nous rappelons ici quelques indicateurs de cette typologie tels que répertoriés par (Calvaruso et al. 2019) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicateurs physiques : compacité, texture, taux d'éléments grossiers, structure du sol, conductivité hydraulique ; • Indicateurs chimiques : teneur en matière organique, azote total, pH, calcaire total, teneurs en métaux lourds ; • Indicateurs biologiques : profondeur d'enracinement, biomasse microbienne et sa diversité taxonomique, densité de champignons, densité de bactéries, etc. <p>Certains sols peuvent être initialement pollués, ou être l'objet de pollutions accidentelles ou continues susceptibles de se poursuivre au cours du projet (p.ex. eaux de ruissellement chargées en polluants routiers, agricoles). Si de tels risques sont pressentis ou connus, il est donc important de caractériser les contaminants via les indicateurs chimiques dédiés.</p> <p>La nature précise des indicateurs physiques, chimiques et biologiques à suivre pour un projet donné doit prendre en compte la connaissance préalable du site d'étude et les fonctions écologiques et services écosystémiques attendus de la SafN que certains de ces paramètres pourraient moduler. A ce titre, on pourra se référer au travail de référencement réalisé par (Calvaruso et al. 2019) qui présente, pour chaque indicateur, les fonctions écologiques qui lui sont directement liées.</p> <p>Il convient de noter que les SafN peuvent améliorer la qualité des sols, par exemple en faisant évoluer le contenu de matière organique (3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols p.175), en favorisant le développement de la biomasse microbienne, ou en participant à la dégradation de certaines substances polluantes (phyto-rémediation). Dans ces cas cet indicateur constitue un indicateur de résultats, contribuant à la fois aux objectifs thématiques de gains nets pour la biodiversité, et de fourniture de co-bénéfices sociaux et économiques.</p>		
Question(s) évaluative(s)	<p>Le type de sols et ses caractéristiques physico-chimiques permettent-ils la réalisation des fonctions écologiques et services écosystémiques attendus ? Évoluent-ils après la mise en œuvre de la SafN ?</p> <p>La présence et la teneur en substances polluantes des sols est-elle compatible avec le maintien et la réalisation des fonctions écologiques de la SafN ?</p> <p>Éventuellement : La SafN permet-elle la diminution de la concentration de certains contaminants dans les sols ?</p>	
Mise en œuvre	La mise en œuvre est extrêmement variable selon les propriétés que l'on souhaite	

	<p>caractériser, mais suit en règle générale ces différentes étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Échantillonnage (prélèvement d'échantillons de sols) • Conservation des échantillons, dans des conditions variables selon le paramètre étudié, le contaminant recherché et les risques de dégradation, de volatilisation (dans le cas de contaminants), • Préparation de l'échantillon avant analyse (séchage, broyage, etc.), • (dans le cas de la recherche de contaminants) Extraction éventuelle de l'échantillon (lixiviation pour doser les polluants « mobilisables » et non les polluants totaux), purification des extraits, • Analyse instrumentale (selon les propriétés recherchées : identification et quantification de substances, pesée, tamisage, etc.). <p>La mesure de ces indicateurs nécessitant une expertise et un matériel spécialisé pour réaliser les différentes étapes ci-dessus, il est recommandé de faire appel à sous-traitant (p.ex. laboratoires, bureaux d'études, universités). Les mesures suivent généralement des normes.</p> <p>La mesure de certaines propriétés peut se faire sur site de prélèvement sans conservation d'échantillons et analyse en laboratoire (p.ex. texture du sol).</p>
<p>État de référence</p>	<p>Comme indicateur de contexte, il n'est pas défini d'état de référence. L'état à l'instant T est à mettre en regard de la valeur à l'instant T des indicateurs qu'il aide à analyser. Les valeurs peuvent ensuite être comparées avec des normes précises (p.ex. teneurs tolérables), des gammes de tolérance des espèces végétales.</p> <p>Pour une utilisation comme indicateur de résultats, l'état de référence pour définir l'effet de la SafN sur l'indicateur est l'état du site d'intervention avant la mise en œuvre de la SafN (état initial, en conditions météorologiques comparables), complété dans la mesure du possible par l'état d'un site témoin pour quantifier le gain net permis par la SafN (Voir Illustration 14 p.69).</p>
<p>Échelle spatiale préconisée</p>	<p>Les mesures sont par nature ponctuelles (échantillons de sol). Il convient donc de cibler différentes zones d'échantillonnage sur le site d'intervention et/ou le périmètre d'action (souhaité, attendu) la SafN pour lesquelles une problématique de pollution des sols est supposée, en tenant compte de l'hétérogénéité des sols, et de multiplier ces points si l'on souhaite disposer d'un indicateur à l'échelle de projet.</p>
<p>Échelle temporelle préconisée</p>	<p>Un état initial est indispensable. Par la suite, les analyses peuvent être réalisées à un pas de temps cohérent (p.ex. tous les 6 mois pendant la durée de suivi prévu de la SafN). Selon la nature précise de l'indicateur suivi, les conditions à respecter pour la date de prélèvement peuvent varier (p.ex. pour la texture, on évitera de prélever après des pluies consécutives).</p>
<p>Clé(s) d'interprétation</p>	<p>Il convient de distinguer les deux cas d'utilisation de cet indicateur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il sert d'indicateurs contextuels pour l'analyse d'autres indicateurs, par exemple la diversité spécifique de la faune ou de la flore (voir 3.3.5 Diversité des

	<p>espèces p.161). L'analyse de la variation de cet indicateur doit intégrer l'éventuelle évolution de la pression que constitue la propriété du sol caractérisée (p.ex. la teneur en polluants).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il sert d'indicateurs de résultats, pour qualifier l'atteinte d'un objectif (p.ex. phytoépuration, amélioration des performances d'infiltration). Les variations de l'indicateur sont analysées vis-à-vis des objectifs quantitatifs (p.ex. dans le cas de polluants, des seuils d'exposition pour les populations humaines définis par l'INERIS, ANSES, OMS).
<p>Avantages</p>	<p>L'indicateur permet de mieux comprendre d'éventuelles difficultés de maintien de la SafN, et d'adapter les usages e/ou la gestion.</p> <p>L'indicateur peut être restreint à l'analyse de certaines propriétés seulement.</p> <p>Caractérisations possibles en routine par un grand nombre de bureau d'études/laboratoires/universités.</p>
<p>Limites, points de vigilance</p>	<p>Suivi potentiellement coûteux (sous-traitance)</p>
<p>Critère(s) UICN</p>	<p>S'il s'agit d'une SafN avec conception et objectifs de phytoépuration :</p> <p>Équilibre des compromis / 6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples</p>
<p>Commentaires</p>	<p>Cet indicateur peut aussi être utilisé comme indicateur de résultats avec comme objectif thématique le gain net en biodiversité et la fourniture de co-bénéfices sociaux et économiques.</p>
<p>Ressources complémentaires</p>	
<p>Christophe Calvaruso, Anne Blanchart & Sophie Bertin (2019). Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers : indicateurs de suivi et stratégies de déploiement. 80 pages. Disponible ici : https://bibliothèque.ademe.fr/produire-autrement/290-diagnostic-de-la-qualite-des-sols-agricoles-et-forestiers.html Voir en particulier les annexes descriptives des indicateurs physiques, chimiques et biologiques.</p> <p>Recueil des méthodes d'analyse des polluants des sols à destination des laboratoires :</p> <p>Jeannot R., Lemièrre B. & Chiron S. (2000). Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. Etude réalisée dans le cadre des actions Service public du BRGM 98-F-108 et de la convention MATE 23/98 – étude n°4. 103 p. Disponible ici : http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-50128-FR.pdf</p> <p>Description de l'indicateur «8.25 Soil Ecotoxicological Factor» (p.466) :</p> <p>European Commission. (2021) Evaluating the impact of nature-based solutions: Appendix of methods. Luxembourg: Publications Office of the European Union.1177p. Disponible ici : https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361</p>	

Contexte	3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	
Descriptif		
<p>Les déchets sauvages désignent des déchets abandonnés dans l'environnement de manière inadéquate, volontairement ou par négligence, sur un site donné ou par transport aérien, hydrique.</p> <p>Les déchets sauvages causent de nombreux problèmes conséquents sur le plan sanitaire (p.ex. germes pathogènes pouvant ensuite être dispersés par les êtres vivants, le ruissellement, gîtes larvaires), sur le plan de la sécurité (augmentation du risque incendie), de la pollution de l'eau de surface ou souterraine, de la pollution des sols mais aussi des atteintes directes et indirectes à la faune et à la flore.</p> <p>Ainsi, la présence de déchets sauvages est susceptible d'altérer l'atteinte des objectifs attendus d'une SafN et par là même, d'altérer l'évolution des indicateurs de résultats. Le suivi des déchets sauvages est donc un indicateur de contexte primordial que la problématique de déchets sauvages soit anticipée, ou se révèle au cours de projet.</p> <p>Dans une logique de gestion adaptative, le suivi de cet indicateur doit également permettre au porteur de projets de redéfinir certaines modalités de gestion et de communication avec le public.</p>		
Question(s) évaluative(s)	Quelle est l'ampleur des pressions et menaces pesant sur la SafN du fait des déchets sauvages ?	
Mise en œuvre	<p>Cet indicateur peut être renseigné par des mesures directes, par exemple des campagnes de ramassage et de pesée des déchets sauvages à fréquence régulière (mensuelle, annuelle, selon les modalités de collecte sur le site et les possibilités de pesée).</p> <p>Il est également possible de définir une grille qualitative du type (p.ex. Déchets ménagers, industriels) et du volume de déchets sauvages ramassés ou observés sur le site. Cette grille peut être soumise régulièrement aux services de ramassage et d'entretien, voire aux usagers.</p> <p>Enfin, en complément de ces mesures, tout signalement spontané (de la part des usagers, des services) devrait être consigné et faire l'objet d'un indicateur dédié.</p>	
État de référence	Utilisé comme indicateur de contexte, il n'appelle pas d'analyse par comparaison avec un état de référence. En revanche, il convient de bien réaliser ce type de mesure pour les états initiaux et les sites témoins pour permettre d'analyser l'effet net de la SafN pour les autres indicateurs dont les variations peuvent être influencées par la présence de déchets sauvages.	
Échelle spatiale préconisée	Ensemble du site, ou sous-site si la problématique des déchets sauvages est localisée.	
Échelle temporelle préconisée	<p>Quelques fois par an pour pouvoir mesurer d'éventuels phénomènes saisonniers.</p> <p>De manière systématique après le signalement spontané d'un dépôt sauvage majeur.</p>	
Clé(s) d'interprétation	Comme indicateur de contexte, son évolution sert surtout à interpréter l'évolution d'autres indicateurs : turbidité, qualité de l'eau, fréquentation et usages de la SafN, etc.	

	<p>Son augmentation au cours du projet peut néanmoins être révélatrice d'autres phénomènes : fréquentation et usages de la SafN si les déchets sont associés à des pratiques de loisir (restes de repas), méconnaissance de la nature et de l'intérêt de la SafN, etc. On ne pourra toutefois pas se limiter à l'indicateur des déchets sauvages pour quantifier ces phénomènes.</p>
Avantages	<p>Réalisable en interne, demande peu de moyens, peu de technicité</p> <p>Indicateur de contexte indispensable si problématique déchets pressentie</p> <p>Support de sensibilisation au respect de la nature</p>
Limites, points de vigilance	<p>Prudence pour une interprétation au-delà des menaces, des pressions sur la SafN</p>
Critère(s) UICN	<p>Gestion adaptative / 7. Le projet est géré de façon adaptative, sur la base de données probantes</p>
Commentaires	
Ressources complémentaires	
<p>Fiche 8 « Déchets et décharges sauvages » de la boîte à outil MANG :</p> <p>Impact-Mer. (2016). Boîte à outils pour les zones humides d'Outre-mer. Outils pour la mise en œuvre de suivis en zones humides : Aide à la décision & Fiches descriptives. Rapport pour : Conservatoire du Littoral, 78 p. Disponible ici : https://base-documentaire.pole-tropical.org/documents/Docs_lies/2017/03/24/A1490364986SD_0_Impact_Mer_2016_MANG_Rapport_intro_VF.pdf</p> <p>Autre lien vers l'outil MANG : https://www.pole-tropical.org/actions/formations/les-actions-du-pole-relais-outre-mer/boite-a-outils-mang-outils-de-diagnostic-et-de-suivis/</p>	

4 LES TROIS CLÉS D'ENTRÉE DU RÉFÉRENTIEL

4.1 Clé n°1 : Indicateurs classés selon les critères du standard UICN

Cette clé d'entrée vise à croiser les critères du standard UICN (2021a, b) avec les indicateurs de suivi de projets de SafN proposé dans ce référentiel et leur fiche respective.

Tableau 13 : Clé d'entrée croisant les critères du standard UICN (2021a, b) avec les fiches indicateurs de suivi de projet de SafN proposé dans ce référentiel et leur fiche respective.

Critère du standard UICN	Nom de l'indicateur de suivi	Page
<i>Le projet est conçu pour l'adaptation au changement climatique</i>	3.2.1 Températures d'air	75
	3.2.2 Confort thermique	78
	3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)	82
	3.2.4 Efficacité de dépollution : températures relatives amont/aval, Temps de séjour de l'eau	85
	3.2.5 Turbidité de l'eau	88
	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
	3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux)	94
	3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau	96
	3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement	99
	3.2.10 Accrétion sédimentaire	102
	3.2.11 Intensité du clapot ou de la houle, agitation	106
	3.2.12 Niveau des nappes	109
	3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	112
	3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
	3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
	3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
	3.2.18 Croissance des végétaux	128
	3.2.19 Diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers	131
	3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133
	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
	3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142

Critère du standard UICN	Nom de l'indicateur de suivi	Page
	3.2.24 Développement du linéaire bocager	144
	3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	175
	3.4.9 Production de fourrage	212
	3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
	3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241
<i>Le projet apporte des bénéfices nets pour la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes</i>	3.2.19 Diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers	131
	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
	3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers	155
	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
	3.3.5 Diversité des espèces	161
	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166
	3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)	168
	3.3.8 Surface colonisée par la végétation	170
	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
	3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	175
	3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	179
3.3.12 État de santé des milieux connexes	184	
<i>Le projet est économiquement viable</i>	3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133
	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
	3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie	209
	3.4.9 Production de fourrage	212
	3.4.7 Emprise de la SafN sur les surfaces dévolues à d'autres activités économiques	207

Critère du standard UICN	Nom de l'indicateur de suivi	Page
	3.4.9 Production de fourrage	212
<i>Le projet repose sur des processus de gouvernance inclusifs, transparents et responsabilisant</i>	3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
	3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
	3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	229
<i>Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples.</i>	3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133
	3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
	3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie	209
	3.4.9 Production de fourrage	212
	3.4.10 Stock de carbone	214
<i>Le projet est géré de façon adaptative, sur la base de données probantes</i>	Tous les indicateurs peuvent conduire à une gestion adaptative du projet de SafN	
<i>Le projet est disséminé et intégré dans les politiques publiques.</i>	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198

4.2 Clé n°2 : Indicateurs classés selon les types de SafN et de services écosystémiques associés

Cette clé d'entrée vise à croiser la matrice des SafN proposée dans Azam et al. (2021) avec les indicateurs de suivi des projets de SafN proposé dans ce référentiel et leur fiche respective. La clé d'entrée reprend plus précisément les champs « Intitulé de l'action de SafN » et « Services écosystémiques » de la matrice qui est présentée dans son intégralité en **ANNEXE 4 (p.280)** du présent référentiel pour une meilleure compréhension. Cette matrice complète permet notamment de faire le lien entre SafN et enjeux du changement climatique, qui n'est pas rappelé ici pour alléger le tableau.

Certains types de SafN et services écosystémiques associés se trouvent moins pourvus, du fait de la moindre représentativité des sites pilotes du programme démonstrateur (p.ex. milieux littoraux et montagnards).

Tableau 14 : Clé d'entrée n°2 croisant la matrice des SafN proposée dans Azam et al. (2021) avec les indicateurs de suivi des projets de SafN proposé dans ce référentiel et leur fiche respective.

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
Milieux humides et aquatiques continentaux			
Conservation et restauration de zones humides Restauration de cours d'eau (reméandrage, connexion lit majeur/lit mineur, zones d'expansion naturelle des crues, etc.) et des têtes de bassin versant Restaurer l'équilibre sédimentaire et le profil en long d'un cours d'eau Restauration écologique d'une eau de transition (lagune ou estuaire)	Régulation quantitative de l'eau	3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91
		3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux)	94
		3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau	96
		3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement	99
		3.2.12 Niveau des nappes	109
		3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	112
		3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
		3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
		3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
		3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
		3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236		

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
	Régulation de la qualité de l'eau	3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)	82
		3.2.4 Efficacité de dépollution : températures relatives amont/aval, Temps de séjour de l'eau	85
		3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	179
	Régulation des transports de sédiments	3.2.5 Turbidité de l'eau	88
		3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau	96
		3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement	99
		3.2.10 Accrétion sédimentaire	102
	Régulation du climat local	3.2.1 Températures d'air	75
		3.2.2 Confort thermique	78
		3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
		3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	Régulation du climat global	3.4.10 Stock de carbone	214
	Intégrité des écosystèmes	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
		3.2.18 Croissance des végétaux	128
		3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
		3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
		3.3.4Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
		3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
	Services culturels	3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
3.3.4Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité		157	

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
		3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
		3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
		3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
	Services d'approvisionnement	3.4.9 Production de fourrage	212
Milieux agricoles			
<p>Diversification des cultures (voire avec sélection d'espèces plus résilientes) et allongement des rotations</p> <p>Maintien ou plantation d'infrastructures agro-écologiques (haies, ripisylves, prairies permanentes, bandes enherbées, etc.)</p> <p>Sylvopastoralisme</p> <p>Couverture végétale du sol (limitation du travail du sol, cultures intermédiaires, maintien des chaumes après moisson, végétalisation des rangs et inter-rangs)</p>	Services d'approvisionnement	3.2.18 Croissance des végétaux	128
		3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133
		3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166
		3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	175
		3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie	209
		3.4.9 Production de fourrage	212
	Services de régulation quantitative de l'eau	3.2.12 Niveau des nappes	109
		3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	112
		3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
		3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
		3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
		3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
		3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
		Services de régulation de la qualité de l'eau	3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
		3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	179
	Services de régulation du risque d'érosion	3.2.5 Turbidité de l'eau	88
	Régulation du climat global	3.4.10 Stock de carbone	214
	Régulation du climat local	3.2.1 Températures d'air	75
		3.2.2 Confort thermique	78
	Intégrité des écosystèmes	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
		3.2.18 Croissance des végétaux	128
		3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
		3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
		3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers	155
		3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
		3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
		3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
	Services culturels	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
		3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
		3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes		200	
Milieux littoraux			
Restauration/gestion des profils dunaires	Service de régulation de l'érosion	3.2.5 Turbidité de l'eau	88
		3.2.10 Accrétion sédimentaire	102
restauration de la morphologie du trait de côte	Services de régulation de la houle	3.2.11 Intensité du clapot ou de la houle, agitation	106
		3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
Maintien/Restauration des fonctions			

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
écologiques des zones humides en amont Maintien/Restauration des marais retro-littoraux Maintien/Restauration des milieux de près salés et de vasières Maintien/restauration des herbiers de phanérogames (zostères, posidonies par exemple) Modification des pratiques de gestion des plages pour un maintien de la laisse de mer/des banquettes de posidonies Maintien/Restauration des récifs d'hermelles		3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des évènements météorologiques	138
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
		3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	Intégrité des écosystèmes	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
		3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
		3.3.4Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
		3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
		3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
	Services culturels	3.3.4Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
3.4.3 Mise en visibilité de la SafN		195	
3.4.4 Reconnaissance de la SafN		198	
3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes		200	
Ecosystèmes forestiers			
Choix des espèces plantées en fonction du futur climat	Service de régulation du climat global	3.4.10 Stock de carbone	214
Variabilité génétique des peuplements	Services d'approvisionnement	3.2.18 Croissance des végétaux	128
		3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	175
Maintien de lisières de parcelles avec d'autres essences	Intégrité des écosystèmes	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
Mécanisation forestière raisonnée		3.2.18 Croissance des végétaux	128
		3.3.1 Diversité des habitats restaurés,	148

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
<p>coupes d'ensemencement</p> <p>Agropastoralisme pour maintenir les milieux ouverts</p> <p>Conservation des réseaux de vieilles forêts</p> <p>Diversifier les modes de sylviculture</p>		3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
		3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)	168
		3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
		3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189
		3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
	Services de régulation des risques érosion / avalanche	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'événements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
	Services culturels	3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
		3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs		189	
3.4.3 Mise en visibilité de la SafN		195	
3.4.4 Reconnaissance de la SafN		198	
3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes		200	
Milieux urbains			
<p>Végétalisation des villes (rues, façades, etc.) et désimperméabilisation des sols</p> <p>Désimperméabilisation et végétalisation des cours des établissements scolaires</p> <p>Gestion des eaux pluviales à la parcelle (noues paysagères, jardins de pluie, etc.)</p>	Régulation du climat local	3.2.1 Températures d'air	75
		3.2.2 Confort thermique	78
		3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
		3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'événements	234

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
Conservation / restauration d'îlots de fraîcheur (délaissés urbains, friches, parcs, etc.)		3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
		3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241
	Services de régulation quantitative de l'eau <i>[se référer aux milieux humides et aquatiques pour les indicateurs spécifiques aux cours d'eau et aux nappes]</i>	3.2.14 Potentiel d'infiltration	114
		3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116
		3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119
		3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
		3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des événements météorologiques	138
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
		3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
		3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241
		Services de régulation de la qualité de l'eau <i>[se référer aux milieux humides et aquatiques pour ces indicateurs]</i>	
	Service de régulation du climat global	3.4.10 Stock de carbone	214
	Intégrité des écosystèmes	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
		3.2.18 Croissance des végétaux	128
		3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
		3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151
		3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.3.6 Abondance d'espèces	166

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
		3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
		3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
		3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249
	Services culturels	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
		3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
		3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
		3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200
	Milieus rocheux et de haute montagne		
Gestion forestière durable par la diversification et l'accompagnement de la dynamique spatiale de la forêt de montagne Restauration de terrain en montagne Mobilisation du génie végétal sur des affluents en montagne (maintien de sédiments...)	Régulation des risques d'érosion et d'avalanches	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136
		3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
		3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
	Régulation du climat global	3.4.10 Stock de carbone	214
	Intégrité des écosystèmes	3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123
		3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148
		3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)	168
		3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173
		3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189
	Services culturels	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157
		3.3.5 Diversité des espèces	161
		3.4.1 Nombre d'usages et d'usagers	189

Intitulé de l'action de SafN	Services écosystémiques	Nom de l'indicateur de suivi	Page
		3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195
		3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198
		3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200

4.3 Clé n°3 : Indicateurs classés par objectif thématique et par type

Cette clé d'entrée liste les 58 indicateurs de suivi de projets de SafN proposés dans le référentiel (indicateurs de contexte, de moyens, de réalisations et de résultats) afin de répondre aux cinq objectifs thématiques fixés : adaptation au changement climatique, gain net en biodiversité, co-bénéfices sociaux et économiques, gouvernance.

Tableau 15 : Clé d'entrée n°3 listant les 58 indicateurs de suivi des projets de SafN classés par objectif thématique et par type. Les intitulés des indicateurs renvoient aux fiches correspondantes dans le référentiel.

Objectif thématique	Contexte	Moyens	Réalisations	Résultats	Nom de l'indicateur	Page	
Climatologie							
Adaptation au changement climatique			X		3.2.1 Températures d'air	75	
			X		3.2.2 Confort thermique	78	
	Hydrologie						
	X		X		3.2.3 Paramètres physico-chimiques (salinité, concentration en oxygène, température, MES, pH)	82	
			X		3.2.4 Efficacité de dépollution : températures relatives amont/aval, Temps de séjour de l'eau	85	
	X		X		3.2.5 Turbidité de l'eau	88	
			X		3.2.6 Débit, vitesse d'écoulement	91	
			X		3.2.7 Niveau de l'eau (des cours d'eau, des canaux)	94	
			X		3.2.8 Evolution du profil des cours d'eau	96	
			X		3.2.9 Dynamique des faciès d'écoulement	99	
	X		X		3.2.10 Accrétion sédimentaire	102	
			X		3.2.11 Intensité du clapot ou de la houle, agitation	106	
			X		3.2.12 Niveau des nappes	109	
			X		3.2.13 Températures relatives nappe/rivière	112	
			X		3.2.14 Potentiel d'infiltration	114	
			X		3.2.15 Indicateurs biologiques relatifs à l'humidité des sols	116	
			X		3.2.16 Flux d'évapotranspiration	119	
	Résilience de l'écosystème / des filières économiques						
			X		3.2.17 Survie et état de santé des végétaux	123	
			X		3.2.18 Croissance des végétaux	128	
		X		3.2.19 Diversité spécifique et génétique des peuplements forestiers	131		
		X		3.2.20 Rendements agricoles d'une exploitation	133		

Objectif thématique	Contexte	Moyens	Réalisations	Résultats	Nom de l'indicateur	Page	
			X	X	3.2.21 Montant des coûts évités grâce à la SafN	136	
			X	X	3.2.22 Nombre de jours de fermetures d'infrastructures ou de restrictions en lien avec des évènements météorologiques	138	
					Emprise spatiale		
			X	X	3.2.23 Linéaires (surfaces) aménagé(e)s par rapport au prévisionnel	142	
			X	X	3.2.24 Développement du linéaire bocager	144	
					Habitats et continuités écologiques		
			X	X	3.3.1 Diversité des habitats restaurés, réhabilités, créés	148	
			X	X	3.3.2 Connectivité avec des corridors écologiques et des réservoirs de biodiversité existants	151	
			X	X	3.3.3 Potentiel écologique des réseaux bocagers	155	
			X	X	3.3.4 Présence d'espèces cibles dans les réservoirs de biodiversité	157	
					Faune et flore		
			X	X	3.3.5 Diversité des espèces	161	
Gain net en biodiversité		X	X	X	3.3.6 Abondance d'espèces nectarifères et pollinifères	166	
		X	X	X	3.3.7 Indice de biodiversité potentielle des forêts (IBP)	168	
		X	X	X	3.3.8 Surface colonisée par la végétation	170	
					Qualité / états des milieux		
			X	X	3.3.9 Abondance d'espèces exotiques envahissantes	173	
			X	X	3.3.10 Dégradation de la matière organique des sols	175	
	X	X	X	X	3.3.11 Indicateurs biologiques de la qualité de l'eau	179	
			X	X	3.3.12 État de santé des milieux connexes	184	
					Usages et reconnaissance de la SafN		
Co-bénéfices sociaux et économiques	X		X	X	3.4.1 Nombre d'usages et d'utilisateurs	189	
			X	X	3.4.2 Potentiel allergisant	192	
		X	X	X	3.4.3 Mise en visibilité de la SafN	195	
		X	X	X	3.4.4 Reconnaissance de la SafN	198	
		X	X	X	3.4.5 Perception de la SafN, connaissance des services écosystémiques rendus et des fonctions écologiques sous-jacentes	200	
					Économie de projet		
		X		X	X	3.4.6 Modèle de financement et suivi financier de la SafN	203
		X		X	X	3.4.7 Emprise de la SafN sur les surfaces dévolues à d'autres activités économiques	207
	X		X	X	3.4.8 Développement d'une filière haie-énergie	209	

Objectif thématique	Contexte	Moyens	Réalisations	Résultats	Nom de l'indicateur	Page
			X		3.4.9 Production de fourrage	212
			X		3.4.10 Stock de carbone	214
					Gouvernance inclusive	
Gouvernance		X			3.5.1 Implication et description des parties prenantes aux différentes étapes du projet de SafN	218
		X			3.5.2 Nombre de nouvelles collaborations activées dans le projet de SafN	222
		X			3.5.3 Nombre d'ateliers avec les différentes parties prenantes	223
					Maîtrise foncière	
		X	X		3.5.4 Surface de terrain maîtrisée, conventionnée ou à acquérir par rapport à la surface de mise en œuvre de la SafN (objectif)	227
			X	X	3.5.5 Nombre de litiges, de recours ou de contentieux en lien avec le projet de SafN	229
					Territoire	
Contexte		X			3.6.1 Contexte météorologique et climatique local	232
		X			3.6.2 Fréquence d'évènements météorologiques et/ou climatiques extrêmes	234
		X			3.6.3 Exposition des populations aux risques climatiques	236
					Pratiques de gestion et d'accompagnement de la SafN	
		X			3.6.4 Volume d'arrosage ou d'irrigation de la SafN	241
		X			3.6.5 Tenue et état des dispositifs techniques liés à la mise en œuvre de la SafN	243
					État du site	
	X				3.6.6 Indicateurs physiques, chimiques et biologiques des sols	246
	X				3.6.7 Déchets sauvages dans la SafN	249

CONCLUSION

Face aux enjeux d'adaptation au changement climatique, de préservation et de restauration de la biodiversité, les collectivités sont de plus en plus nombreuses à adopter les mesures « sans regret » que sont les SafN, afin que leur territoire gagne en résilience.

Le présent référentiel propose un panel de 58 indicateurs de suivi de projets de SafN en s'appuyant sur les projets de SafN des 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN.

Réalisé par le Cerema, CDC Biodiversité et l'ENPC dans le cadre de l'action D4 « Suivi et évaluation du programme démonstrateur », il est le résultat d'un travail de co-construction ayant mobilisé les 10 sites pilotes du programme démonstrateur, leurs partenaires techniques, l'OFB et d'autres bénéficiaires associés, ainsi qu'un grand nombre d'experts extérieurs au projet. Cette démarche participative a permis d'aboutir aujourd'hui à une liste d'indicateurs pour suivre l'atteinte d'objectifs définis au préalable en matière d'adaptation au changement climatique, de gain net en biodiversité, de co-bénéfices sociaux et économiques et enfin, de gouvernance.

Ce référentiel participe par ailleurs à mettre en cohérence l'articulation de projets de SafN portés en métropole et en Outre-mer avec des concepts fondateurs préexistants, notamment les travaux réalisés sur les services écosystémiques et les fonctions écologiques depuis une vingtaine d'années par des organismes internationaux ([UICN](#)), européens ([Nature4Cities](#), [UnaLab](#), [Connecting Nature](#) ; voir également European Commission, 2021a, b) et nationaux ([EFESE](#)).

Construit à partir de 10 projets de SafN de nature différente dans 10 territoires aux enjeux eux aussi différents, ce référentiel couvre un large spectre d'indicateurs de suivi, transposables à d'autres projets de SafN sur d'autres territoires. Destiné à tous les porteurs ou financeurs de projets, sa vocation à l'avenir sera de vivre au-delà de la portée spatiale et temporelle du projet LIFE intégré ARTISAN. Il constitue une base de travail riche et solide pouvant être adaptée à une variété de SafN selon les fonctions écologiques et les services écosystémiques à promouvoir ainsi que les moyens humains, techniques et financiers disponibles.

Pour conclure, ce référentiel pourra être actualisé et enrichi à l'avenir grâce aux futurs retours d'expériences des 10 sites pilotes du programme démonstrateur du projet LIFE intégré ARTISAN, de tout porteur de projets de SafN et, plus largement, grâce à l'avancée des connaissances sur les SafN que ce soit au niveau national, européen ou international.

ANNEXES

ANNEXE 1 / Critères pour repérer les SafN, déclinaison du standard mondial de l'UICN pour les SafN (extrait de Azam et al. 2021, Annexe 5 – Outil D1)

Critère		Indicateur		Explication de l'indicateur
Adaptation aux Changements Climatiques	1. Le projet est conçu pour l'adaptation aux changements climatiques.	1.1	L'adaptation au CC est identifiée comme un enjeu sociétal prioritaire du territoire.	L'enjeu adaptation au CC est bien prioritaire pour le territoire et les populations (inscrit dans documents de planification ou autres documents stratégiques).
		1.2	Les enjeux de l'adaptation au CC sont compris et documentés (notamment ceux relatifs à la temporalité).	L'adaptation au CC est comprise (causes et réponses possibles) et documentée sur le territoire et le projet répond à un diagnostic et est inscrit dans un plan d'action. Les autres défis sociétaux auquel le projet répond sont identifiés.
		1.3	Les effets du projet sur le bien-être humain et vis-à-vis de l'adaptation au CC sont identifiés, comparés et régulièrement évalués.	Les résultats attendus en matière de bien-être humain et vis-à-vis de l'adaptation au CC sont identifiés et des indicateurs de suivis réguliers ont été mis en place pour évaluer l'impact du projet.

Critère	Indicateur	Explication de l'indicateur	
Questions d'échelles	2. Le projet s'insère et prend en compte des échelles variées.	2.1 La conception du projet reconnaît et intègre les interactions qui existent entre l'économie, la société et les écosystèmes.	Le périmètre géographique et le calendrier de réalisation du projet sont adaptés au défi ciblé, au contexte socio-économique et à la fonctionnalité des écosystèmes sur le territoire du projet et avoisinant.
		2.2 Le projet est intégré à d'autres interventions complémentaires et vise à créer des synergies entre les secteurs	La complémentarité avec d'autres types d'interventions pertinentes, comme les projets d'ingénierie, les technologies, les instruments financiers est recherchée. Des synergies entre différents secteurs sont recherchées concernant la gestion, le suivi et les résultats du projet.
		2.3 La conception du projet intègre l'identification et la gestion des risques au-delà du site d'intervention.	Les facteurs de risques et impacts potentiellement négatifs ont été identifiés au niveau du projet et au-delà de la zone d'intervention. Ils sont pris en compte dans la conception du projet grâce à un plan de gestion des risques qui sera évalué tout au long du projet.

Critère	Indicateur	Explication de l'indicateur	
Gain net en biodiversité	3.1	Les actions mises en place s'appuient sur l'évaluation de l'état initial de l'écosystème et des principaux facteurs de dégradation et de perte de biodiversité.	L'état initial des écosystèmes et des espèces qui les composent ainsi qu'une analyse des pressions ont été réalisés avant le projet.
	3.2	Des résultats clairs et mesurables en matière de conservation de la biodiversité sont identifiés, comparés et évalués régulièrement.	Des objectifs clairs et mesurables en matière de conservation de la biodiversité sont identifiés. Les suivis mis en place permettent d'évaluer régulièrement les résultats.
	3.3	Le suivi inclut des évaluations régulières des conséquences négatives non intentionnelles du projet sur la nature.	Des protocoles de suivis et d'évaluation de la biodiversité sont mis en place dès la conception du projet. Les risques et impacts potentiellement négatifs directs ou indirects pour la biodiversité sont identifiés et pris en compte dans le suivi et la conception du projet (mesures ER).
	3.4	Les possibilités de renforcer l'intégrité et la connectivité des écosystèmes sont identifiées et intégrées dans la stratégie du projet.	Le projet vise à améliorer la fonctionnalité et la connectivité des écosystèmes.

Critère	Indicateur	Explication de l'indicateur	
Faisabilité et viabilité économique	4. Le projet est économiquement viable.	4.1 Les bénéfices et les coûts directs et indirects associés au projet (qui paie et qui reçoit) sont identifiés et documentés.	Les principaux bénéfices et coûts (directs et indirects et qui les reçoit) sont identifiés et documentés.
	4.2 Une étude de rentabilité est fournie pour étayer le choix des actions du projet et prend en compte l'impact probable de toute réglementation et subvention concernée.	La rentabilité est analysée et inclut les coûts directs et indirects, le flux des avantages dans le temps, les hypothèses de rentabilité, la mesure de l'impact des réglementations et subventions en lien avec le projet. Cette étude justifie le choix des actions du projet.	
	4.3 L'efficacité du projet est évaluée par rapport aux solutions alternatives disponibles, en tenant compte de toutes les externalités associées.	Le rapport coût-efficacité du projet a été comparée avec des solutions alternatives (infrastructure de génie civil ou technologie) et les externalités associées au projet sont prises en compte de manière adéquate.	
	4.4 La diversification des sources de financement est recherchée pour assurer la viabilité et la pérennité financière du projet.	La conception et la mise en œuvre du projet doivent s'appuyer sur différents types de ressources financières telles que des engagements volontaires, du secteur public, basés sur le marché...Les moyens mis en œuvre pour assurer la viabilité et la pérennité financière du projet sont décrits et documentés pour toute la durée du projet (plan de financement complet et détaillé).	

Critère	Indicateur	Explication de l'indicateur	
Gouvernance inclusive	5. Les projets reposent sur des processus de gouvernance inclusifs, transparents et responsabilisants.	5.1 Un mécanisme de retour d'information et de résolution des griefs est défini et pleinement accepté et est à la disposition de toutes les parties prenantes avant qu'un projet soit lancé.	Un système de transmission/remontée d'information et de plaintes concernant le projet est mis à disposition de tous dès le début du projet (cahier de doléances, email...).
	5.2 La participation est fondée sur le respect mutuel et l'égalité, indépendamment du sexe, de l'âge ou du statut social, et défend le droit des peuples autochtones.	Les populations locales (riverains, peuples autochtones, usagers) sont informées en amont du projet et incluses à chaque étape de la concertation. Si pertinent, l'équilibre des genres dans les personnes consultées et associées au projet est pris en compte.	
	5.3 Les parties prenantes qui sont directement et indirectement touchées par le projet ont été identifiées et impliquées dans tous les processus d'intervention du projet.	Les parties prenantes et acteurs impliqués sont listés et le mode de gouvernance choisi décrivant les étapes d'inclusions des différents acteurs est décrit.	
	5.4 Les processus décisionnels documentent et répondent aux droits et intérêts de toutes les parties prenantes participantes et concernées.	Une documentation transparente et accessible consigne les étapes clés des procédures de prise de décision du projet et la mention des parties prenantes qui ont été impliquées dans la prise de décision ainsi que leur rôle.	
	5.5 Lorsque l'échelle du projet s'étend au-delà des limites administratives, des mécanismes sont mis en place pour permettre une prise de décision conjointe entre les parties prenantes des juridictions concernées.	Dans le cas de projets transnationaux, interrégionaux ou transfrontaliers, des accords de coopération transfrontalière entre les autorités compétentes sont mis en place pour assurer la cohérence et l'homogénéité de l'approche et des résultats souhaités du projet par-delà les frontières.	

Critère	Indicateur	Explication de l'indicateur	
Equilibre des compromis	6. Le projet permet un juste équilibre entre la réalisation de leur(s) objectif(s) principal(aux) et la fourniture continue d'avantages multiples.	6.1 Les coûts et les bénéfices potentiels associés au projet sont explicitement reconnus et éclairent les mesures de sauvegarde ainsi que toute mesure corrective appropriée. Une attention particulière sera portée aux bénéfices apportés par les projets pour l'atténuation des changements climatiques.	Les projets sont accompagnés d'un ensemble de coûts et de bénéfices associés qui peuvent varier tout au long du projet. Il est important de veiller à ce que le projet n'ait pas d'impact négatif sur la société et donc que les coûts et les bénéfices soient pleinement compris et connus.
		6.2 Les droits, l'usage et l'accès aux terres et aux ressources, ainsi que les responsabilités des différentes parties prenantes, sont reconnus et respectés.	Les propriétaires et les gestionnaires/exploitants des terrains impactés par le projet sont intégrés dans les parties prenantes et leurs droits sont respectés et pris en compte dans la conception du projet.
		6.3 Les mesures de sauvegardes établies sont révisées régulièrement afin de s'assurer que l'équilibre coûts-bénéfices mutuellement convenu soient respecté et qu'il ne déstabilise pas le projet dans son ensemble.	L'équilibre coûts-bénéfices est convenu d'un commun accord et respecté et des mesures de sauvegarde, permettant d'empêcher que les limites ne soient dépassées et déstabilisent les écosystèmes, sont en place, régulièrement révisées et clairement documentées.

Critère	Indicateurs	Explication de l'indicateur	
Gestion adaptative	7. Le projet est géré de façon adaptative, sur la base de données probantes.	7.1 Une stratégie du projet est établie et sert de base au suivi et l'évaluation réguliers du projet.	La stratégie du projet comprend le raisonnement qui sous-tend le projet, une identification précise des résultats attendus et une compréhension claire de la manière dont ceux-ci devraient être atteints grâce aux actions entreprises. Elle doit intégrer les conditions économiques, sociales et écologiques du moment et énoncer clairement les hypothèses quant à leur évolution éventuelle. Elle est utilisée comme base de référence pour le suivi et l'évaluation.
		7.2 Un plan de suivi et d'évaluation est élaboré et mis en œuvre tout au long du cycle de vie du projet.	Des outils de suivi et d'évaluation des actions sont mis en place sur le long terme.
		7.3 Un cadre d'apprentissage itératif qui permet une gestion adaptative est appliqué tout au long du cycle de vie du projet	Le projet prévoit d'adapter les actions prévues en fonction des informations issues du suivi via un cadre d'apprentissage itératif permettant d'adapter le plan d'actions et la stratégie aux changements (écologiques et sociaux) tout au long du projet et au-delà

Critère	Indicateurs	Explication de l'indicateur	
Durabilité et rayonnement	8. Le projet est disséminé et intégré dans les politiques publiques.	8.1 La conception, la mise en œuvre du projet et les enseignements du projet sont partagés pour accompagner un changement de paradigme.	La conception et la mise en œuvre du projet est analysée et documentée et les enseignements du projet sont capitalisés et mis à disposition des parties prenantes intéressées. Une stratégie de communication permet de diffuser ces enseignements et doit accompagner la montée en compétences des parties prenantes concernées sur les enjeux du projet et susciter l'envie d'en adopter les méthodes et pratiques de gestion.
		8.2 Le projet s'appuie sur les cadres politiques, législatifs et réglementaires pour pérenniser ses résultats.	Le projet analyse les contraintes et opportunités de pérennisation de ses résultats liées aux politiques, lois et réglementations.
		8.3 Le cas échéant, le projet contribue à la réalisation des objectifs nationaux et mondiaux en matière de bien-être humain, de changements climatiques, de biodiversité et de droits fondamentaux, y compris la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones (DDPA).	Les actions du projet contribuent à des objectifs nationaux et mondiaux pertinents en matière de bien-être humain, de changements climatiques, de biodiversité et de droits de l'homme. Cette contribution fait l'objet de rapports dans les instances concernées et facilite l'intégration et la mise à l'échelle du projet.

ANNEXE 2 / Composition des groupes de travail et d'expertise organisés pour la définition des indicateurs et leur suivi à venir

Cette liste intègre les personnes ayant pris part au groupe d'échange de mars 2021 ou consultés ultérieurement, les représentants des pilotes et leurs partenaires techniques ayant permis d'affiner les listes d'indicateurs, et les représentants des bénéficiaires associés ayant participé aux échanges liés au suivi.

NOM Prénom	Structure	Information complémentaire
ABEL Astrid	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
AL-SAYAH Mario	ENPC	
AUGIER Alix	Forum des Marais Atlantiques	Site pilote
AUTEROCHE Lucie	MNHN	
BADIN Anne-Laure	Cerema	
BARRE Marc	CDC Biodiversité	
BARTHOULOT Emilien	OFB	Animateur régional ARTISAN
BAUDIN Mélanie	CDC Biodiversité	
BENSAOUD Abdelkader	Hydrasol	
BERTHIER Emmanuel	Cerema	
BOCALY Melissa	Office de l'eau de la Martinique	
BOUAMARA Nedjima	INRAE	
BOUVIER Clément	BRGM	
BOUYER Julien	Cerema	
BREIL Pascal	INRAE	Site pilote
BUATIER Anaïs	Biotope	
CAESSTEKER Pierre	OFB	Animateur régional ARTISAN
CANNAVO Patrice	Agrocampus Ouest	
CANTUARIAS Carmen	ESPI (École supérieure immobilière)	
CARRIERE Michel	Ville des Mureaux	Site pilote
CHRETIEN Luc	Cerema	

NOM Prénom	Structure	Information complémentaire
CLAVEL Aurore	Cerema	
CONCERT Antoine	CCCSN	
CUSSET Solène	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
DA COSTA Pascal	Centrale Supelec	
DALMAS Laurent	CEMOTEV (Centre d'études sur la mondialisation, les conflits, les territoires et les vulnérabilités)	
DAUSSE Armel	Forum des Marais Atlantiques	Site pilote
DELANGUE Justine	UICN	
DELZONS Olivier	MNHN	
DUFOUR Simon	Université Rennes 2	Site pilote
DUFOURNET Marylou	Cerema	
DUVAT Virginie	Université de La Rochelle	
EHLIY Bertrand	Syndicat de gestion de l'Eygoutier	Site pilote
ERBRECH Michel	Cerema	
ETHEIMER Perrine	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
FAURE Solène	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
FLAMENT Grégory	Ville de Lille	Site pilote
FREMCOURT Audrey	CACEM	Site pilote
GALLET Sébastien	Université de Bretagne Occidentale	
GAUTIER Héloïse	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
GROS Marie	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
GUERIN Joana	INRAE	
GUYARD Florian	Université Rennes 2	Site pilote
HEMERYCK Raphaëlle	PNR Pyrénées Ariégeoises	Site pilote
HERTEMAN Mélanie	Nature et Développement	
HUART Gabrielle	ARB Île-de-France	

NOM Prénom	Structure	Information complémentaire
JARDINIER Gaëlle	CDC Biodiversité	
L'HOIR Maëlen	Cerema	
LABEAU Yanis	CACEM	Site pilote
LARMANDE Pascale	ARB Centre Val de Loire	Animatrice régionale ARTISAN
LE MITOUARD Eric	Cerema	
LEANDRI Marc	CEMOTEV	
LEBEAU Thierry	IRSTV	
LEMAIRE Nina	Réseau Ville Santé	
LOURY Mathilde	Office français de la biodiversité	
LUXIN Danielle	CACL	Site pilote
MARIE Xavier	Sol Paysage	
MARTIN Francis	INRAE	
MARTNET Vincent	INRAE	
MARUEJOULS Laëtitia	Ville des Mureaux	Site pilote
MENARD Sophie	CDC Biodiversité	
MICHAUD Hélène	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
MILLERET Elodie	Fondation pour la recherche sur la biodiversité	
MORERE Lucie	MNHN	
MOSSANT Pierre	CEN Auvergne	
OUALLET Pierre	Cerema	
PALKA Laurent	MNHN	
PICARD Clémence	OFB	Animatrice régionale ARTISAN
PILATUS Florine	Cerema	
PIOCH Sylvain	Université de Montpellier	
PRIVAT Adrien	Conservatoire du Littoral	
RHONE Mathieu	Office de l'eau de Guyane	

NOM Prénom	Structure	Information complémentaire
ROUSSEL Cyril	OFB	
RUFFIN-SOLER Caroline	Université du Littoral Côte d'Opale	
RUGANI Benedetto	LIST (Luxembourg Institute of Science and Technology)	
SALGUES Marie	IMT Alès	
SANABRIA Johana	Métropole du Grand Lyon	Site pilote
SEJOURNE Carole	CACL	Site pilote
STAENTZEL Cybil	ENGEES (Ecole nationale du génie de l'eau et de l'environnement)	
TALANDIER-LESPINASSE Sarah	Cerema	
TARDIEU Léa	INRAE	
TASSIN Sébastien	Ville des Mureaux	Site pilote
TAUGOURDEAU Olivier	Valorhiz	
TOURNEBIZE Julien	INRAE	Site pilote
TUAL Clarisse	Suez Consulting	
UIJLENHOET Remko	Université de technologie de Delft	
VERSINI Pierre-Antoine	ENPC	
VILLETARD Morgane	ARB Occitanie	Animatrice régionale ARTISAN
VIVIER Anne	OFB	
VOIRIN Sarah	ONERC	
VOYE Julien	Aqui'brie	Site pilote
WALCZYSZYN Sébastien	Université Versailles Saint-Quentin	
WEISS Julie	Métropole du Grand Lyon	Site pilote
YENGUE Jean-Louis	Université de Poitiers	

ANNEXE 3 / Critères de sélection des indicateurs

Cette liste est issue du travail mené en groupe de partage d'expertise. Elle présente les critères qui ont permis la sélection des indicateurs de ce référentiel.

Porteur de sens, pertinence	L'indicateur est suivi car il se rapporte à un objectif défini, et non pas parce qu'il est possible de le suivre.
Fiabilité,robustesse	L'indicateur est validé scientifiquement, connaît des protocoles standardisés. La traçabilité (et notamment, l'intégration possible à des bases de données existantes) est un marqueur possible de sa fiabilité.
Sensibilité	Une variation quantitative et/ou qualitative de l'indicateur est attendue dans le temps avec la mise en œuvre de la SafN.
Échelle(s) spatiale(s) cohérente(s)	Les groupes s'accordent sur la question de la pertinence de l'échelle ciblée par l'indicateur (vis-à-vis de l'échelle des impacts attendus de la SafN). Pour certains groupes, la question d'indicateurs multi-échelle est posée (qu'il s'agisse d'un indicateur valable à plusieurs échelles, ou d'un panel d'indicateurs permettant de balayer la gamme d'échelles).
Validité au cours du temps	L'indicateur doit être valable avant, après et pendant la mise en œuvre de la SafN.
Pédagogie	Appropriables et compréhensibles par l'ensemble des parties prenantes
Coût	Pour garantir notamment le suivi sur le temps long, et la possibilité de suivis d'un ensemble d'indicateurs On note dans un des groupes d'échange la diminution possible et probable des coûts de certains indicateurs dans le temps du projet LIFE intégré ARTISAN, qui ne sauraient donc être complètement écartés.
Simplicité de mise en œuvre	Ne nécessite pas une forte expertise, ou bien peut être effectué en routine par des bureaux d'études dédiés.

ANNEXE 4 / Matrice SafN du projet LIFE intégré ARTISAN

Cette annexe présente dans son intégralité la matrice SafN développée dans le cadre du projet LIFE intégré ARTISAN et extraite de la note de cadrage du projet (voir Azam et al. 2021).

La clé d'entrée **Clé n°2 : Indicateurs classés selon les types de SafN et de services écosystémiques associés p.254** est un extrait de cette matrice, liant SafN, fonctions écologiques et services écosystémiques, et indicateurs de suivi.

Intitulé de l'action de SafN	Renseignements liés aux changements climatiques		Renseignements liés à la biodiversité et aux écosystèmes				
	Aléas climatiques	Secteurs et territoires impactés	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN	Type d'actions SfN	Autres bénéficiaires potentiels induits par la mise en œuvre de l'action de SafN	Services écosystémiques	Services de régulation
Préservation & restauration de zones humides	Inondations Pluies extrêmes Manque d'eau Sécheresse	Infrastructure Gestion des risques Bâtiments Aménagement du territoire Agriculture	Milieus humides et aquatiques continentaux	Restauration d'écosystèmes dégradés, Préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique			Régulation du cycle hydrologique et du débit d'eau (y compris contrôle des crues/inondations)
Restauration de cours d'eau (reméandrage, connexion lit majeur/lit mineur, zones d'expansion naturelle des crues, etc.) et des têtes de bassin versant					Réduction des risques naturels Santé humaine, bien être Atténuation du changement climatique (réduire ou stocker les GES) Développement économique et social Approvisionnement en eau, et qualité de l'eau	Services de régulation	Décontamination des milieux pollués par des micro-organismes, les algues, les plantes, les animaux
Restauration de l'équilibre sédimentaire et le profil en long des cours d'eau							Filtration, séquestration, stockage par des micro-organismes des algues, des plantes, et des animaux
Restauration écologique d'une eau de transition (lagune ou estuaire)							Maintien du cycle de vie, protection de l'habitat, pollinisation
						Services culturels	
						Services d'approvisionnement	

Intitulé de l'action de SafN	Renseignements liés aux changements climatiques		Renseignements liés à la biodiversité et aux écosystèmes				
	Aléas climatiques	Secteurs et territoires impactés	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN	Type d'actions SfN	Autres bénéficiaires potentiels induits par la mise en œuvre de l'action de SafN	Services écosystémiques	Services de régulation
Diversification des cultures (voire avec sélection d'espèces plus résilientes) et allongement des rotations (exemple de pratiques en agroécologie)	Variabilité climatique Manque d'eau Sécheresse Tempêtes et cyclones	Agriculture	Écosystèmes agricoles	Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines	Sécurité alimentaire Développement socio-économique	Services de régulation	Lutte antiparasitaire (y compris espèces exotiques envahissantes)
							Maintenance du cycle de vie, protection de l'habitat, pollinisation
Maintien et ou plantation d'infrastructures agro-écologiques (haies, ripisylves, prairies permanentes, bandes enherbées, etc.)	Canicule Evolution des températures Tempête	Agriculture, forêt		Préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique Restauration d'écosystèmes dégradés	Atténuation du changement climatique (réduire ou stocker les GES)	Services d'approvisionnement et service de régulation	Régulation, atténuation, réduction du risque érosion
Sylvopastoralisme (exemple de pratiques en agroforesterie)	Manque d'eau, Sécheresse	Agriculture, forêt, sylviculture		Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines	Réduction des risques naturels	Services de régulation	Protection contre les feux
							Régulation, atténuation, réduction du risque érosion
Couverture végétale du sol (limitation du travail du sol, cultures intermédiaires, maintien des	Érosion, Manque d'eau Sécheresse	Agriculture		Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par	Sécurité de l'approvisionnement en eau	Services de régulation	Régulation de la qualité des sols
							Régulation, atténuation, réduction du risque érosion

<p>chaumes après moisson, végétalisation des rangs et inter-rangs, exemples de pratiques de l'agroécologie)</p>				<p>les activités humaines</p>	<p>(réduire ou stocker les GES)</p>		
--	--	--	--	-------------------------------	-------------------------------------	--	--

Intitulé de l'action de SafN	Renseignements liés aux changements climatiques		Renseignements liés à la biodiversité et aux écosystèmes				
	Aléas climatiques	Secteurs et territoires impactés	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN	Type d'actions SfN	Autres bénéficiaires potentiels induits par la mise en œuvre de l'action de SafN	Services écosystémiques	Services de régulation
Choix des espèces plantées en fonction du futur climat	Manque d'eau Sécheresse Variabilité du climat Evolution des températures moyennes	Forêt Sylviculture Aménagement du territoire	Écosystèmes forestiers	Préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines	Sécurité de l'approvisionnement en eau Atténuation du changement climatique (réduire ou stocker les GES) réduction des risques naturels	Services de régulation	Régulation de la température et de l'humidité, y compris la ventilation et la transpiration
Variabilité génétique des peuplements						Services d'approvisionnement	Régulation de la qualité des sols
Maintien des lisières de parcelles avec d'autres essences						Services culturels	Régulation du cycle hydrologique et du débit d'eau (y compris le contrôle des crues/inondations)
Mécanisation forestière raisonnée							Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion
Régénération naturelle avec des coupes d'ensemencement							Régulation du cycle hydrologique et du débit d'eau (y compris le contrôle des crues/inondations)
Diversifier les modes de sylviculture							Filtration, séquestration, stockage par des micro-organismes, des algues, des plantes

							et des animaux
Agropastoralisme pour maintenir les milieux ouverts				Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines	Réduction des risques naturels	Services de régulation	Régulation atténuation réduction du risque de feux
Préservation des réseaux de vieilles forêts				Préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique	Réduction des risques naturels	Services de régulation	Maintenance du cycle de vie, protection de l'habitat : Pollinisation
							Réduction du risque des mouvements de masse
							Protection contre les tempêtes

Intitulé de l'action de SafN	Renseignements liés aux changements climatiques		Renseignements liés à la biodiversité et aux écosystèmes				
	Aléas climatiques	Secteurs et territoires impactés	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN	Type d'actions SfN	Autres bénéficiaires potentiels induits par la mise en œuvre de l'action de SafN	Services écosystémiques	Services de régulation
Végétalisation des villes (rues, façades, etc.) et désimperméabilisation des sols	Evolution des températures	Aménagement du territoire Bâtiments	Écosystèmes urbains	Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines restauration d'écosystèmes dégradés	Atténuation du changement climatique (réduire ou stocker les GES) Santé humaine / bien-être humain	Services de régulation	Régulation de la température et de l'humidité, y compris la ventilation et la transpiration
Régulation de la composition chimique de l'atmosphère							
Maintenance du cycle de vie, protection de l'habitat, pollinisation							
Désimperméabilisation et végétalisation des cours des établissements scolaires						Services d'approvisionnement	
Préservation / restauration d'îlots de fraîcheur (délaiés urbains, friches, parcs, etc.) : TVB Climat						Services culturels	
Gestion des eaux pluviales à la parcelle (noues paysagères, jardins de pluie, etc.)		Aménagement du territoire Bâtiments Gestion des risques		Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines	Services de régulation	Services de régulation	

Intitulé de l'action de SafN	Renseignements liés aux changements climatiques		Renseignements liés à la biodiversité et aux écosystèmes				
	Aléas climatiques	Secteurs et territoires impactés	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN	Type d'actions SfN	Autres bénéficiaires potentiels induits par la mise en oeuvre de l'action de SafN	Services écosystémiques	Services de régulation
Gestion forestière durable par la diversification et l'accompagnement de la dynamique spatiale de la forêt de montagne	Érosion et mouvement de terrain Variabilité du climat (grand froid, chutes de neige...)	Gestion des risques	Écosystèmes rocheux et de haute montagne	Amélioration de la gestion des écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines	Atténuation du changement climatique (réduire ou stocker les GES) Réduction des risques naturels	Services d'approvisionnement	
Restauration de terrain en Montagne						Services de régulation	Filtration, séquestration, stockage par des micro-organismes, des algues, des plantes et des animaux
							Réduction du risque des mouvements de masse
Mobilisation du génie végétal sur des affluents en montagne (maintien des sédiments)	Érosion et mouvement de terrain			Restauration d'écosystèmes dégradés	Réduction des risques naturels Atténuation du changement climatique (réduire ou stocker les GES)	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion
							Filtration, séquestration, stockage par des micro-organismes, des algues, des plantes et des animaux

Intitulé de l'action de SafN	Renseignements liés aux changements climatiques		Renseignements liés à la biodiversité et aux écosystèmes					
	Aléas climatiques	Secteurs et territoires impactés	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN	Type d'actions SfN	Autres bénéficiaires potentiels induits par la mise en œuvre de l'action de SafN	Services écosystémiques	Services de régulation	
Restauration / gestion des profils / cordons dunaires	Inondation, pluies extrêmes Élévation du niveau de la mer	Bâtiments gestion des risques Santé / bien-être Réseaux et infrastructures Tourisme	Milieu dans lequel s'inscrit la SafN Milieux marins et littoraux	Préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique	Réduction des risques naturels	Services de régulation	Régulation du cycle hydrologique et du débit d'eau (y compris le contrôle des crues/inondations)	
							Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion	
Restauration de la morphologie du trait de côte	Inondation, pluies extrêmes Érosion et mouvement de terrain	Bâtiments Gestion des risques		Préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique Restauration d'écosystèmes dégradés	Réduction des risques naturels	Services de régulation	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion	
Maintien / restauration des fonctions hydrologiques des zones humides en amont	Inondation, pluies extrêmes Érosion et mouvement de terrain Evolution des températures moyennes Canicules	Bâtiments, Gestion des risques, réseaux et infrastructures, aménagement du territoire		Milieu dans lequel s'inscrit la SafN Milieux marins et littoraux	Réduction des risques naturels Sécurité de l'approvisionnement en eau Atténuation du changement climatique	Services de régulation et d'approvisionnement	Régulation du cycle hydrologique et du débit d'eau (y compris le contrôle des crues/inondations)	
Maintien / restauration des marais rétro-littoraux	Inondation, pluies extrêmes, tempêtes Érosion et mouvement de terrain						Réduction des risques naturels	Services de régulation
Maintien / restauration des milieux de prés salés et de vasières	Élévation du niveau de la mer Inondation, pluies extrêmes, tempêtes		Réduction des risques naturels Sécurité alimentaire (zones fonctionnelles /nurseries) Atténuation				Services de régulation et d'approvisionnement	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion

	Érosion et mouvement de terrain Élévation du niveau de la mer				du changement climatique		
Maintien / restauration des herbiers de phanérogames (zostères, posidonies, par exemple)					Réduction des risques naturels Sécurité alimentaire (zones fonctionnelles /nurseries) Atténuation du changement climatique	Services de régulation et d'approvisionnement	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion
Modification des pratiques de gestion des plages pour un maintien de la laisse de mer / des banquettes de posidonies					Réduction des risques naturels	Services de régulation	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion
Maintien/ restauration des récifs d'hermelles					Réduction des risques naturels	Services de régulation	
Maintien / restauration des herbiers et fonds marins	Inondation et pluies extrêmes Érosion et mouvement de terrain Élévation du niveau de la mer Evolution des températures moyennes				Réduction des risques naturels Sécurité alimentaire (zones fonctionnelles /nurseries) Atténuation du changement climatique	Services de régulation et d'approvisionnement	
Maintien / restauration des écosystèmes à mangroves	Inondation et pluies extrêmes Érosion et mouvement de terrain Élévation du niveau de la mer				Réduction des risques naturels Sécurité alimentaire (zones fonctionnelles /nurseries) Atténuation du changement climatique	Services de régulation et d'approvisionnement	Régulation, atténuation, réduction du risque d'érosion Protection contre les tempêtes
Maintien / restauration des récifs coralliens	Inondation et pluies extrêmes Érosion et				Réduction des risques naturels	Services de régulation	Régulation, atténuation, réduction du risque

	mouvement de terrain Élévation du niveau de la mer Evolution des températures moyennes						d'érosion Protection contre les tempêtes
--	---	--	--	--	--	--	---

BIBLIOGRAPHIE

Note : la bibliographie mobilisée pour la définition des indicateurs est indiquée dans chaque fiche indicateur. La bibliographie présentée ici est la bibliographie du corps du document.

Azam C., Bidaud S., Delangue J., Melka P., Tailleur A. & Vo Van C. (2021). Les solutions fondées sur la nature pour l'adaptation aux changements climatiques. Note de cadrage. Projet LIFE intégré ARTISAN, Accroître la résilience des Territoires aux changements climatiques par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature. Version Juin 2021. 50 p.

CDC Biodiversité (2021). Évaluation socioéconomique des Solutions fondées sur la Nature. Mission Economie de la Biodiversité et Vertigo Lab, Paris, France, 40 p.

CDC Biodiversité (2019). Nature en ville : aménager aujourd'hui les communes de demain. Mouton T., Pausin M., Philippe C., Mission Economie de la Biodiversité, Cahier Biodiv'2050, 56 p.

Efese (2017). Efese L'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques – Cadre conceptuel. Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, en charge des relations internationales sur le climat, avec l'appui de la Fonction pour la recherche sur la biodiversité. Théma Avril 2017, Analyses, Biodiversité. 88p.

Efese (2018) Les écosystèmes urbains. Théma, Octobre 2018, Direction de l'information légale et administrative, Paris, 889 p.

Efese (2018) Les écosystèmes forestiers. Théma, Octobre 2018, Direction de l'information légale et administrative, Paris, 404 p.

Efese (2018) Les écosystèmes marins. Théma, Octobre 2018, Direction de l'information légale et administrative, Paris, 864 p.

Efese (2018) Les écosystèmes rocheux et de haute-montagne. Théma, Octobre 2018, Direction de l'information légale et administrative, Paris, 484 p.

European Commission. (2021a) Evaluating the impact of nature-based solutions : a handbook for practitioners. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 373p.

European Commission. (2021b) Evaluating the impact of nature-based solutions : Appendix of methods. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 1177p.

GIZ, UNDP & CEval. (2015). Impact Evaluation Guidebook for Climate Change Adaptation Projects. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. 68p.

OFB (2021). LIFE ARTISAN : Le climat change, adaptons-nous avec la nature. 6 p.

Therond O. (coord.), Tichit M. (coord.), Tibi A. (coord.), Accatino F., Biju-Duval L., Bockstaller C., Bohan D., Bonaudo T., Boval M., Cahuzac E., Casellas E., Chauvel B., Choler P., Constantin J., Cousin I., Daroussin J., David M., Delacote P., Derocles S., De Sousa L., Domingues Santos J.P., Dross C., Duru M., Eugène M., Fontaine C., Garcia B., Geijzendorffer I., Girardin A., Graux A-I., Jouven M., Langlois B., Le Bas C., Le Bissonnais Y., Lelièvre V., Lifran R., Maigné E., Martin G., Martin R., Martin-Laurent F., Martinet V., McLaughlin O., Meillet A., Mignolet C., Mouchet M., Nozières-Petit M-O., Ostermann O.P., Paracchini M.L., Pellerin S., Peyraud J-L., Petit-Michaut S., Picaud C., Plantureux S., Poméon T., Porcher E., Puech T., Puillet L., Rambonilaza T., Raynal H., Resmond R., Ripoché D., Ruget F., Rulleau B., Rusch A., Salles J-M., Sauvant D., Schott C., Tardieu L. (2017). Volet "écosystèmes agricoles" de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques. Rapport d'étude, Inra (France), 966 pages.*

UICN France (2018). Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France. Paris, France. 48 p.

UICN (2020a). Standard mondial de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature. Cadre accessible pour la vérification, la conception et la mise à l'échelle des SfN. Première édition. Gland, Suisse : UICN. 30 p.

UICN (2020b). Orientations générales d'utilisation de Standard mondial de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature. Première édition. Gland, Suisse : UICN. 84 p.

TRIBU & Cerema. (2021). Rafraîchir les villes : des solutions variées. ADEME Editions, Angers, 80 p.

LISTE DES ACRONYMES

ADEME : Agence de la transition écologique

ANBDD : Agence normande de la biodiversité et du développement durable

ARB : Agence régionale de la biodiversité

CACEM : Communauté d'agglomération du centre de la Martinique

CACL : Communauté d'agglomération du centre littoral de Guyane

CCCSN : Communauté de communes Cingal-Suisse Normande

Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CDC Biodiversité : Caisse des dépôts et consignations - Biodiversité

Efese : Évaluation française des écosystèmes et des services

ENPC : Ecole des Ponts ParisTech

FMA : Forum des marais atlantiques

GIZ : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

MNHN : Muséum national d'histoire naturelle

OFB : Office français de la biodiversité

ONERC : Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

SafN : Solutions d'adaptation fondées sur la Nature

SfN : Solutions fondées sur la Nature

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources

UNDP : United Nations Development Programme, Programme des nations unies pour le développement



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN