



ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES SOLUTIONS D'ADAPTATION FONDÉES SUR LA NATURE

Rapport Final



Préambule

Auteure : Auriane BAHUAU

Supervision : Marie GROS

Relecture : Sarah QUATRESOUS-TALANDIER, Aude BODIGUEL, Anne FEUILLAS, Mathilde LOURY

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un travail de fin d'étude sur l'approche économique des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature, au sein de l'Unité Mutualisée Appui aux Acteurs et Mobilisation des Territoires (UMAAMT) de la Direction régionale Hauts-de-France de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), et sous l'autorité de l'animatrice régionale Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (projet Life intégré ARTISAN). Il a été réalisé sur la période avril-août 2023.

Ce travail de fin d'étude s'inscrit en troisième et dernière année de formation à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE).

Glossaire

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANCT : Agence Nationale de la Cohésion des Territoires

ANRU : Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine

ARB : Agence Régionale de la Biodiversité

ARS : Agence Régionale de Santé

ARTISAN : Accroître la Résilience de Territoires au changement climatique par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature

CAP : Consentement à Payer

CEDRE : Centre de la Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux

CEREMA : Centre d'Etudes et Expérience en Risques, Environnement, Mobilité et Urbanisme

CESTM : Centre d'Etudes et de Soins pour les Tortues Marines

CIEM : Centre de Bilan de Santé

CGPM : Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée

CROSS : Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage

CSN : Centre de Sécurité des Navires

DCS : Dispositif de Contrôle et de Surveillance

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

ERC : Eviter-Réduire-Compenser

GEMAPI : Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations

GES : Gaz à effet de serre

INRAE : Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

IPSL : Institut Pierre-Simon Laplace – Sciences du climat

M : Million

Md : Milliard

Mds : Milliards

MI : Mètre linéaire

OFB : Office français de la biodiversité

ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

ONF : Office National des Forêts

PAPI : Programme d'Actions de Prévention des Inondations

PIB : Produit Intérieur Brut

PNACC : Plan national pour l'adaptation au changement climatique

PNB : Plan national pour la biodiversité

PSE : Paiement pour services environnementaux

RCP : *Representative Concentration Pathway*, Trajectoire représentatives de concentration

REACH : *Registration, Evaluation and Autorisation of Chemicals*, Enregistrement évaluation et autorisation des substances chimiques

REPHY : Réseau de suivi du Phytoplancton

RGA : Retrait-Gonflement des Argiles

SAFN : Solutions fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

SFN : Solutions fondées sur la Nature

SOMLIT : Service d'Observation en Milieu Littoral

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

USD : Dollars américains

Phase 1: État des lieux des méthodes d'évaluation économique appliquées aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature

Table des matières – Phase 1

Résumé.....	8
Liste des figures	9
Liste des tableaux.....	9
I. Introduction.....	10
I. 1 Les Solutions fondées sur la Nature	10
I. 2 Le projet Life ARTISAN	10
I. 3 Contexte de l'étude	10
I. 4 Objectif de la note de synthèse	11
II. Méthodes d'analyse économique d'un projet d'adaptation.....	12
II. 1 La méthode d'analyse financière classique.....	12
II. 2 La méthode d'analyse coûts-bénéfices.....	12
II. 3 La méthode d'analyse coût-efficacité.....	13
II. 4 La méthode d'analyse multicritères	14
II. 5 Synthèse.....	15
III. Les coûts d'un projet.....	16
III. 1 Définitions du coût global	16
III. 2 Coûts intégrés dans la notion de coût global d'un projet.....	17
III. 3 Comparaison d'éléments de coûts de SafN et de solutions grises.....	20
IV. L'évaluation économique de la maladaptation et de l'inaction climatique.....	30
IV. 1 Evaluation de la maladaptation	30
IV. 1. 1 Les différents types de maladaptation.....	30
IV. 1. 2 Des principes directeurs pour éviter la maladaptation.....	31
IV. 1. 3 Les principaux facteurs de la maladaptation	33
IV. 2 Evaluation de l'inaction.....	34
IV. 2. 1 L'évaluation de l'inaction par des indicateurs d'impact.....	34
IV. 2. 2 L'approche par le secteur assurantiel	36
IV. 2. 3 L'évaluation des coûts évités.....	36
IV. 2. 4 Les méthodes d'approche macro du coût de l'inaction.....	37
V. Les bénéfices d'une SafN	38
V. 1 L'évaluation des valeurs non liées à un marché	40
V. 2 L'évaluation des valeurs de marché et des valeurs d'option.....	41

V. 3 L'évaluation des valeurs de non-usage.....	42
V. 4 Réutiliser ces méthodes entre différentes situations.....	43
VI. Limites de l'approche économique pour les projets de SafN et points de vigilance	45
VI. 1 Des performances encore difficiles à analyser	45
VI. 2 La nécessité d'une évaluation exhaustive des externalités positives et négatives	45
VI. 3 Le cadre du coût global	46
VI. 4 Deux méthodes d'analyse complémentaires	46
VI. 5 La maladaptation et l'inaction, deux notions difficiles à chiffrer.....	46
VI. 6 Les risques d'une évaluation économique	47
VII. Conclusion.....	48
Bibliographie – Phase 1	49
ANNEXES – Phase 1.....	54

Résumé

Le Projet Life Artisan a été mis en place afin de déployer sur le territoire français les projets de Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN) pour se préparer aux conséquences du changement climatique. Toutefois, une étude menée sur les freins et les leviers à la mise en place de SafN¹ a souligné le manque de synthèse dans les études chiffrées sur les SafN permettant de les comparer aux solutions d'ingénierie classique et prenant en compte leurs externalités. **Ce travail reprend et synthétise donc les méthodes existantes et mobilisables pour comparer économiquement les projets de SafN aux solutions grises.**

Ce travail a été alimenté par revue de la littérature, des dires d'experts, des échanges avec les animateurs régionaux Life Artisan, et des entretiens avec des porteurs de projets en Hauts-de-France, pour **confronter les méthodes et données existantes dans la littérature et les programmes démonstrateurs aux méthodes utilisées en pratique en région.**

Il ressort de ce travail que pour les SafN, les **méthodes d'analyse de performances économiques les plus appropriées** sont celles permettant l'intégration d'externalités liées à l'environnement ou à la santé et pas uniquement économiques, type **analyses coûts-bénéfices** ou **multicritères**.

Afin d'évaluer les coûts liés aux projets, on peut utiliser la notion de **coût global étendu**, ou coût global par abus de langage, qui prend en compte l'ensemble des paramètres liés au coût d'un projet, y compris les externalités, notamment celles liées à l'environnement d'où son intérêt dans le cadre des SafN.

Pour une même adaptation face à un aléa climatique, les différents types de solutions (ingénierie classique ou SafN) sont associées à des co-bénéfices différents. Les SafN présentent de nombreux bénéfices liés aux services écosystémiques sur lesquels elles reposent. Cependant, les valeurs associées à ces services écosystémiques sont plus ou moins tangibles et difficiles à évaluer, **il est donc nécessaire d'utiliser différentes méthodes** (basées sur les coûts, sur les préférences révélées, déclarées, ...) **afin de pouvoir évaluer ces bénéfices.**

Les **coûts de la maladaptation et de l'inaction climatique** permettent également de comprendre l'intérêt des SafN, mais, leur coût étant difficiles à évaluer, **on utilise surtout des indicateurs d'impact** (paramètres dont l'évolution permet de quantifier les effets du changement climatique).

Les limites majeures pour comparer la performance économique des SafN aux solutions grises sont le manque de données sur les performances des SafN, et la difficile évaluation des coûts et des bénéfices dans leur globalité, notamment du fait du manque de recul nécessaire ou de la complexité des écosystèmes.

¹ 2022. *Etude sur les freins et les leviers à la mise en œuvre des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature.* OFB. : https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2022-03/OFB_SafN_Freins%20et%20leviers%20mise%20en%20oeuvre.pdf

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des coûts du coût global étendu	16
Figure 2 : Décomposition de la valeur économique totale	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des différentes méthodes d'analyse	15
Tableau 2 : Coûts intégrés dans la vie d'un projet.....	18
Tableau 3 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de canicule	21
Tableau 4 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque d'incendie..	22
Tableau 5 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de sécheresse	22
Tableau 6 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de mouvement de terrain	23
Tableau 7 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque d'inondation	26
Tableau 8 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de submersion marine.....	28
Tableau 9 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque d'érosion du trait de côte.....	29
Tableau 10 : Principaux facteurs de maladaptation	33
Tableau 11 : Indicateurs de l'inaction climatique selon les secteurs considérés	35
Tableau 12 : Méthodes de monétarisation des préférences déclarées	40
Tableau 13 : Méthodes de monétarisation basées sur les coûts	41
Tableau 14 : Méthodes de monétarisation basées sur des préférences révélées	42
Tableau 15 : Méthodes de transfert de valeurs entre différents projets	43

I. Introduction

I. 1 Les Solutions fondées sur la Nature

D'après l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), les Solutions fondées sur la Nature (SfN) sont définies comme : « les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité. »

Les SfN sont déclinées en trois types d'actions :

- La préservation d'écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique,
- L'amélioration de la gestion d'écosystèmes pour une utilisation durable par les activités humaines,
- La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes.

Ces actions peuvent être combinées dans les territoires et avec des solutions d'ingénierie classique (on parle alors de solutions mixtes).²

I. 2 Le projet Life ARTISAN

Cet état des lieux est réalisé dans le cadre du projet Life intégré ARTISAN (« Accroître la Résilience des Territoires au changement climatique par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature »), lancé en 2020 pour une durée de huit ans. Co-financé par la Commission européenne et les collectivités territoriales, ce projet est piloté par l'Office français de la biodiversité (OFB) et regroupe 28 Bénéficiaires Associés. Il vise à développer les solutions d'adaptation fondées sur la nature (SafN) pour se préparer aux conséquences des dérèglements climatiques en cours et à venir, conformément au Plan National d'Adaptation au Changement Climatique pour la période 2018-2022 (PNACC 2) et à la Stratégie Nationale Biodiversité (SNB) de la France.

I. 3 Contexte de l'étude

Suite à l'étude sur les obstacles et leviers à la mise en œuvre des solutions fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique³ de l'OFB, il a été identifié un frein important pour la mise en œuvre de projets liés à l'approche économique des SafN. En effet, on constate un manque d'évaluations économiques⁴ fiables des projets et les approches comptables classiques sont souvent défavorables aux SafN. Les externalités négatives de projets de génie civil ne sont notamment pas prises en compte de même que les aménités environnementales et les services écosystémiques liés aux SafN. D'autre part, pour les membres du projet Life Artisan, la question du coût des SafN est récurrente et a besoin d'être alimentée pour opérer

² Site de l'UICN : Solutions fondées sur la nature : <https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>

³ 2022. *Etude sur les freins et les leviers à la mise en œuvre des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature*. OFB. : https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2022-03/OFB_SafN_Freins%20et%20leviers%20mise%20en%20oeuvre.pdf

⁴ On différencie économie et finance de la manière suivante : la finance représente les ressources nécessaires à la réalisation d'un projet économique, tandis que l'économie englobe tous les activités humaines (production, distribution, consommation de richesses, ...).

un effet démultiplicateur de ces projets. Il s'est donc dégagé un besoin d'explorer la notion de coût pour les SafN afin de pouvoir mieux les comparer avec des solutions dites « grises », type génie civil.

Il convient cependant de mentionner que certaines réserves demeurent sur cette question. Pour certains acteurs, ce sont les multiples bénéfices des SafN qu'il est intéressant de mettre en avant et que ces actions sont à promouvoir « quoi qu'il en coûte ».

I. 4 Objectif de la note de synthèse

Plusieurs approches existent pour l'évaluation de la biodiversité et de sa contribution pour les activités humaines.

On retrouve notamment **l'évaluation biophysique** qui consiste à « rassembler de l'information pour décrire l'état de la biodiversité, souvent à partir de mesures de diversité et d'abondance ». Cette approche permet d'apprécier l'état de dégradation ou de conservation des écosystèmes et de comprendre leur fonctionnement les pressions auxquelles ils font face.⁵

L'évaluation socio-économique est également utilisée. Elle consiste à « estimer la valeur de la biodiversité au regard des intérêts des individus et des sociétés humaines ». Cette évaluation vise à attribuer une valeur aux services écosystémiques et « constitue un outil d'aide à la décision ».⁶

Ces deux approches ont des objectifs différents mais peuvent être utilisées en complémentarité pour la prise de décision. Cette note se concentre sur cette dernière approche.

Cette synthèse a pour objectif de définir la notion de **coût global** dans le cadre des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature et de faire un tour d'horizon des différentes méthodes d'évaluation économique des coûts et des bénéfices de celles-ci afin de mieux pouvoir les comparer aux solutions d'ingénierie classique. En effet, pour deux solutions permettant de s'adapter à un même aléa climatique, les coûts ainsi que les bénéfices et co-bénéfices peuvent être différents. On cherche donc à comprendre **quelles catégories de coûts regarder** dans un projet de SafN afin de pouvoir les comparer le plus précisément possible avec des solutions grises. De même, on cherche également à **recenser les méthodes permettant d'évaluer les bénéfices** (qualitatifs et quantitatifs) des SafN afin de pouvoir plus facilement les prendre en compte avec des méthodes d'analyse économiques.

⁵ 2017. *EFESE Cadre conceptuel*. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Thema%20-%20Efese%20-%20Le%20cadre%20conceptuel.pdf>

⁶ 2017. *EFESE Cadre conceptuel*. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Thema%20-%20Efese%20-%20Le%20cadre%20conceptuel.pdf>

II. Méthodes d'analyse économique d'un projet d'adaptation

Plusieurs méthodes d'analyse peuvent être utilisées afin d'évaluer la capacité d'adaptation au changement climatique d'un projet ou d'une action, notamment au travers de ses performances économiques.

On retrouve notamment l'**analyse financière**, utilisée pour évaluer les flux purement financiers générés par le projet. Cependant, dans le cadre des SafN, il est pertinent de s'intéresser à des méthodes d'analyses permettant d'intégrer des paramètres économiques mais également sociaux et environnementaux telles que l'**analyse coûts-bénéfices**, l'**analyse coût-efficacité** et l'**analyse multicritères**.

La méthode d'**analyse coûts-bénéfices** est communément utilisée pour des projets de génie civil, comme la construction de digues par exemple, car elle permet de prendre en compte les impacts du projet, notamment sur l'environnement. La méthode d'**analyse coût-efficacité** peut être menée en complément ou indépendamment de l'analyse coût-bénéfice sur plusieurs types de projets, plutôt en tant qu'outil d'aide à la décision. La méthode d'**analyse multicritères** est souvent privilégiée pour des projets ayant une dimension environnementale, comme les SafN, du fait de sa capacité à prendre en compte les différents services associés aux écosystèmes pris en compte.

On parlera ici de projets d'aménagements permettant de répondre aux enjeux d'adaptation au changement climatique et de préservation de la biodiversité.

II. 1 La méthode d'analyse financière classique

L'analyse financière permet d'évaluer la performance financière d'un projet durant sa durée de vie en déterminant la valeur du projet en flux monétarisés pour chacune des parties impliquées dans le financement du projet. Contrairement aux évaluations socio-économiques, l'analyse financière n'inclut que des éléments financiers et n'intègre donc pas les paramètres ayant un impact sur le collectif donc, les paramètres de sécurité, de santé publique ou encore d'environnement.

Dans le cadre de ces analyses, le temps de retour sur investissement, exprimant la durée pour laquelle le ratio financier qui mesure le montant d'argent gagné ou perdu par rapport à la somme initialement investie, est en général utilisé afin de comparer deux scénarios. On peut par exemple comparer les flux financiers associés à la mise en place d'une toile d'ombrage à ceux associés à la plantation d'un arbre et choisir le projet dont les flux sont plus avantageux pour le porteur de projet, et pour les parties impliquées.

II. 2 La méthode d'analyse coûts-bénéfices

Principe : Le principe de la **méthode d'analyse coûts-bénéfices** (aussi appelée coûts-avantages) et d'évaluer des projets en comparant leurs **coûts** et leurs **bénéfices**. On compare ici un scénario de référence (une projection de la situation actuelle dans le futur) avec un ou plusieurs scénarios alternatifs afin de choisir le meilleur. Les bénéfices et les coûts de chaque scénario sont additionnés avant de calculer un ratio pour comparer ces derniers.

Résultat : Cette méthode permet d'évaluer la rentabilité d'un projet en fonction du ratio coût/bénéfice⁷ et donc l'intérêt global et la **pertinence économique** de ce projet pour le porteur de projet.

Intérêts : Il s'agit d'un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages. Cette méthode intègre l'ensemble des coûts et bénéfices sociaux et environnementaux, y compris les effets non marchands⁸ et les biens et services non économiques⁹. Elle permet de comparer les variantes d'un projet du point de vue de l'ensemble des acteurs.

Difficultés : Les difficultés liées à cette méthode sont la disponibilité des données, notamment pour les bénéfices, et l'exhaustivité dans la prise en compte des usages du projet (par exemple une digue peut avoir une fonction de protection mais peut également servir de voie de circulation). De plus, elle implique que tous les coûts et impacts du projet soient exprimés en unité monétaire alors qu'aujourd'hui, il ne nous est pas encore possible de tout monétariser.

Limites : Cette méthode se base sur de nombreuses hypothèses afin de ramener les éléments non marchands à des prix fictifs, sur la construction de situations économiques fictives, sur la conception de marchés là où il n'en existe pas et sur des simulations de modification de l'environnement. On a ici une vision partielle liée à la difficulté de monétariser plusieurs volets du projet, en particulier sur les aspects environnementaux. De plus, afin de chiffrer les coûts et les bénéfices, on se base généralement sur la valeur monétaire du temps. Tous ces choix peuvent donc être discutés et limiter cette approche.

Exemple d'application : On peut par exemple comparer l'adaptation au risque de canicule avec la mise en place d'une toile d'ombrage ou la plantation d'arbres en regardant quel scénario permet d'obtenir le meilleur ratio coûts (installation, entretien, fin de vie, ...) / bénéfices (diminution de la température locale, amélioration de la biodiversité, ...). Cette méthode a notamment été utilisée dans l'étude économique du projet Life Adapto en Baie d'Authie.¹⁰

II. 3 La méthode d'analyse coût-efficacité

Principe : La **méthode d'analyse coût-efficacité** compare les coûts des diverses mesures ou projets envisagés pour atteindre un objectif donné. Elle consiste à classer les actions ou les projets en fonction de leur efficacité pour atteindre un but environnemental défini ou une même efficacité pour l'adaptation.

Résultat : Cette méthode permet de déterminer les différentes options à mettre en œuvre pour atteindre, à moindre coût, un objectif fixé.

⁷ Ce ratio est exprimé, autant que possible, grâce à des valeurs monétaires de coûts et de bénéfices.

⁸ Effet qui ne donne pas lieu à une transaction monétaire, comme un gain de sécurité ou une dégradation d'un bien environnemental.

⁹ Services existants sans besoin d'un travail de l'homme pour être disponible, comme les stocks de poisson.

¹⁰ Site du Life Adapto Baie d'Authie : <https://www.lifeadaptto.eu/baie-d-authie.html>

Intérêts : Elle garantit la **meilleure utilisation possible des ressources financières** du porteur de projet. Elle est notamment intéressante pour les projets avec un objectif bien déterminé.

Difficultés : La principale difficulté est liée à l'identification des coûts à intégrer dans l'analyse, le risque est de ne prendre en compte que les coûts directs pour atteindre l'objectif.

Limites : Toutefois, cette méthode se concentre sur l'effet principal du projet et ne prend pas en compte les externalités positives et négatives de celui-ci. Elle ne permet donc pas de statuer sur la pertinence d'une action selon les bénéfices attendus et ne semble donc pas très adaptée à des projets ayant des externalités sur l'environnement.

Exemple d'application : Sur le même exemple avec la plantation d'arbres ou la mise en place de toiles d'ombrage, on peut regarder quelle solution est la plus rentable pour la baisse de la température d'un même nombre de degrés.

II. 4 La méthode d'analyse multicritères

Principe : La **méthode d'analyse multi-critères** repose sur l'identification et la pondération de différents critères (culturels, écologiques, sociaux, économiques, ...) et la comparaison des solutions selon ces critères (sous forme de notes par exemples). On attribue un coefficient à la note de chaque critère selon l'importance qui lui est accordée ce qui permet, via une multiplication par ce coefficient, d'obtenir une note globale pour la solution, pondérée selon les critères choisis. (cf Annexe 1 page 63)

Résultat : Cette méthode détermine ainsi la solution répondant le mieux aux différents critères choisis.

Intérêts : L'analyse multi-critères permet de comparer des solutions de domaines très divers et de gérer les situations où l'efficacité et le bénéfice ne sont que deux critères parmi d'autres.

D'autre part, l'analyse multi-critères a l'intérêt d'obliger le dialogue entre les différentes parties prenantes du projet (financeurs, maître d'œuvres, habitants, ...). Les acteurs du projet prennent part à la détermination des critères et de leur éventuelle pondération. Cette méthode d'analyse peut donc être utilisée en tant qu'outil de dialogue pour faire converger les opinions. La participation de plusieurs instances permet également de prendre en compte les bénéfices et co-bénéfices sur des champs variés.

Difficultés : La majeure difficulté de cette méthode d'analyse est de trouver une forme de pondération « équitable » pour toutes les parties prenantes, c'est-à-dire que les coefficients et la manière de noter choisis représentent bien chaque partie prenante de la même manière. Il est cependant possible de mener une étude de sensibilité, en observant l'impact de la variation de certains critères sur les résultats, pour s'en assurer.

Limites : Cette méthode peut toutefois manquer de robustesse du fait de la pondération qui peut favoriser ou défavoriser telle ou telle partie prenante. De plus, les critères choisis pour être intégrés dans l'analyse varient selon les projets, il n'y a donc pas d'homogénéisation des pondérations et des analyses multicritères entre les projets.

Exemple d'application : Toujours sur le même exemple, on note les deux solutions selon des critères économiques (coûts), environnementaux (amélioration de la biodiversité), sociaux (effets sur la santé humaine), ... et on choisit la solution obtenant le meilleur score une fois les notes pondérées selon les critères. Cela peut être intéressant dans ce cas car la méthode permet de prendre en compte les co-bénéfices de l'arbre.

II. 5 Synthèse

	ANALYSE COUTS-BENEFICES	ANALYSE COUT-EFFICACITE	ANALYSE MULTICRITERES
Principe	Comparaison de plusieurs scénarios alternatifs avec un scénario de référence selon leurs coûts et leurs bénéfices .	Comparaison des solutions selon leur efficacité pour atteindre un objectif donné au moindre coût.	Comparaison des solutions selon des critères identifiés et pondérés .
Intérêts	Outil d'aide à la décision Ensemble des coûts sociaux et environnementaux pris en compte	Meilleure utilisation des ressources financières	Intégration de critères nombreux et variés
Difficultés	Données plus ou moins disponibles Expression des coûts en valeur monétaire Prise en compte de tous les usages	Identification des coûts à intégrer dans le calcul	Trouver une forme de pondération équitable
Limites	Repose sur beaucoup d'hypothèses et de situations fictives	Ne statue pas sur la pertinence du projet et de ses bénéfices	Manque de robustesse lié à la pondération

Tableau 1 : Récapitulatif des différentes méthodes d'analyse¹¹

Toutes ces méthodes pourraient être utilisées de manière conjointe, permettant une analyse très complète d'une solution mais impliquant une lourdeur pour le porteur de projet, ou individuellement. Certains programmes démonstrateurs, comme ceux du Life Adapto réalisent notamment le couplage analyse coûts-bénéfices et analyse multicritères. Ces méthodes permettent d'agréger plusieurs indicateurs de suivis afin de retranscrire les coûts et bénéfices de chaque solution.

Pour les SafN, l'analyse multicritères et l'analyse coûts-bénéfices présentent un intérêt particulier car elles permettent de mettre en avant les bénéfices liés aux écosystèmes sur lesquels la SafN s'appuie. En pratique, l'analyse coûts-bénéfices est en général utilisée en premier lieu, notamment dans le cas des Programmes d'Action de Prévention des Inondations (PAPI), et dans le cadre d'opérations de plus grande ampleur, une analyse multicritères vient la compléter. Il faut cependant remarquer que l'analyse coût-bénéfice dans le cadre des PAPI n'est pas pensée pour des projets de SafN.

¹¹ Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.

III. Les coûts d'un projet

Afin de mener une évaluation économique d'un projet de SafN, on s'intéresse en premier lieu à son coût. Plus précisément, on cherche à définir la notion de coût global et comment elle peut être déclinée pour permettre de prendre en compte les coûts, mais aussi les bénéfices des SafN. On peut également se pencher sur le détail des différents coûts liés au cycle de vie d'un projet que l'on intègre dans cette notion.

III. 1 Définitions du coût global

D'après le Ministère de la Transition Ecologique, « l'approche en coût global vise à anticiper les contraintes de fonctionnement, d'exploitation, de maintenance et de déconstruction lors de la construction d'un ouvrage. L'analyse en coût global, s'appuyant sur la norme ISO 15686-5, est un outil facilitant la traduction économique de l'efficacité environnementale et énergétique. C'est un outil d'aide à la décision permettant d'arbitrer entre les différents postes de coûts. »¹² Le coût global intègre également l'évolution des prix et de la valeur du temps, appelé le **taux d'actualisation**.

Le terme de coût global peut être également utilisé pour intégrer des coûts plus ou moins larges comme l'illustre la figure 1.

On parle de **coût global élargi** pour ajouter au coût global les intangibles, « les facteurs dont la quantification n'est pas déterminée par un prix de marché mais évaluée subjectivement »¹³ comme la qualité d'usage du projet ou sa productivité¹⁴.

On parle de **coût global partagé** en ajoutant au coût global les externalités (l'impact sur l'environnement par exemple).

Et on parle de **coût global étendu** lorsque l'on intègre le financement, la fiscalité, les intangibles (les impacts subjectifs) et les externalités positives ou négatives du projet.

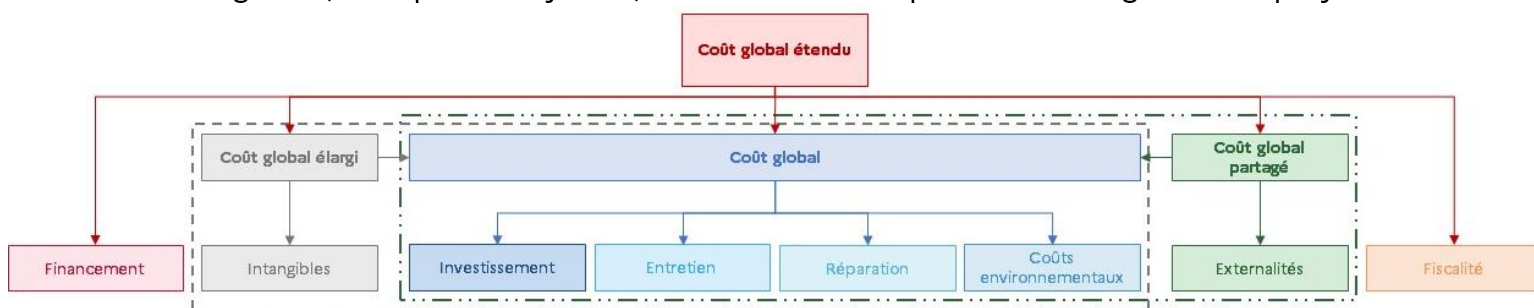


Figure 1 : Répartition des coûts du coût global étendu¹⁵

On note toutefois qu'en pratique, la fiscalité n'est pas forcément prise en compte par le porteur de projet lors du calcul du coût global étendu.

¹² Site du Ministère de l'Ecologie : Coût global : <http://www.coutglobal.developpement-durable.gouv.fr/>

¹³ 2010, *Guide relatif à la prise en compte du coût global dans les marchés publics de maîtrise d'œuvre et de travaux*. Observatoire économique de l'achat public https://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/daj/marches_publics/oeap/gem/cout_global/cout_global.pdf

¹⁴ On entend par là sa capacité à répondre aux besoins, attentes et contraintes des acteurs

¹⁵ Source : Auteur. Inspiré de : *Le coût global dans les projets de bâtiment*. CEREMA. 2018.

<https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2018-11/cout%20global%20CEREMA.pdf>

III. 2 Coûts intégrés dans la notion de coût global d'un projet

Selon la méthodologie du CGDD, le tableau suivant regroupe les coûts monétaires d'un projet (type projet d'aménagement), que l'on peut également reprendre pour évaluer le coût d'une SafN.

Catégorie de coûts	Définition	Echelle du coût	Coûts intégrés	Détail
Coûts d'investissement	Ensemble des dépenses engagées par le maître d'ouvrage , de l'origine du projet jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement	Maître d'ouvrage	Coûts du foncier	Acquisition Indemnisation Démolition Dépollution Viabilisation
			Coûts d'études	
			Coûts d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage	Assistance à la maîtrise d'ouvrage Maîtrise d'œuvre Contrôles
			Coûts des travaux	Construction Suppression Sur de l'existant
			Coûts d'équipement	Achat, location
Coûts environnementaux	Impacts positifs et négatifs du projet sur l'environnement pendant et après la mise en place et le fonctionnement. Impacts à éviter, réduire et/ou compenser ¹⁶ , de la responsabilité du maître d'ouvrage .	Territoire	Coûts des mesures de compensation	
Coûts d'entretien	Coûts dus au fonctionnement de l'ouvrage, à la charge du gestionnaire de l'ouvrage et/ou de ses utilisateurs	Emprise de l'ouvrage	Coûts de maintenance	Entretien courant Maintenance préventive Maintenance curative Maintenance exceptionnelle / Gros entretien

¹⁶ Ratio en fonction du niveau d'impact : Peu de données disponibles sur les coûts des mesures de la séquence ERC, surtout pour les inondations

				Renouvellement des équipements
			Coûts d'exploitation	Consommation d'énergie et d'autres fluides Gestion des déchets Dépenses nécessaires au fonctionnement des activités du bâtiment
			Coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement	
			Coût de pilotage de l'ensemble de l'exploitation	
Coûts de réparation	Coûts non considérés dans l'entretien courant de l'ouvrage, à la charge du gestionnaire de l'ouvrage et/ou de ses utilisateurs	Emprise de l'ouvrage		
Coûts économisés (coûts évités)	Economie des coûts d'entretien ou de réparation pour le gestionnaire de l'ouvrage et/ou ses utilisateurs	Emprise de l'ouvrage		
Domages ajoutés (bénéfices négatifs)	Coûts engendrés en cas d'aggravation d'un aléa sur certaines zones Coût de la maladaptation	Aire géographique concernée par l'aléa		

Tableau 2 : Coûts intégrés dans la vie d'un projet¹⁷

¹⁷ D. Rouchon, N. Christin, C. Peinturier, D. Nicklaus, 2018. *Théma – Analyse multicritère des projets de prévention des inondations – Guide*. CGDD. 166 pages. : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Analyse%20multicrit%C3%A8re%20des%20projets%20de%20pr%C3%A9vention%20des%20inondations%20-%20Guide.pdf>

Il convient de souligner que, concernant les coûts environnementaux, il existe deux principales approches qui ont tendance à s'opposer¹⁸ et qui ne reposent pas sur les mêmes méthodes d'évaluation.

- « **L'approche par les coûts d'opportunités** » vise à mesurer les coûts environnementaux via les coûts que représenteraient une substitution de la nature et de ses services écosystémiques par des solutions techniques. Cette approche peut être critiquée car elle tend à minimiser les coûts en les limitant aux services écosystémiques qui ne prennent pas forcément en compte des aspects comme la diversité génétique, le paysage, ...
- « **L'approche par les coûts du maintien des potentialités écologiques** » vise quant à elle à mesurer ces coûts environnementaux via ce qu'il coûterait de maintenir ou de restaurer les écosystèmes endommagés. C'est notamment sur cette approche que se base la Loi Responsabilité Environnementale¹⁹ et la séquence Eviter, Réduire, Compenser (ERC).

On retrouve une approche semblable dans les analyses économiques réalisées pour certaines directives, comme la directive cadre Stratégie pour le milieu marin (DCSMM)²⁰. Pour la DCSMM, l'étude visait à approcher les coûts de la dégradation du milieu marin. Des chiffrages ont donc été entrepris sur différents secteurs (rejets d'hydrocarbures, micropolluants, perte de biodiversité, ...) afin d'estimer coûts engendrés par cette dégradation à travers les études, les programmes de recherche, les opérations de nettoyage, ... (cf Annexe 2 pages 64-65-66).

Dans le projet Life Adapto Baie d'Authie mené par le Conservatoire du Littoral, l'analyse des coûts environnementaux repose également sur cette approche en utilisant notamment les coûts liés à la séquence ERC.²¹

Ces deux approches peuvent être utilisées par les porteurs de projet afin de justifier la préservation de la biodiversité et les coûts que pourraient représenter une mauvaise gestion environnementale d'un projet.

Afin d'évaluer les coûts d'une SafN et de pouvoir la comparer à des solutions d'ingénierie classique, il est donc **nécessaire de prendre en compte l'ensemble de ces coûts, tout au long du cycle de vie de la solution**, afin d'obtenir une vision de la solution dans son ensemble, à court et long terme. Certaines SafN peuvent notamment être intéressantes du point de vue des coûts d'entretien et de réparation économisés car elles peuvent demander moins d'entretien et de réparation qu'une solution grise équivalente. Ces données ne sont toutefois pas toujours faciles à obtenir

¹⁸ Site Eau France : Les coûts et dommages environnementaux : [Economie | Un site du service public EauFrance](#)

¹⁹ Loi n°2008-757 du 1^{er} août 2008 relative à la responsabilité environnementale et à diverses dispositions d'adaptation au droit communautaire dans le domaine de l'environnement : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000019277729>

²⁰ Site internet : Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : <https://www.milieumarinfrance.fr/Nos-rubriques/Cadre-reglementaire/Directive-Cadre-strategie-pour-le-milieu-marin>

²¹ 2022. J. Picot, Collaborative People, C. Long Stratys. Adapto Baie d'Authie – rive sud. Etude économique – Rapport d'analyse coût-bénéfices. https://www.lifeadapto.eu/media/7882/Authie_ACB_Rapportfinal_2022.pdf

pour les SafN, du fait du manque de recul parfois nécessaire, ce qui rend complexe la comparaison avec les solutions grises²².

L'objectif serait, pour les porteurs de projet et les investisseurs, **d'adopter une vision en coût global** (étendu de préférence) **systematique** pour les solutions afin de ne pas rester figé dans l'évaluation des coûts directs et à court terme des solutions. En effet, ce dernier point pourrait desservir des solutions intégrant des SafN car les coûts liés à des remplacements et de l'entretien (travaux sur des digues, réensablement des dunes, ...) parfois assez conséquents dans le cas des solutions grises, ne sont pas forcément immédiats.

III. 3 Comparaison d'éléments de coûts de SafN et de solutions grises

Le tableau suivant regroupe plusieurs éléments de coûts de SafN et de solutions grises selon le risque ciblé et entend de comparer certaines actions permettant une adaptation similaire à ce risque.²³ Ces coûts ne sont pas exhaustifs, ne reflètent que les données trouvées et semblant fiables issues de la revue de littérature.

Les coûts présentés sont indicatifs et **ne prennent** en général **en compte que les coûts de construction et de maintenance de la solution**, et sont donc à employer avec précaution. Ne s'agissant pas du coût global des mesures, les chiffres indiqués ne prennent pas en compte leurs externalités. Ils n'intègrent pas non plus les co-bénéfices que ces SafN et solutions grises peuvent présenter. Par exemple, la plantation d'arbres pour rafraîchir les villes permet de stocker du carbone mais la mise en place de fontaines ou de brumisateurs peut avoir un effet récréatif pour les habitants. Ces valeurs ne cherchent pas à refléter précisément le coût d'un projet. Il s'agit plutôt d'avoir des éléments indicatifs sur l'intervalle de coûts entre les projets. L'idée est d'illustrer des coûts pour des solutions permettant de s'adapter à un même risque.

Il est important garder à l'esprit que **les solutions retenues sont souvent des solutions mixtes**, intégrant des mesures de SafN et de solutions d'ingénierie classique. Comparer les coûts de ces deux types de solution en les séparant en deux catégories n'est donc pas forcément pertinent dans ce cadre-là. Les tableaux suivants doivent donc être appréhendés avec un certain recul, les solutions étant souvent associées.

Des moyennes ont été réalisées sur quelques projets (en général 4 ou 5) mais afin d'être plus rigoureux, il conviendrait de s'intéresser à des projets sur des territoires variés (en termes de géomorphologie, de météorologie, d'acteurs impliqués). Ainsi, les études du CEREMA reprennent des données issues de plusieurs dizaines de projets.

D'autre part, la plupart des coûts sont ramenés ici par unité linéaire ou par unité de surface mais une solution grise et une SafN doivent être déployés à des échelles différentes afin de pouvoir représenter une même efficacité par rapport à l'aléa. Par exemple, un jeune arbre n'offre pas forcément le même ombrage qu'une toile.

²² On peut notamment remarquer que ces données ne sont pas forcément exhaustives non plus pour les solutions grises, mais que celles-ci sont toutefois mises en œuvre.

²³ C. Magdelenat, J. Hairabedian, N. Malpiece, Y. Josse, 2021. *Des solutions fondées sur la nature en milieu urbain*. WWF.

https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/exe_wwf_a4_template_sbn_final_fr.pdf
2021 - *Rafraîchir les villes – Des solutions variées*. ADEME. CEREMA : [Rafraîchir les villes - La librairie ADEME](#)

CEREMA. *Coût des protections contre les aléas littoraux*. CEREMA, 2018. Connaissances. ISBN : 978-3-37180-283-4 : [Coût des protections contre les aléas littoraux | Publications du Cerema](#)

RISQUE CANICULE	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE
CANICULE	Végétalisation ²⁴	Plantation d'arbres	Investissement (plantation, fosse) : 1000€ ₂₀₂₁ /arbre	Toiles d'ombrage	500-1000€ ₂₀₂₁ /m ²
		Création de parcs ²⁵	Investissement : 100-300€ ₂₀₂₁ /m ²	Brumisateurs / Fontaines	Investissement : 600-2500€ ₂₀₂₁ /m ²
			Gazon : 3-10€ ₂₀₂₁ /m ² Haies : 40€ ₂₀₂₁ /ml Evacuation des déchets : 20-30€ ₂₀₂₁ /m ² Total pour 300m ² : 2500-6000€ ₂₀₂₁		
			Exploitation : 5-20€ ₂₀₂₁ /m ² /an		
		Pelouse, prairies	Exploitation : 10-30€ ₂₀₂₁ /m ² /an		
		Façades végétalisées	Investissement : 10-20€ ₂₀₂₁ /m ²	Climatisation	10-30€ ₂₀₂₁ /m ²
				Isolation et inertie thermique des bâtiments	80-150€ ₂₀₂₁ /m ² de façade
				Revêtement toiture à albédo élevé	20€ ₂₀₂₁ /m ²
Végétalisation des cours d'écoles	Arbres : 50€ ₂₀₂₁ /arbre Haies : 40€ ₂₀₂₁ /ml Enlever le bitume : 50€ ₂₀₂₁ /m				

Coûts généraux obtenus grâce à des études²⁶

Tableau 3 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de canicule

²⁴ 2021 - *Rafraîchir les villes – Des solutions variées*. ADEME. CEREMA : [Rafraîchir les villes - La librairie ADEME](#)

²⁵ Ici le coût du projet peut différer en fonction de la végétalisation. Par exemple, les plants horticoles vont avoir un coût différent de plants locaux.

²⁶ Dans chaque tableau, on précise si les coûts ont été obtenu grâce à une étude ou à un ou plusieurs projets.

RISQUE INCENDIE	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE
INCENDIES DE FORÊT	Réduction de la biomasse combustible	Eco pâturage	130-160€ ₂₀₁₉ /ha ²⁷		
		Débroussaillage	30-40€ ₂₀₁₉ /ha		
		Brûlage pastoral ²⁸	500€ ₂₀₁₉ /ha		
	Rupture de la continuité du couvert végétal	Restauration des milieux ouverts	Restauration d'une clairière : 1000 à 3500€ ₂₀₁₉ /ha		
FEUX DE MOISSON		Installation de zones coupe-feu naturelles		Nettoyage et dépoussiérage du matériel et des engins	Frais entretien moissonneuse-batteuse : 13€/ha

Coûts obtenus pour un territoire précis

Tableau 4 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque d'incendie

RISQUE STRESS HYDRIQUE DES SOLS	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE
STRESS HYDRIQUE DES SOLS	Restauration de l'alimentation hydrique des sols	Restauration des zones humides en milieux forestiers	Cf Restauration zones humides		
		Dédrainage	20-28€/ml		
		Fauchage différencié	Pas de surcoût par rapport au fauchage classique		

Tableau 5 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de sécheresse

²⁷ Région Occitanie. Communauté de Communes de la Montagne du Haut Languedoc. Zone de protection spéciale Montagne de l'Espinouse. Cahier des charges des mesures contractuelles. : [Cahier des charges des mesures \(developpement-durable.gouv.fr\)](https://developpement-durable.gouv.fr)

²⁸ Point de vigilance : le brûlage pastoral peut parfois être considéré comme une solution présentant un risque de maladaptation. Cependant, cette solution est parfois nécessaire afin de réduire le risque d'incendies de forêt.

RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE	
MOUVEMENTS DE TERRAIN	Régénération des forêts	Plantations	Investissement (plantation, fosse) : 1000€/arbre	Filets pare-pierre	100€/m ² <i>Coût obtenu pour une entreprise</i>	
RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES	Traitement des fondations / structure du bâtiment ²⁹	Pas de SafN identifiées		Chaînages intégrés à la maçonnerie	~20000€ ₂₀₁₅	
				Reprise en sous-œuvre des murs par micropieux et longrines de répartition	45000-70000€ ₂₀₁₅	
				Rigidification des fondations par scellement d'une longrine ceinturant l'ouvrage	15000-25000€ ₂₀₁₅	
				<i>Coûts généraux obtenus grâce à une étude</i>		
	Action sur l'environnement proche du bâtiment	Pas de SafN identifiées			MACH : Humidification du sol par injection d'eau de pluie (encore expérimental) ³⁰	20000€ ₂₀₁₉ /habitation <i>Coût général pour ce type d'installation</i>
					Ecran anti-racines	300-500€ ₂₀₁₅ /mètre linéaire
					Ceinture étanche autour du bâtiment	10000-2000€ ₂₀₁₅
					Tranchée drainante	1500-6000€ ₂₀₁₅
		<i>Coûts généraux obtenus grâce à une étude</i>				

Tableau 6 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de mouvement de terrain

²⁹ L. Ighil Ameur, 2021, *Effets des sécheresses sur les maisons individuelles et solutions de remédiation et d'adaptation au changement climatique*, CEREMA : [Présentation PowerPoint \(cerema.fr\)](https://www.cerema.fr/fr/actualites/2021/05/20210514-01)

³⁰ Site du CEREMA : Stabilisation du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux sous les habitations : un système innovant par infiltration d'eau de pluie : [Stabilisation du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux sous les habitations : un système innovant par infiltration d'eau de pluie | Cerema](https://www.cerema.fr/fr/actualites/2021/05/20210514-01)

RISQUE INONDATION	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE	
CRUES ³¹³²	Restauration hydromorphologique des cours d'eau	Reconnexion d'annexes	170€/ml de berge			
		Suppression ouvrage contraignant la continuité écologique	Gros ouvrage : 1 000 000€	Digues	20-30€ ₂₀₂₁ /m ³ <i>Coût général obtenu grâce à une étude</i>	
			Ouvrage classique : 120 000€			
		Recharge sédimentaire	10-25€ ₂₀₂₁ /m ³	Enrochement	30€ ₂₀₁₄ /m ²	
	Suppression de seuils	10-100k€ ₂₀₂₁ /m de chute ³³				
	Restauration hydromorphologique des zones humides	Dédrainage	20-28€/ml	Coûts moyen obtenu grâce à une étude		
		Terrassements	3-20€ ₂₀₂₁ /m ²³⁴			
		Suppression de remblais	10-15€/m ³			
	Restauration hydromorphologique des tourbières	Dédrainage	20-28€/ml			
		Suppression de remblais	10-15€/m ³			
	<i>Coûts généraux obtenus grâce à une étude</i>					
	Restauration / gestion des ZH	Acquisition	9000€/ha			
		Fauche tardive	170 € ₂₀₁₃ /ha/an ³⁵ <i>Coût sur un territoire</i>			
		Pâturage extensif	4€/ha/an			
Reconversion des espaces		150 000 €				

³¹ Université Littoral Côte d'Opale, CNRS, *Quelles solutions pour le littoral ?* : [Présentation PowerPoint \(univ-littoral.fr\)](http://univ-littoral.fr)

³² M. Iggabel, V. Chaouch, M. El Fadili, 2014, *Coût des protections contre les inondations fluviales*, CEREMA :

[AGj_CouvRepro_CoutProtecContrInondFluviales_v03.cdr \(ecologie.gouv.fr\)](http://ecologie.gouv.fr)

³³ Catalogues coûts et bénéfices unitaires - Agence de l'Eau Seine-Normandie (2006) :

http://www.economie.eaufrance.fr/spip.php?rubrique108&id_mot=84

³⁴ 2021. *La restauration des cours d'eau. Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. Onema, AFB. <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/217>

³⁵ *Bassin versant du Léguer : Entretien et restauration des zones humides* : [Document3 \(zoneshumides29.fr\)](http://document3.zoneshumides29.fr)

RUISSELLEMENT	Ruissellement agricole	Plantation de haies	15€ ₂₀₁₅ /m linéaire de haie ³⁶ <i>Coût sur un territoire</i>	Zone de rétention du ruissellement	Mise en place : 15€ ₂₀₁₃ /m ³ stocké Entretien : 460€ ₂₀₁₃ /an ³⁸ <i>Coût général</i>
		Bandes enherbées	Mise en place : 17-25€ ₂₀₀₁₋₂₀₀₇ /100ml		
			Entretien : 7-8€ ₂₀₀₁₋₂₀₀₇ /100ml/an Largeur de 6m ³⁷ <i>Coût général</i>		
	Ruissellement urbain	Suppression du bitume	45€ ₂₀₂₀ /m ²³⁹ <i>Coût général</i>	Enrobés filtrants	30-100€/m ²
		Décompaction du sol	50€ ₂₀₁₈ /ha ⁴⁰	Pavé drainant	30-100€/m ²
		Systèmes végétaux	110-180€/m ²⁴¹ <i>Coût général</i>		
		Technosol	33-55€ ₂₀₂₂ /m ²⁴² <i>Coût général</i>		
PLUIES INTENSES	Techniques alternatives de gestion des eaux pluviales	Milieus humides	Aménagement d'une mare : 120€/m ²	Puits d'infiltration	~1500€/puit
		Noues et fossés végétalisés	100€/m linéaire de noue	Chaussée à structure réservoir	120€/m ²⁴³ <i>Coût général</i>

³⁶ Département de la Mayenne – Etude paysagère Projet éolien de Saint-Hilaire-du-Maine: [5c+Etude+paysagere+pages+118+a+139.pdf \(mayenne.gouv.fr\)](#)

³⁷ Chambre d'agriculture des Hauts-de-France: *Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitations agricoles*: [untitled \(chambres-agriculture.fr\)](#)

³⁸ Chambre d'agriculture des Hauts-de-France : *Guide Lutter contre l'érosion* : [guide_erosion_2013_02.pdf \(chambres-agriculture.fr\)](#)

³⁹ Documents et données techniques pour l'élaboration du SDAGE 2022-2027 du bassin Rhône-Méditerranée. *Note de méthode du coût pour l'estimation du coût du programme de mesures. 2020*: https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/sites/sierrm/files/content/2021-01/20200708_Methode-estimation-cout-PDM-RM-2022-2027_V2_VF.pdf

⁴⁰ Chambre d'agriculture: *Coûts de Opérations Culturelles 2018 des Matériels Agricoles*: [COC_agroéquipement_2018_VF.pdf \(chambres-agriculture.fr\)](#)

⁴¹ Site internet Ecovégétal : Coût d'un parking perméable: [Coût d'un parking perméable : ce qu'il faut savoir - ECOVEGETAL](#)

⁴² Site du Sénat : Les outils financiers pour soutenir l'atteinte de l'objectif de zéro artificialisation nette : [Les outils financiers pour soutenir l'atteinte de l'objectif de zéro artificialisation nette - Sénat \(senat.fr\)](#)

⁴³ Site Territorial.fr : [C - Les chaussées à structure réservoir - Gestion et traitement des eaux pluviales \(territorial.fr\)](#)

		Revêtements végétalisés et drainants type meubles organiques ⁴⁴	110-180€ ₂₀₂₁ /m ²	Revêtements perméables	30-100€/m ²
		Toitures végétalisées ⁴⁵	Extensif : 25-100€ ₂₀₁₁ /m ²	Cuve de stockage	Enterrée : 4000-5000€ ₂₀₁₉
			Semi-intensif : 100-200€ ₂₀₁₁ /m ²		
				Intensif : >200€ ₂₀₁₁ /m ²	
			Coût général		

Tableau 7 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque d'inondation

⁴⁴ 2021. *Revêtements perméables et aménagements urbains : typologie et caractéristiques techniques*. Plante&Cité : <https://www.calameo.com/read/00621944060aace9350ce>

⁴⁵ O. Damas, 2011, *Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité*, Plante&Cité : [00_001-024-NatureParif Mise en page 1 \(arb-idf.fr\)](http://00_001-024-NatureParif_Mise%20en%20page%201%20(arb-idf.fr))

⁴⁶ Loire Forez Agglo, *Guide technique gestion intégrée des eaux pluviales* : [GUIDE EAUX PLUVIALES BD.pdf \(loireforez.fr\)](http://GUIDE_EAUX_PLUVIALES_BD.pdf)

RISQUE DE SUBMERSION MARINE	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE
FRANCHISSEMENTS, BRECHES, DEBORDEMENT	Restauration des écosystèmes à mangroves	Plantation de mangroves	5€/piéd de palétuvier en moyenne <i>Coût sur plusieurs projets</i>	Construction de digues	Construction + maintenance : 150-300€/ml de côte/an <i>Coût général</i>
			500€/ha reboisé ⁴⁷ <i>Coût sur un territoire</i>	Enrochement	Pose d'enrochements : 1000-1800€/ml de côte <i>Coût sur un territoire</i>
	Restauration des herbiers et fonds marins	Zones de protection forte	Protection des herbiers : 4,8M€ ₂₀₁₅ /an en France ⁴⁸ <i>Coût moyen</i>	Recréation d'habitats par des constructions artificielles	270€ ₂₀₁₇ /m ³⁴⁹
		Transplantation d'individus	Corail : 25-80€/m ² <i>Coût sur un territoire</i>		
			Herbiers : 80€ ₂₀₁₉ /m ²⁵⁰ <i>Coût sur un territoire</i>		
	Restauration des récifs	Bouturage et implantation	360€/m ² (inclus salaires, matériel, formation, déplacement) ⁵¹ <i>Coût sur un territoire</i>	Recréation d'habitats par des constructions artificielles	270€/m ³ <i>Coût sur un territoire</i>

⁴⁷ <https://www.allibert-trekking.com/970-absorption-co2-reforestation>

⁴⁸ Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse – CeMEB. *Identification des services écosystémiques et évaluation économique des avantages tirés des herbiers marins* : <https://www.labex-cemeb.org/download-form/dl-file/299a23a2291e2126b91d54f3601ec162#:~:text=En%20France%2C%20le%20co%20de,des%20services%20qu'il%20rend.>

⁴⁹ Site Bandol Littoral : Récifs artificiels à la rescousse de la biodiversité : [Récifs artificiels, à la rescousse de la biodiversité – Bandol Littoral \(bandol-littoral.org\)](http://www.bandol-littoral.org)

⁵⁰ LÉOCADIE, A., PIOCH, S., PINAULT, M. (2020). *Guide d'Ingénierie Écologique : La réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés*. Édition IFRECOR. 114p : [2020_IFRECOR_Guide_ingenierie_ecologique.pdf \(sulubaai-foundation.com\)](https://www.sulubaai-foundation.com/2020-IFRECOR-Guide-ingenierie-ecologique.pdf)

⁵¹ Site Naturevolution : Rainforests of the sea : [Projet Rainforests of the Sea - Naturevolution](https://www.naturevolution.org/)

	Restauration de la morphologie naturelle du trait de côte	Désenrochement	Cours d'eau : 45€ ₂₀₁₄ /m ³⁵² Coût sur un territoire	Enrochement	Pose d'enrochements : 1000-1800€/ml de côte Coût sur un territoire
		Recul des activités, des biens et des personnes	Rachat de terres : 3000-4000€/ha 2014	Mise en place de digues sur la mer	Construction + maintenance : 150-300€/ml de côte/an Coût sur un territoire
	Recul des activités	Dépoldérisation	Rachat des constructions : 2000-2500€ ₂₀₁₆ /m ²		
			Déconstruction : 20000€ ₂₀₁₆ /construction ⁵³		
			Déconstruction ou brèche de digues : 170€/ml de berges Coût sur un territoire		
RUPTURE AVEC LES MILLIEUX RETROLITTORAUX	Restauration des fonctions écologiques des ZH en amont	Dédrainage	20-100€ ₂₀₁₈ /ml ⁵⁴ Coûts généraux obtenus grâce à une étude	Restauration des ouvrages hydrauliques d'alimentation en eau	27000€ par ouvrage en moyenne
		Suppression des remblais	10-15€ ₂₀₁₂ /m ³⁵⁵		

Tableau 8 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque de submersion marine

⁵² Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : Détermination des coûts de référence des travaux de restauration hydromorphologique des cours d'eau et conception d'une base de données de projets et d'un outil d'estimation du coût du volet hydromorphologie des programmes de mesures 2016-2021 : [rapport_etude_couts_restau_hydromorpho.pdf](http://trameverteetbleue.fr/rapport_etude_couts_restau_hydromorpho.pdf) (trameverteetbleue.fr)

⁵³ Axel Créach, Emilio Bastidas-Arteaga, Sophie Pardo, Denis Mercier. Comparaison du coût de différentes mesures de protection de la vie humaine face au risque de submersion marine. XIVes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Jun 2016, Toulon, France. ff10.5150/jngcgc.2016.070ff. ffhal01362004f : <https://hal.science/ha-01362004v1/file/Creach2016.pdf>

⁵⁴ Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : Cahier technique 3 d'intervention – Restauration fonctionnelle : [07_cahier_technique_3_niveau_d_intervention.docx.pdf](http://eaurmc.fr/07_cahier_technique_3_niveau_d_intervention.docx.pdf) (eaurmc.fr)

⁵⁵ Site internet Zones humides du Finistère : Suppression de remblai en zone humide : http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/GTAGZH_Suppression_remb lai_032012.pdf

RISQUE EROSION TRAIT DE CÔTE	CATEGORIE D' ACTIONS	SAFN	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SAFN	SOLUTION GRISE	COMPOSANTS UNITAIRES DU COUT DE LA SOLUTION GRISE	
EROSION DU TRAIT DE CÔTE	Fixation du trait de côte	Végétalisation des dunes	5-20€/m ² <i>Coûts sur plusieurs études</i>	Mise en place de digues sur la mer	Construction + maintenance : 150-300€/ml de côte/an	
		Mise en défens, ganivelles	15-20€/m ² <i>Coûts sur plusieurs études</i>	Enrochement	1000-1800€/ml de côte	
		Brise vent, limiter l'érosion éolienne	289€/km/an <i>Coût sur un territoire</i>	Stabilisation par drainage	Investissement : 1500-1800€/ml + Fonctionnement 18-27€/ml	
		Paillage	5€/m ² <i>Coût sur un territoire</i>	Perrés	Enrochements : hauteur 2m : 370€/ml 3 à 4m : 650-900€/ml 4 à 6m : 1000-1200€/ml / Béton : 6m : 1600€/ml	
				Epis	1500€/ml installation et 1500- 2000€/ml entretien	
				Brise-lames	Enrochements : 4200-8800 €/ml Géocomposite : 1300-2500€/ml	
				Murs et ouvrages de soutènement	Mur en béton : 1600€/ml / Palplanches : 1200€/ml	
			Apport de sable	Voie terrestre : 6-18€/m ³		
	Recul des activités	Dépoldérisation	Rachat des constructions : 2000-2500€ ₂₀₁₆ /m ²			
			Déconstruction : 20000€ ₂₀₁₆ /construction ⁵⁶ <i>Coût sur un territoire</i>			
Brèche de digues		170€/ml de berges				

Tableau 9 : Comparaison du coût des solutions d'adaptation au risque d'érosion du trait de côte

⁵⁶ Axel Créach, Emilio Bastidas-Arteaga, Sophie Pardo, Denis Mercier. *Comparaison du coût de différentes mesures de protection de la vie humaine face au risque de submersion marine*. XIVes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Jun 2016, Toulon, France. ff10.5150/jngcgc.2016.070ff. fffhal01362004f : <https://hal.science/hal-01362004v1/file/Creach2016.pdf>

IV. L'évaluation économique de la maladaptation et de l'inaction climatique

Comme vu précédemment, **de nombreuses notions entrent en jeu pour l'évaluation du coût global étendu d'un projet**. On retrouve notamment les concepts de **coûts évités** et les **dommages ajoutés** que l'on peut rattacher à la lutte contre l'inaction climatique et à la maladaptation. Afin de comprendre l'intérêt des SafN sur le plan économique, il peut donc être intéressant de se pencher sur ces notions de maladaptation et d'inaction et leur évaluation économique. Cela permet ainsi de prendre la mesure de coûts évités grâce aux stratégies et solutions d'adaptation ou, à l'inverse, de mesurer les coûts qui seraient engendrés par l'absence de ces solutions ou leur mauvaise réalisation. L'étude de ces concepts permet également de se pencher sur l'approche économique des risques naturels dans le cadre des solutions d'adaptation.

IV. 1 Evaluation de la maladaptation

Le concept de **maladaptation** (ou mal-adaptation) est utilisé pour désigner « un changement opéré dans les systèmes naturels ou humains qui font face au changement climatique et qui conduit (de manière non intentionnelle) à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire »⁵⁷. Le GIEC indique qu'il s'agit en général d'actions ou d'inactions qui peuvent entraîner une augmentation des conséquences néfastes liées au climat, une augmentation de la vulnérabilité (ou un transfert incontrôlé de vulnérabilité) au changement climatique ou à une diminution du bien-être, maintenant ou à l'avenir.⁵⁸ Cela peut avoir des conséquences environnementales, comme l'augmentation des émissions de GES ou l'érosion de la biodiversité : financières pour le territoire, en termes de dommages ou de projets futurs à mettre en place pour pallier cette augmentation de vulnérabilité, ainsi que des conséquences en coûts humains, en dégâts matériels ou encore sur la santé des habitants. Cette partie vise donc à orienter sur les principes permettant d'éviter la maladaptation d'un projet.

IV. 1. 1 Les différents types de maladaptation

Selon le Ministère de l'écologie, il existe quatre types de maladaptation au changement climatique.⁵⁹

Tout d'abord, il est possible que le projet ou la solution fasse une **utilisation inefficace de ressources**, comparée à d'autres options d'utilisation. Par exemple, en

⁵⁷ Site du Ministère de l'écologie : Adaptation de la France au changement climatique : <https://www.ecologie.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique>

⁵⁸ I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: *Adaptation needs and options*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 857-858

⁵⁹ Site du Ministère de l'écologie : Adaptation de la France au changement climatique : <https://www.ecologie.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique>

période de canicule, l'utilisation d'eau pour des brumisateurs urbain se fait au détriment des autres utilisations de l'eau (agriculture, alimentation des logements, ...).

Ensuite, on peut avoir un **transfert incontrôlé de vulnérabilité**. Il peut s'agir :

- D'un transfert de vulnérabilité **spatial** : l'implantation de digues peut provoquer une érosion des zones adjacentes, comme les berges, et donc renforcer leur vulnérabilité aux inondations ou aux submersions marines.
- D'un transfert de vulnérabilité **temporel** : l'utilisation de la climatisation participe au réchauffement climatique.
- D'un transfert de vulnérabilité **d'un système à un autre** : la création de barrages participe à la fragmentation des écosystèmes et empêche le libre déplacement des espèces.
- Ou de la **non prise en compte des incertitudes** : l'irrigation d'espaces verts ne prend par exemple pas en compte l'incertitude liée à la disponibilité de la ressource dans un contexte de sécheresse, même si les prévisions de recharge des nappes et de disponibilité de la ressource peuvent être difficiles à anticiper.

Une solution peut également **réduire la marge d'adaptation future** avec des mesures limitant la flexibilité éventuelle. Par exemple, le prélèvement d'eau des nappes phréatiques en hiver peut limiter les disponibilités d'eau en été.

Il est aussi possible que la solution ou le projet soit **mal calibré**, on a donc une sous-adaptation ou une adaptation sous-optimale. Cela peut être le cas d'une digue mal dimensionnée ou pas suffisamment réhaussée. (cf Annexe 3 pages 67-68)

IV. 1. 2 Des principes directeurs pour éviter la maladaptation

Selon les catégories de maladaptation, des principes directeurs ont été énoncés.⁶⁰

Pour prévenir une **maladaptation environnementale**, le projet doit :

- **Eviter les dégradations engendrant des effets de retour négatifs in situ**. Si des effets négatifs résultent du déploiement d'une action, ils devront alors être compensés pour que l'action soit qualifiée d'action d'adaptation.
Ex : Eviter l'utilisation de climatiseurs en ville qui rejettent de l'air chaud et participent à l'augmentation des températures des rues qu'il faudrait alors compenser par de la végétalisation par exemple.
- **Eviter le report des pressions sur d'autres environnements**. Une compensation est ici aussi nécessaire dans le cadre d'impacts négatifs du projet, on peut notamment faire le lien avec la compensation environnementale dans le cadre de la séquence ERC. On note cependant qu'il faudrait plutôt envisager de ne pas faire le projet si le risque de transfert est avéré.
Ex : Eviter la construction de digues risquant de renforcer l'érosion des zones adjacentes.
- Apporter une fonction de soutien à la fonction protectrice des écosystèmes face aux aléas naturels actuels et futurs, et permettre de maintenir une capacité d'amortissement naturel des aléas et de leurs impacts directs.
Ex : Maintenir les dunes côtières qui jouent un rôle tampon face aux houles de tempêtes.

⁶⁰ 2013. A. Magnan. *Eviter la maladaptation au changement climatique*. IDDRI.: https://www.iddri.org/sites/default/files/import/publications/pb0813_am_maladaptation.pdf

- Prendre en compte les incertitudes sur les impacts du changement climatique et sur la réaction des écosystèmes afin de conserver des marges de manœuvre permettant d'ajuster les activités au fil du changement climatique et des nouvelles connaissances scientifiques. La solution doit garantir la flexibilité des territoires.
Ex : Prendre des mesures de gestion adaptative comme prendre en compte la montée du niveau des eaux dans le dimensionnement des digues.
- En premier lieu, promouvoir l'adaptation au changement climatique, même si l'action doit également éviter d'augmenter les émissions de GES. Il s'agit d'une mesure d'adaptation.
Ex : Végétaliser les centres urbains plutôt que de recourir aux brumisateurs ou à la climatisation.

Afin d'éviter une maladaptation **sociétale et/ ou culturelle** :

- Prendre en compte les caractéristiques sociales, les valeurs culturelles locales, et les attentes de la population en termes de conditions de vie.
Ex : Prendre en compte les associations locales (de chasse et pêche par exemple) dans les projets.
- Prendre en compte et valoriser les compétences et les savoirs locaux afin d'assurer l'implication de la population autour du projet.
Ex : Favoriser les projets permettant l'implication d'artisans prenant en compte les fragilités environnementales locales (utilisation de techniques ou de matériaux locaux).
- Faire appel à de nouvelles compétences appropriables par la population afin de renforcer leur capacité d'adaptation.
Ex : Mettre en place des jardins partagés et des ateliers autour des espèces adaptées aux stress climatiques.

Pour s'assurer de l'adaptation d'un point de vue **économique**, la solution doit également :

- Favoriser la réduction des inégalités socio-économiques pour que la solution n'affaiblisse pas les revenus de divers groupes d'activités économique. Cependant, dans une très grande majorité des cas, il est probable qu'une action ne soit pas également profitable à tous les groupes concernés. Il faut donc viser à réduire au maximum ces écarts.
Cela nécessite également l'accompagnement de certains secteurs d'activités par d'autres (formation) et l'accompagnement des évolutions des pratiques professionnelles.
Ex : Accompagner le changement des pratiques culturelles
- Soutenir une relative diversification des activités et des sources de revenus. Cela permettra d'éviter que toutes les activités locales soient menacées par un même aléa et donc d'assurer une marge de manœuvre à la société.
Ex : Proposer la mise en place d'agropastoralisme.
- Prendre en compte l'évolution potentielle des activités économiques et de la subsistance sous l'effet du changement climatique. On entend par là d'éviter de développer des projets qui demandent d'importants investissements (en argent, en temps et en énergie) mais qui deviendront rapidement obsolètes du fait du changement climatique.
Ex : Prendre en compte la disponibilité de la ressource en eau et son utilisation dans l'agriculture dans un contexte de sécheresse avant l'installation de brumisateurs en milieu urbain.

IV. 1. 3 Les principaux facteurs de la maladaptation

Thèmes estimer l'inadaptation d'un projet aux climats futurs ⁶¹	Facteurs de maladaptation	Possibilités pour s'orienter vers l'adaptation
EAU	Possible raréfaction de la ressource ou modification de sa disponibilité	
ENERGIE	Diminution de la ressource hydroélectrique	
	Diminution de la ressource biomasse	
	Diminution de la ressource nucléaire lors des évènements de forte chaleur	
	Emissions de GES	
DEPENDANCE FONCTIONNELLE⁶²	Rejets néfastes (GES, sel, chaleur, polluants)	Considération des impacts directs du changement climatique sur une activité, à travers la chaîne de valeur
DEPENDANCE STRUCTURELLE	Dépendance aux réseaux (transport, énergie, eau)	Valorisation des capacités de report et de stockage Flexibilité Diversification Redondance
IMPLANTATION GEOGRAPHIQUE	Forte exposition aux aléas	Prise en compte des forêts (augmentation du risque d'incendie) Prise en compte des zones littorales à basse altitude (montée du niveau de la mer et modification du trait de côte) Prise en compte des zones inondables

Tableau 10 : Principaux facteurs de maladaptation⁶³

⁶¹ Serkine, P. (2015). *Le risque de maladaptation au changement climatique : un enjeu pour la rentabilité des investissements ?*. Revue d'économie financière, 117, 75-90. : <https://doi.org/10.3917/ecofi.117.0075>

⁶² La dépendance fonctionnelle « permet de considérer les impacts indirects du changement climatique sur une activité, à travers la chaîne de valeur (sensibilité de l'amont et de l'aval aux stimuli climatiques). » D'après Serkine, P. (2015). *Le risque de maladaptation au changement climatique : un enjeu pour la rentabilité des investissements ?*. Revue d'économie financière, 117, 75-90. : <https://doi.org/10.3917/ecofi.117.0075>

⁶³ Serkine, P. (2015). *Le risque de maladaptation au changement climatique : un enjeu pour la rentabilité des investissements ?*. Revue d'économie financière, 117, 75-90. : <https://doi.org/10.3917/ecofi.117.0075>

IV. 2 Evaluation de l'inaction

Afin de souligner l'importance de la mise en place de solutions réellement adaptatives, il peut être judicieux de s'intéresser à ce que coûterait l'inaction face au changement climatique, soit le manque de solutions d'adaptation.

Le coût de l'inaction est défini ici comme le coût (exprimé à l'aide d'indicateurs pertinents, monétaires ou non) d'une **absence de politiques d'adaptation et d'atténuation au niveau du territoire ou dans un secteur considéré**⁶⁴.

L'évaluation de ce coût vise à montrer que le coût des politiques d'atténuation et d'adaptation est plus faible que le coût de l'inaction. De plus, si une solution ne permet pas de s'adapter au changement climatique, il peut alors être intéressant d'utiliser certains indicateurs d'impact afin d'intégrer le coût de l'inaction climatique dans son coût global. Le CEREMA a notamment dressé une liste de ces indicateurs d'impact.

IV. 2. 1 L'évaluation de l'inaction par des indicateurs d'impact

Le tableau suivant recense les principaux indicateurs permettant une évaluation du coût de l'inaction, pouvant parfois être monétarisée. (cf Annexe 4 pages 69-70-71)

Secteur	Thématiques	Indicateurs d'impact
Ressource en eau	Non-coïncidence spatiale et temporelle entre les besoins en eau et les ressources hydriques	Recharge des nappes
		Débits annuels moyens des cours d'eau
		Débits d'étiage plus sévères, longs et précoces
		Réduction des débits estivaux
		Evapotranspiration
Agriculture	Non-coïncidence spatiale et temporelle entre les besoins en eau et les ressources hydriques Augmentation des températures et modifications du climat	Arrêtés de restriction temporaire des usages de l'eau
		Augmentation de l'usage de l'irrigation
		Evolution des rendements
		Massification des besoins en conseils climatiques
Risques littoraux	Recul du trait de côte	Nombre de logements concernés
	Submersion marine et recul du trait de côte	
	Recul du trait de côte	Indicateur national de l'érosion côtière
Forêt	Risque incendie plus intense et plus étendu	Surfaces brûlées
		Evolution de l'indice de feu météorologique
	Recrudescence des insectes ravageurs et pathogènes	Exposition de sites classés à un risque d'incendie élevé
	Déficit hydrique	Evolution des rendements sylvicoles
Energie	Stockage du carbone	Stockage dans l'écosystème forestier
	Nucléaire	Pertes dues à l'indisponibilité du parc nucléaire (canicule, sécheresse importante)
	Hydroélectricité et diminution de débits hydriques	Potentiel productible hydroélectrique

⁶⁴ A. Delahais, A. Robinet. 2023. *Coût de l'inaction face au changement climatique en France : que sait-on ?* France Stratégie. : [fs-2023-dt_cout-inaction-climatique_20_avril.pdf](https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie/files/2023-04/fs-2023-dt_cout-inaction-climatique_20_avril.pdf) (strategie.gouv.fr)

	Approvisionnement des ménages	des	Evolution de la facture énergétique des ménages
Biodiversité	Stockage du carbone		Stockage dans les écosystèmes
	Pollinisation		Disparition des espèces pollinisatrice Baisse des rendements
	Forêt		Consentement à payer des usagers
Infrastructures / réseaux	Réseau routier	Vagues de chaleur Inondations	Dépenses d'entretien des routes
	Réseau ferroviaire, Inondations et ruissellement		Investissements curatifs pour les voies ferrées et les tunnels ferroviaires
	Aéroports		Pertes liées à l'excédent brut d'exploitation, décollages impossibles lors de journées d'extrêmes chaleurs
	Electricité		Investissements curatifs
Bâtiments	Sécheresse et retrait-gonflement des argiles (RGA)		Logements exposés, monétarisation possible par la valeur des indemnisations des compagnies d'assurance
	Inondations		
	Submersions marines		
	Sécheresse et RGA		Reconnaitances « Cat Nat » par communes
	Inondations		
Submersions marines			
Tourisme	Conditions météorologiques défavorables		Indice climato-touristique ⁶⁵
	Déficit en neige		Stations avec un enneigement faible
Santé	Vagues de chaleur		Nombre de décès liés aux chaleurs extrêmes et des admissions à l'hôpital
			Logements exposés aux vagues de chaleur
			Productivité au travail
	Pollution de l'air		Activité physique et sportive
	Maladies infectieuses		Nombre de décès liés aux différents polluants et des admissions à l'hôpital
		Etendue des zones de transmission et des taux de reproduction des virus	

Tableau 11 : Indicateurs de l'inaction climatique selon les secteurs considérés^{66 67 68}

⁶⁵ L'indice climato-touristique de Mieczkowski varie de - 30 à 100 et permet de définir si un climat est favorable ou non au tourisme à partir de six variables climatiques mensuelles (températures maximale et moyenne, humidité relative, précipitations, durée d'ensoleillement, vitesse du vent).

⁶⁶ Source: Auteure. Inspiré par A. Delahais, A. Robinet. 2023. *Coût de l'inaction face au changement climatique en France: que sait-on?* France Stratégie.: [fs-2023-dt cout-inaction-climatique_20_avril.pdf \(strategie.gouv.fr\)](https://www.francestrategie.fr/fs-2023-dt-cout-inaction-climatique-20-avril.pdf)

⁶⁷ S. Talandier Lespinasse. 2021. *Le coût de l'inaction face au changement climatique et à la pollution de l'air – Proposition de méthodologie d'évaluation*. CEREMA. : [Le coût de l'inaction face au changement climatique et à la pollution de l'air - Proposition de méthodologie d'évaluation - Cerema](https://www.cerema.fr/fr/le-coût-de-l-inaction-face-au-changement-climatique-et-à-la-pollution-de-l-air-proposition-de-méthodologie-d-évaluation-cerema)

⁶⁸ 2022 *Evaluer le coût de l'inaction: oui et comment?* ADEME. CEREMA. : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5617-evaluer-le-cout-de-l-inaction-oui-et-comment-9791029719516.html>

IV. 2. 2 L'approche par le secteur assurantiel

Concernant le secteur du bâtiment et certains biens matériels, une monétarisation est possible grâce aux assurances. On peut évaluer le coût de l'inaction via le coût des catastrophes naturelles pour les compagnies d'assurance (ex : Xynthia, Katrina). **Les pertes économiques mondiales dues aux catastrophes ont notamment été estimées à 275 Mds USD en 2022** par le réassureur Swiss Re dans le rapport *Sigma Natural catastrophes and inflation in 2022: a perfect storm*.⁶⁹ Afin d'estimer le montant des indemnités en cas de catastrophes naturelles, les assurances utilisent Climada (pour Climate Adaptation), un modèle probabiliste de dommages liés aux catastrophes naturelles. Cet outil permet de calculer les dommages évités (soit les bénéfices) et les coûts de différentes solutions d'adaptation (SafN, solutions grises).⁷⁰

Cependant, les valeurs évaluées représentent les dommages causés aux bien assurés, ce qui ne concerne que les bâtiments, voitures, ... En revanche certaines infrastructures comme les réseaux routiers ne sont pas assurées. De même, ce type de catastrophe peuvent impacter fortement les milieux naturels, cette approche ne permet donc pas de quantifier les coûts de l'inaction climatique sur de nombreux secteurs (agriculture, sylviculture, tourisme).

Le milieu assurantiel approche également l'inaction via les **actifs déclassés** (« stranded assets »), soit les actifs « dont l'entreprise reconnaît qu'ils ne sont plus susceptibles de rapporter le rendement financier attendu au moment de leur investissement au long de leur vie économique »⁷¹. Cela permet donc d'estimer certaines pertes économiques avec les biens dont les valeurs seraient « perdues » du fait du changement climatique et d'un manque d'adaptation vis-à-vis de ces derniers. Ces actifs déclassés ont notamment été étudiés dans certains secteurs (Pétrole et Gaz) par *La Banque Postale dans leur rapport Rebond actifs échoués... comment garder le cap ?*.

IV. 2. 3 L'évaluation des coûts évités

D'autre part, pour évaluer les bénéfices d'une solution d'adaptation, il est possible de se pencher sur les **coûts évités** de cette solution. Par exemple, le recul des activités permet d'éviter les pertes humaines et les coûts liés à la réparation des infrastructures ou des bâtiments dans le cas d'une submersion marine. Ces coûts évités correspondent alors également au coût de l'inaction face au risque de submersion marine. Toutefois, les coûts évités ne prennent pas toujours en compte l'ensemble des coûts de l'inaction climatique. Dans ce même exemple, si seuls les bâtiments et les infrastructures sont reculés, mais pas les terres agricoles, une submersion marine peut causer la salinisation des exploitations et une baisse du rendement des cultures, ce qui peut être rattaché au coût de l'inaction.

⁶⁹ 2023. Dr Chandan Banerjee Lucia Bevere Dr Thierry Corti James Finucane Roman Lechner. Swiss Re Institute. *Sigma Natural catastrophes and inflation in 2022: a perfect storm*. <https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2023-01.html>

⁷⁰ Site Climate ADAPT :

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/tools/climada#:~:text=Climada%20stands%20for%20climate%20adaptation,%2C%20behavioural%2C%20etc.>

⁷¹ 2021. La Banque Postale : Rebond. *Actifs échoués... Comment garder le cap ?*

Une évaluation du coût de l'inaction a été réalisée par I4CE⁷² en évaluant le budget nécessaire à la mise en place d'une stratégie complète d'adaptation avec le coût de mesures d'une stratégie complète d'adaptation, on évalue donc le coût de l'inaction par son inverse, le coût de l'action. (cf Annexe 5 pages 72-73)

IV. 2. 4 Les méthodes d'approche macro du coût de l'inaction

A une échelle macro, il est possible de mesurer les coûts de l'inaction climatique et de la maladaptation, notamment grâce à des exercices d'évaluation en termes de points de PIB perdus (à l'horizon 2050 par exemple), cela demeure à une échelle très large et ne représente pas les problématiques qu'un territoire peut rencontrer. L'utilisation de cette approche à l'échelle du budget d'une collectivité ou d'une entreprise n'est pas encore possible, probablement du fait de la complexité de l'exercice d'évaluation. Les coûts de l'inaction climatique et de la maladaptation sont donc difficilement monétarisables à une échelle territoriale mais de nombreux indicateurs existent maintenant pour s'assurer de l'efficacité d'une solution vis-à-vis des aléas climatiques ciblés et donc de sa participation à l'adaptation d'un territoire donné. Les concepts de maladaptation et d'inaction peuvent donc présenter un intérêt, **notamment en tant qu'aide à la décision des porteurs de projets.**

Il peut toutefois être noté que, dans certains cas, le « laisser-faire » peut constituer une solution d'adaptation ou d'atténuation des risques en tant que telle. On peut notamment citer en exemple l'arrêt de l'entretien d'une digue et la surveillance de son évolution face aux aléas climatiques et à l'assaut de la mer.

⁷² V. Dépoues, G. Dolques, M. Nicol, 2022, *Se donner les moyens de s'adapter aux conséquences du changement climatique en France : de combien parle-t-on ? I4CE*

V. Les bénéfices d'une SafN

Dans l'optique de comparer les SafN aux solutions d'ingénierie classique pour l'adaptation, les premiers bénéfices des SafN analysés par les gestionnaires des risques naturels sont **sa performance vis-à-vis de l'aléa climatique** (protection contre les inondations, baisse des températures, ...), que l'on retrouve dans la figure 1 ci-dessous dans les valeurs d'usage non liées au marché (1). Cependant, comme mentionné précédemment, une des difficultés dans l'approche économique des SafN réside dans la prise en compte du vivant. En effet, certains de bénéfices sont qualitatifs et difficiles à retranscrire avec des outils quantitatifs d'analyse. Dans un second temps, on cherche donc à estimer les autres bénéfices (valeurs de marché (2) et valeurs de non usage (3)) que n'apportent pas les solutions classiques grâce à des méthodes particulières.

Il faut toutefois souligner que même si on s'intéresse ici aux bénéfices et co-bénéfices des SafN, les solutions d'ingénierie classique en possèdent également et ces deux types de solution sont souvent utilisés conjointement au sein de de solutions mixtes.

Afin d'évaluer les bénéfices d'une SafN, il est donc nécessaire de déterminer l'ensemble des valeurs (d'usage et de non-usage) liées à l'écosystème sur lequel elle repose ou qu'elle pourrait soutenir. Selon l'état de dégradation ou de conservation de l'écosystème, les valeurs ne seront pas forcément les mêmes, d'où l'intérêt d'utiliser conjointement les évaluations biophysiques et socio-économiques.

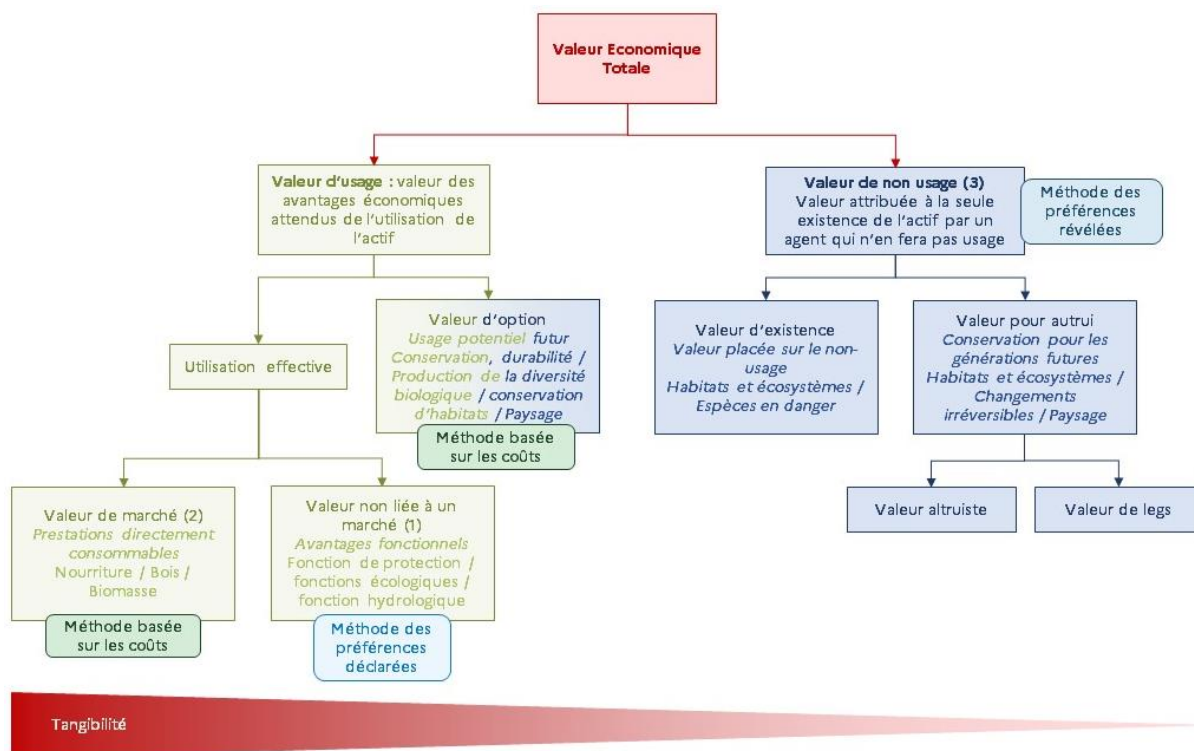


Figure 2 : Décomposition de la valeur économique totale⁷³⁷⁴

Comme on peut le voir sur la figure 2, les valeurs sont plus ou moins tangibles et donc plus ou moins faciles à appréhender et monétariser. Cela explique donc la méfiance de certains écologues vis-à-vis de l'analyse coûts-bénéfices et de potentielles dérives et leur intérêt pour l'analyse multi-critères. **Le concept de valeur économique totale reste assez controversé**, notamment dans la prise en compte du coût de l'environnement selon une approche en coût d'opportunités ou de maintien des potentialités écologiques, comment mentionné précédemment.

En décomposant la valeur économique totale de l'écosystème, comme proposé dans la figure deux, et en définissant ses valeurs, il est possible de les évaluer. En fonction du type de valeurs, certaines méthodes sont à privilégier. On utilisera ici l'exemple de la création d'un parc en milieu urbain pour illustrer l'utilisation des différentes méthodes.

⁷³ La valeur d'option peut être considérée à la fois comme valeur d'usage et comme valeur de non-usage.

Source : Auteur. Inspiré de Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.

Et B. Chevassus-au-Louis, J-M. Salles, J-L. Pujol, S. Bielsa, D. Richard, G. Martin, 2009. *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Contribution à la décision publique*. Centre d'analyse stratégique. 378 pages. : <https://hal.science/hal-01193588>

⁷⁴ Les termes utilisés dans la figure 2 sont des termes génériques employés lors de la description de la valeur économique totale d'un bien. Ils ont ici été repris et illustrés dans le cadre des SafN et des écosystèmes sur lesquels elles reposent.

V. 1 L'évaluation des valeurs non liées à un marché

Pour l'évaluation des **valeurs non liées à un marché** (utilisation d'un bien ou d'un service ne pouvant pas être rattachée à un marché, comme le fait de se promener et de pouvoir observer la faune dans un parc), on utilise les **méthodes des préférences déclarées** qui utilisent un marché substitut fictif qui permet de pallier l'absence d'un marché réel sur lequel serait fixé le prix du bien⁷⁵.

Méthodes	Principes	Éléments de valeur à évaluer	Limites
Méthode de l'évaluation contingente	Détermination de la valeur de l'actif par le prix que les ménages seraient prêts à payer pour une amélioration donnée de l'environnement	Valeur sociale : patrimoine, usages scientifiques, éducatifs et récréatifs, santé et qualité de vie	Lourdeur du questionnaire Caractère hypothétique du questionnaire Nombreux biais
Méthode de l'analyse conjointe	Estimation de la valeur d'usage et de non-usage en proposant un choix à faire entre des situations virtuelles	Valeur sociale : patrimoine, usages scientifiques, éducatifs et récréatifs, santé et qualité de vie	Efforts à consacrer à la maîtrise des aspects cognitifs dans la description du projet dans l'exercice de choix

Tableau 12 : Méthodes de monétarisation des préférences déclarées^{76 77}

En reprenant l'exemple du parc, la méthode d'évaluation contingente reviendrait à interroger la population sur le prix qu'elle serait prête à payer pour habiter près d'un espace vert ce qui représenterait la valeur du parc. Pour l'analyse conjointe, on proposerait à la population plusieurs scénarios (sans parc ou avec un parc plus ou moins grand et possédant des aménagements différents) afin d'estimer la valeur sociale qu'ils y attribueraient.

⁷⁵ Site EauFrance : Méthode des préférences déclarées : [Méthode des préférences déclarées | EauFrance](#)

⁷⁶ Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.
[2013 évaluation économiques en appui à la gestion de l'eau et ZH ONEMA.pdf](#)

⁷⁷ *Évaluation socio-économique des « solutions fondées sur la nature » liées à l'eau : Retour d'expériences sur des territoires du bassin Loire-Bretagne*. 2022. Agence de l'eau Loire-Bretagne. : <https://donnees-documents.eau-loire-bretagne.fr/home/documents/guides-etudes/evaluation-socio-economique-des-solutions-fondees-sur-la-nature.html>

V. 2 L'évaluation des valeurs de marché et des valeurs d'option

Pour l'évaluation des **valeurs de marché** (le prix auquel on peut acheter ou vendre un actif sur le marché) et des **valeurs d'option** (valeur de conservation d'un actif pour un usage futur), on passe donc par les **méthodes basées sur les coûts** : on déduit la valeur d'un bien ou d'un service en évaluant quels seraient les coûts engagés si celui-ci disparaissait ou était détérioré.

Méthodes	Principes	Éléments de valeur à évaluer	Limites
Méthode des coûts de remplacement	Déduction de la valeur de certains biens ou services environnementaux en estimant les coûts qui seraient engagés si ces biens ou services disparaissaient ou étaient détériorés	Services écologiques : rendus et fournis par les milieux, protection contre les risques, biodiversité, patrimoine génétique	Seulement acceptable si la solution de remplacement est jugée économiquement pertinente pour le porteur de projet
Méthode des coûts évités	Estimation des coûts de fourniture du service par des moyens artificiels	Services écologiques : rendus et fournis par les milieux, protection contre les risques, biodiversité, patrimoine génétique	Risque de biais selon le contexte, les technologies, ...

Tableau 13 : Méthodes de monétarisation basées sur les coûts^{78 79}

Ici, en prenant l'exemple de la création d'un parc en milieu urbain, la méthode des coûts de remplacement permet d'évaluer la valeur représentée par les pollinisateurs présents dans le parc en estimant ce qu'il couterait de rendre le même service de pollinisation sans le parc. La méthode des coûts évités permet quant à elle de quantifier la valeur des arbres et de la végétation du parc qui peuvent limiter l'effet d'îlot de chaleur et donc d'éviter des coûts liés à l'utilisation de la climatisation.

⁷⁸ Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.

⁷⁹ *Evaluation socio-économique des « solutions fondées sur la nature » liées à l'eau : Retour d'expériences sur des territoires du bassin Loire-Bretagne*. 2022. Agence de l'eau Loire-Bretagne. : <https://donnees-documents.eau-loire-bretagne.fr/home/documents/guides-etudes/evaluation-socio-economique-des-solutions-fondees-sur-la-nature.html>

V. 3 L'évaluation des valeurs de non-usage

Et pour l'évaluation des valeurs de non-usage (valeur de la seule existence d'un bien ou d'un service par quelqu'un qui n'en fera pas usage), on utilise alors les méthodes des préférences révélées qui utilisent un marché substitut existant.

Méthodes	Principes	Éléments de valeur à évaluer	Limites
Méthode basée sur les prix de marché	Détermination de la valeur de l'usage non liée à un marché en se référant à un marché existant et jugé pertinent	Valeur économique : emplois, production, développement local, compétences	Mesure des pertes de surplus Pas de prix pour certains services et biens donc difficulté à simuler en marché
Méthode basée sur la productivité		Valeur économique : emplois, production, développement local, compétences	Déformation de la fonction de production si le service dont on mesure la contribution n'est plus rendu de façon similaire
Méthode des prix hédonistes		Valeur sociale : patrimoine, usages scientifiques, éducatifs et récréatifs, santé et qualité de vie	Besoin de beaucoup de données Analyse statistique complexe Effets de l'inflation à prendre en compte
Méthode des coûts de transport		Valeur sociale : patrimoine, usages scientifiques, éducatifs et récréatifs, santé et qualité de vie	Valeur du temps à prendre en compte Prendre en compte les visites à but multiple

Tableau 14 : Méthodes de monétarisation basées sur des préférences révélées^{80 81}

Toujours sur l'exemple du parc, la méthode basée sur les prix du marché peut être utilisée afin de déterminer la valeur des boisements grâce au prix du marché du bois qu'ils pourraient produire. La méthode basée sur la productivité peut par exemple mesurer l'augmentation de la productivité des employés travaillant à proximité du parc et donc mesurer la potentielle augmentation de l'activité de leur entreprise. La méthode des prix hédonistes permettrait ici de mesurer la valeur du parc en observant l'évolution des prix des logements à proximité avant et après cet aménagement. Pour les coûts de transport, on peut observer l'augmentation de la fréquentation de certaines lignes de transport pour accéder au parc et donc le prix payé par les usagers de cette ligne.

⁸⁰ Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.

[2013 évaluation économiques en appui à la gestion de l'eau et ZH ONEMA.pdf](#)

⁸¹ *Evaluation socio-économique des « solutions fondées sur la nature » liées à l'eau : Retour d'expériences sur des territoires du bassin Loire-Bretagne*. 2022. Agence de l'eau Loire-Bretagne. : <https://donnees-documents.eau-loire-bretagne.fr/home/documents/guides-etudes/evaluation-socio-economique-des-solutions-fondees-sur-la-nature.html>

V. 4 Réutiliser ces méthodes entre différentes situations

Afin de pouvoir utiliser ces méthodes d'une situation à un autre, il est possible d'utiliser différentes **méthodes de transfert de valeurs** :

Méthodes	Principes	Exemples	Limites
Transfert simple	La valeur unitaire moyenne provenant de l'étude existante est conservée sans ajustement et appliquée telle quelle sur le nouveau site	Utilisation des valeurs d'une solution d'un site A sur un site B sans ajustement.	Biais car pas de prise en compte de spécificités du projet
Transfert ajusté	Ajustée en tenant compte des différences entre sites	Ajustement des valeurs entre les sites (urbains vs rural, grande ou petite ville).	Nécessite plus de temps car besoin de recenser les critères d'ajustement
Transfert de fonction de valeurs	Création d'un modèle statistique qui associe la valeur et les variables explicatives (niveau de revenu, âge de la population) puis transfert de ce modèle vers un autre site		Nécessite plus de temps et de moyens du fait du modèle statistique

Tableau 15 : Méthodes de transfert de valeurs entre différents projets^{82 83}

⁸² Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.

[2013 évaluation économiques en appui à la gestion de l'eau et ZH ONEMA.pdf](#)

⁸³ *Evaluation socio-économique des « solutions fondées sur la nature » liées à l'eau : Retour d'expériences sur des territoires du bassin Loire-Bretagne*. 2022. Agence de l'eau Loire-Bretagne. : <https://donnees-documents.eau-loire-bretagne.fr/home/documents/guides-etudes/evaluation-socio-economique-des-solutions-fondees-sur-la-nature.html>

Ces différentes **méthodes d'évaluation économique des valeurs** d'un bien sont complémentaires et leur utilisation conjointe est nécessaire si l'on souhaite s'assurer d'avoir pris en compte l'ensemble des bénéfices engendrés par une SafN. Cela implique toutefois une lourdeur dans la démarche d'évaluation économique des bénéfices pour le porteur de projet, qui n'est à ce jour pas réaliste.

Il est à noter que l'analyse des coûts est en général décorrélée de l'analyse des bénéfices. Cela s'explique notamment par le fait que les coûts sont identifiés à partir des actions menées dans le cadre du projet, tandis que les bénéfices le sont par les usages qui sont faits de la solution.

Ce type d'analyse des bénéfices d'un écosystème ou d'une solution d'adaptation peut notamment être utilisé afin de mesurer les paiements pour services environnementaux en listant les bénéfices engendrés par les mesures mises en place et en combinant l'utilisation de certaines de ces méthodes pour monétariser les bénéfices.⁸⁴ Les méthodes d'évaluation précédemment mentionnées ont notamment été étudiées au regard de leur pertinence pour un usage technique dans le rapport final d'une étude réalisée pour le ministère en charge de l'agriculture en 2016 : *Paiements pour services environnementaux et méthodes d'évaluation économique – Enseignements pour les mesures agro-environnementales de la politique agricole commune*.⁸⁵ Les deux méthodes ayant été jugées les plus pertinentes étant les méthodes de coûts de remplacement et de coûts évités.

⁸⁴ Site du Ministère de la Transition Ecologique: Paiements pour services environnementaux : <https://pse-environnement.developpement-durable.gouv.fr/>

⁸⁵ Duval L., Binet T., Dupraz P., Leplay S., Etrillard C., Pech M., Deniel E., Laustriat M., 2016. *Paiements pour services environnementaux et méthodes d'évaluation économique. Enseignements pour les mesures agro-environnementales de la politique agricole commune*. Etude réalisée pour le ministère en charge de l'agriculture. Rapport final.

VI. Limites de l'approche économique pour les projets de SafN et points de vigilance

VI. 1 Des performances encore difficiles à analyser

La comparaison de la performance économique de projets de SafN à des solutions grises est limitée par le fait que **les performances des SafN en termes d'adaptation aux risques climatiques sont encore difficiles à observer et à quantifier** du fait d'un manque de recul et de retours d'expérience, et donc d'un manque de données, contrairement aux solutions d'ingénierie classique.

En pratique, il existe parfois **une différence entre les bénéfices mesurés et les bénéfices ressentis**. Par exemple, la création d'une « forêt urbaine » peut permettre de réduire la température localement d'un ou deux degrés, mais pour certains habitants, on observe parfois des ressentis de diminution de température plus important. On peut donc s'interroger sur les bénéfices que l'on va choisir d'évaluer, le bénéfice réellement mesurer ou bien le bénéfice ressenti.

Enfin, **certaines solutions d'adaptation peuvent être mixtes** (reposer sur des actions de SafN et de solutions grises). Dans ce cas, la frontière entre ces deux types de solution n'est pas forcément claire et il peut être difficile de savoir quels coûts et bénéfices rattacher à quelle solution. Dans ce cadre, la comparaison des coûts des SafN et des solutions grises n'est pas forcément pertinente. Il est important de mentionner que dans certaines situations et certains contextes, la mise en place d'une solution d'ingénierie classique est nécessaire et ne peut pas forcément être remplacée par une SafN.

VI. 2 La nécessité d'une évaluation exhaustive des externalités positives et négatives

Ce travail insiste sur les nombreux co-bénéfices attribuables aux SafN qui soulignent l'intérêt qu'elles peuvent présenter face aux solutions grises. Cependant, avant même de pouvoir les monétariser, il est important de bien les identifier sur le plan technique, l'évaluation des services écosystémiques doit donc être entreprise en amont de l'évaluation économique de la solution. Pour réaliser une première évaluation économique avant la fin du projet, il est par exemple possible d'utiliser des estimations et/ou transférer les valeurs pour des projets similaires sur d'autres territoires.

De même, dans certains secteurs, des angles morts restent à explorer afin de prendre réellement en compte tous les coûts directs et indirects liés à une solution. Pour le secteur agricole, l'impact des bioagresseurs (produits phytosanitaires et engrais chimiques) sur la santé humaine n'est pas encore pris en compte dans les études actuelles sur le coût de ce type de solutions.

VI. 3 Le cadre du coût global

De nombreux facteurs peuvent influencer le calcul des coûts: le dimensionnement de l'ouvrage, sa composition (épaisseur des revêtements par exemple), la nécessité de créer des ouvrages annexes, la disponibilité des matériaux ou encore l'accessibilité au site. Il faut donc garder cela à l'esprit si l'on veut comparer deux solutions semblables mais situées dans des zones géographiques différentes, les coûts ne seront jamais identiques. Même s'il existe des fonctions de transfert de valeur permettant d'adapter les coûts selon les projets, une étude au cas par cas reste nécessaire.

Avec l'approche par coût global, il faut également prendre garde à la répartition des différentes catégories de coûts entre les parties prenantes ou les services. Par exemple, une solution peut permettre de réduire les coûts pour un service d'entretien mais les augmenter pour le service en charge des espaces verts.

Dans l'optique de comparer les SafN et les solutions grises, il faut également garder en tête que, souvent, une solution grise comprend le coût de l'ouvrage mais également les coûts de la séquence Eviter-Réduire-Compenser à mettre en place suite à cette solution, qui s'intègre dans son coût global. Dans le cas d'une SafN, s'il n'est normalement pas nécessaire de mettre en place cette séquence, il reste encore des zones d'ombres dans certains cas. On peut mentionner le cas de la dépoldérisation qui revient à accélérer un phénomène naturel et pour laquelle on n'envisage pas de compensation. Cependant, si cela provoque la perte d'un espace d'intérêt communautaire, comme une zone Natura 2000 par exemple, il pourrait alors être nécessaire de créer des zones de compensation, dont les coûts devraient être pris en compte dans l'analyse de la solution.

VI. 4 Deux méthodes d'analyse complémentaires

Comme mentionné précédemment, les données des coûts et bénéfices des solutions sont parfois difficiles à obtenir. Et, une fois les données obtenues, il n'est pas toujours évident de déterminer quelle méthode d'analyse utiliser afin de comparer les deux solutions. En effet, la méthode d'analyse coûts-bénéfices est intéressante afin d'estimer la performance des solutions selon un indicateur mais elle induit un biais du fait de la monétarisation, tandis que l'analyse multicritère lève ce biais mais nécessite une pondération des critères qui peut s'avérer complexe.

VI. 5 La maladaptation et l'inaction, deux notions difficiles à chiffrer

Pour l'évaluation de la maladaptation d'une solution ou d'une action et pour l'évaluation de l'inaction climatique, nous avons pu constater qu'il existait de nombreux indicateurs mais pas forcément de méthode précise de chiffrage en coûts monétaires.

Les études sur les coûts des solutions sont souvent centrées sur les biens et sur les personnes et très peu sur l'environnement. Toutes les externalités, positives et négatives, ne sont donc pas réellement prises en compte. Par exemple, pour l'évaluation du coût de l'inaction climatique, beaucoup de chiffrages sont réalisés grâce aux compagnies d'assurance, mais, cette estimation se limite aux biens assurés, on perd notamment tout l'impact sur l'environnement et la biodiversité.

VI. 6 Les risques d'une évaluation économique

L'évaluation économique de la biodiversité et des écosystèmes peut entraîner des dérives à garder à l'esprit lors de son utilisation en tant qu'argumentaire. En effet, le risque peut être que des porteurs de projet proposent de rembourser le coût de la valeur évaluée de l'écosystème afin de pouvoir le dégrader.

D'autre part, de nombreux bénéfices restent qualitatifs et/ou intangibles (sentiments de bien-être, d'apaisement, ...), on peut donc s'interroger sur le réel intérêt et la pertinence de leur monétarisation, si elle est possible.

Les SafN et les solutions d'ingénierie classique ne rendent pas les mêmes services et ne possèdent pas les mêmes bénéfices et co-bénéfices. On ne peut donc pas toujours comparer ces deux types de solution au sens strict.

De plus, l'évaluation des services écosystémiques et la mise en place des SafN ne doivent pas être réalisées au détriment de la biodiversité. On peut prendre en exemple la destruction de biodiversité pour favoriser un service culturel. L'approche économique reste donc à encadrer pour ne pas entraîner des dérives et faire primer les SafN sur la conservation de la biodiversité.

VII. Conclusion

Cet état des lieux permet de comprendre que les **deux méthodes d'analyse les plus pertinentes pour l'approche économique des SafN sont l'analyse coûts-bénéfices et l'analyse multi-critères**. Cependant, en pratique, leur utilisation n'est pas systématique et reste d'ailleurs plutôt rare du fait du manque de données ou du manque d'anticipation dans le recueil de celles-ci, du temps qu'elles requièrent ou encore de leur complexité. Dans les faits, la prise en compte du coût global (étendu ou non) et des risques de maladaptation d'une solution pour pouvoir la comparer est déjà un premier pas. Les bénéfices sont en général identifiés et listés, parfois pour les mettre en regard avec ceux des autres solutions (type solution grises) mais sont très rarement monétarisés.

Pour donner suite à cet état des lieux, **on peut suggérer la construction d'une grille complète d'estimation de coûts et de bénéfices selon différentes mesures types SafN**. Cette grille pourrait notamment être reprise dans **un guide méthodologique permettant l'analyse économiques de projets de SafN par les porteurs de projet**.

D'autre part, cette étude permet de souligner **l'intérêt méthodologique de la réflexion en coût global étendu** afin de réfléchir à tous les coûts, les intangibles, les externalités, ... à court et à moyen terme pour chaque type de solution pour la prise de décision par les porteurs de projet ou les investisseurs.

De plus, cette étude souligne également la difficulté qui subsiste lors d'évaluation de projets, à savoir la représentation de la nature et de la biodiversité. Ces derniers sont en général représentés lors d'un projet par des acteurs (associations, agences) mais ces intermédiaires ne possèdent qu'une représentativité limitée. On peut donc s'interroger sur le besoin et la faisabilité de donner une valeur monétaire à l'ensemble des écosystèmes pour mieux les intégrer dans les mesures de gestion des risques et mieux les représenter lors de la prise de décisions. Pour cela, certains pays ont exploré la notion de personnalité juridique afin de justifier les actions de préservation et de restauration. C'est notamment le cas de la rivière Magpie au Québec, reconnue « personnalité juridique » en 2021 par un conseil municipal de la Côte-nord du Québec. Cela lui confère des droits fondamentaux (droit d'exister, droit d'être à l'abri de la pollution, de maintenir sa biodiversité) qui sont défendus par des « gardiens ». De même, en 2014, le parlement Néo-Zélandais a accordé une personnalité juridique au Parc national Te Urewera. Suite à cela, un conseil d'administration a été constitué et chargé d'agir au nom de cette entité en défendant ses droits et ses intérêts devant la justice. Le 29 juin 2023, l'assemblée de la province des îles Loyauté en Nouvelle-Calédonie a adopté une délibération sur le droit vivant, désormais « certains éléments de la nature pourront se voir reconnaître une personnalité juridique dotée de droits qui leur sont propres ».⁸⁶

⁸⁶ Site Actu Environnement : *Nouvelle-Calédonie : Les îles Loyauté donnent une personnalité juridique à des entités naturelles*. L. Radisson : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/requins-tortues-entites-naturelles-personnalite-juridique-deliberation-nouvelle-caledonie-iles-loyaute-42174.php4>

Bibliographie – Phase 1

La bibliographie ci-dessous est présentée selon l'ordre d'apparition des sources dans la note.

Pour les rapports clés, ils sont présentés par ordre alphabétique.

1 - 2022. *Etude sur les freins et les leviers à la mise en œuvre des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature*. OFB.: https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2022-03/OFB_SafN_Freins%20et%20leviers%20mise%20en%20oeuvre.pdf

2 - Site de l'UICN : Solutions fondées sur la nature : <https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>

3 - 2017. *EFESE Cadre conceptuel*. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Thema%20-%20Efese%20-%20Le%20cadre%20conceptuel.pdf>

4 - Site du Life Adapto Baie d'Authie : <https://www.lifeadapto.eu/baie-d-authie.html>

5 - Salvetti M., 2013. *Les évaluations économiques en appui à la gestion des milieux aquatiques*. Onema. 172 pages.

6 - Site du Ministère de l'Ecologie : Coût global : <http://www.coutglobal.developpement-durable.gouv.fr/>

7 - 2010, *Guide relatif à la prise en compte du coût global dans les marchés publics de maîtrise d'œuvre et de travaux*. Observatoire économique de l'achat public https://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/daj/marches_publics/oeap/gem/cout_global/cout_global.pdf

8 - *Le coût global dans les projets de bâtiment*. CEREMA. 2018. : [Le coût global dans les projets de bâtiment : 10 conseils pratiques pour sa mise en œuvre \(banquedesterritoires.fr\)](http://banquedesterritoires.fr/le-coût-global-dans-les-projets-de-bâtiment-10-conseils-pratiques-pour-sa-mise-en-œuvre)

9 - D. Rouchon, N. Christin, C. Peinturier, D. Nicklaus, 2018. *Théma – Analyse multicritère des projets de prévention des inondations – Guide*. CGDD. 166 pages.: <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Analyse%20multicrit%C3%A8re%20des%20projets%20de%20pr%C3%A9vention%20des%20inondations%20-%20Guide.pdf>

10 - Site Eau France : Les coûts et dommages environnementaux : [Economie | Un site du service public Eaufrance](http://www.eaufrance.fr/les-coûts-et-dommages-environnementaux)

11 - Loi n°2008-757 du 1^{er} août 2008 relative à la responsabilité environnementale et à diverses dispositions d'adaptation au droit communautaire dans le domaine de l'environnement : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000019277729>

12 - Site internet: Directive cadre Stratégie pour le milieu marin: <https://www.milieufrance.fr/Nos-rubriques/Cadre-reglementaire/Directive-Cadre-strategie-pour-le-milieu-marin>

13 - 2022. J. Picot, Collaborative People, C. Long Stratys. *Adapto Baie d'Authie – rive sud. Etude économique – Rapport d'analyse coût-bénéfices*. https://www.lifeadapto.eu/media/7882/Authie_ACB_Rapportfinal_2022.pdf

14 - C. Magdelenat, J. Hairabedian, N. Malpiece, Y. Josse, 2021. *Des solutions fondées sur la nature en milieu urbain*. WWF. : [exe wwf a4 template sbn final fr.pdf \(panda.org\)](https://www.panda.org/fr/resources/rapports/2021/08/01/Des-solutions-fondees-sur-la-nature-en-milieu-urbain)

- 15 - 2021 - *Rafrâchir les villes – Des solutions variées*. ADEME. CEREMA : [Rafrâchir les villes - La librairie ADEME](#)
- 16 - CEREMA. *Coût des protections contre les aléas littoraux*. CEREMA, 2018. Connaissances. ISBN : 978-3-37180-283-4 : [Coût des protections contre les aléas littoraux | Publications du Cerema](#)
- 17 – Région Occitanie. Communauté de Communes de la Montagne du Haut Languedoc. *Zone de protection spéciale Montagne de l'Espinouse. Cahier des charges des mesures contractuelles*. : [Cahier des charges des mesures \(developpement-durable.gouv.fr\)](#)
- 18 – L. Ighil Ameer, 2021, *Effets des sécheresses sur les maisons individuelles et solutions de remédiation et d'adaptation au changement climatique*, CEREMA : [Présentation PowerPoint \(cerema.fr\)](#)
- 19 - Site du CEREMA : Stabilisation du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux sous les habitations : un système innovant par infiltration d'eau de pluie : [Stabilisation du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux sous les habitations : un système innovant par infiltration d'eau de pluie | Cerema](#)
- 20 - Université Littoral Côte d'Opale, CNRS, *Quelles solutions pour le littoral?* : [Présentation PowerPoint \(univ-littoral.fr\)](#)
- 21 - M. Iggabel, V. Chaouch, M. El Fadili, 2014, *Coût des protections contre les inondations fluviales*, CEREMA : [AGj CouvRepro CoutProtecContrInondFluviales v03.cdr \(ecologie.gouv.fr\)](#)
- 22 - Catalogues coûts et bénéfices unitaires - Agence de l'Eau Seine-Normandie (2006) : http://www.economie.eaufrance.fr/spip.php?rubrique108&id_mot=84
- 23 - 2021. *La restauration des cours d'eau. Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. Onema, AFB. <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/217>
- 24 - Bassin versant du Léguer : *Entretien et restauration des zones humides* : [Document3 \(zoneshumides29.fr\)](#)
- 25 - Département de la Mayenne – *Etude paysagère Projet éolien de Saint-Hilaire-du-Maine* : [5c+Etude+paysagere+pages+118+a+139.pdf \(mayenne.gouv.fr\)](#)
- 26 - Chambre d'agriculture des Hauts-de-France : *Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitations agricoles* : [untitled \(chambres-agriculture.fr\)](#)
- 27 - Chambre d'agriculture des Hauts-de-France : *Guide Lutter contre l'érosion* : [guide erosion 2013 02.pdf \(chambres-agriculture.fr\)](#)
- 28 - Documents et données techniques pour l'élaboration du SDAGE 2022-2027 du bassin Rhône-Méditerranée. *Note de méthode du coût pour l'estimation du coût du programme de mesures*. 2020 : https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/sites/sierm/files/content/2021-01/20200708 Methode-estimation-cout-PDM-RM-2022-2027_V2_VF.pdf
- 29 - Chambre d'agriculture : *Coûts de Opérations Culturelles 2018 des Matériels Agricoles* : [COC agroéquipement 2018_VF.pdf \(chambres-agriculture.fr\)](#)
- 30 – Site internet Ecovégétal : *Coût d'un parking perméable* : [Coût d'un parking perméable : ce qu'il faut savoir - ECOVEGETAL](#)

- 31 - Site du Sénat : Les outils financiers pour soutenir l'atteinte de l'objectif de zéro artificialisation nette : [Les outils financiers pour soutenir l'atteinte de l'objectif de zéro artificialisation nette - Sénat \(senat.fr\)](#)
- 32 - Site Territorial.fr : [C - Les chaussées à structure réservoir - Gestion et traitement des eaux pluviales \(territorial.fr\)](#)
- 33 - 2021. *Revêtements perméables et aménagements urbains: typologie et caractéristiques techniques*. Plante&Cit  : <https://www.calameo.com/read/00621944060aace9350ce>
- 34 - O. Damas, 2011, *Réaliser des toitures v g taliss es favorables à la biodiversité*, Plante&Cit  : [00_001-024-NatureParif Mise en page 1 \(arb-idf.fr\)](#)
- 35 - Loire Forez Agglo, *Guide technique gestion intégrée des eaux pluviales: GUIDE EAUX PLUVIALES BD.pdf* ([loireforez.fr](#))
- 36 – Agence de l’eau Rhône Méditerranée Corse – CeMEB. *Identification des services écosystémiques et évaluation économique des avantages tirés des herbiers marins*: <https://www.labex-cemeb.org/download-form/download/299a23a2291e2126b91d54f3601ec162#:~:text=En%20France%2C%20le%20co%20BBt%20de,des%20services%20qu'il%20rend.>
- 37 - Site Bandol Littoral: Récifs artificiels à la rescousse de la biodiversité : [Récifs artificiels, à la rescousse de la biodiversité – Bandol Littoral \(bandol-littoral.org\)](#)
- 38 - LÉOCADIE, A., PIOCH, S., PINAULT, M. (2020). *Guide d'Ingénierie  cologique : La réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés*.  dition IFRECOR. 114p : [2020 IFRECOR Guide ingenierie ecologique.pdf \(sulubaai-foundation.com\)](#)
- 39 - Site Naturevolution: Rainforests of the sea : [Projet Rainforests of the Sea - Naturevolution](#)
- 40 - Agence de l’eau Rhône Méditerranée Corse : *Détermination des coûts de référence des travaux de restauration hydromorphologique des cours d’eau et conception d’une base de données de projets et d’un outil d’estimation du coût du volet hydromorphologie des programmes de mesures 2016-2021: rapport etude couts restau hydromorpho.pdf* ([trameverteetbleue.fr](#))
- 41 - Axel Créach, Emilio Bastidas-Arteaga, Sophie Pardo, Denis Mercier. *Comparaison du coût de différentes mesures de protection de la vie humaine face au risque de submersion marine*. XIVes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Jun 2016, Toulon, France. ff10.5150/jngcgc.2016.070ff. ffhal01362004f: <https://hal.science/hal-01362004v1/file/Creach2016.pdf>
- 42 - Agence de l’eau Rhône Méditerranée Corse: *Cahier technique 3 d’intervention – Restauration fonctionnelle*: [07 cahier technique 3 niveau d intervention.docx.pdf \(eaumc.fr\)](#)
- 43 – Site internet Zones humides du Finistère : Suppression de remblai en zone humide : http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/GTAGZH_Suppression_remb lai_032012.pdf

- 44 - I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: *Adaptation needs and options*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 857-858
- 45 - Site du Ministère de l'écologie : Adaptation de la France au changement climatique : <https://www.ecologie.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique>
- 46 - 2013. A. Magan. *Eviter la maladaptation au changement climatique*. IDDRI. : https://www.iddri.org/sites/default/files/import/publications/pb0813_am_maladaptation.pdf
- 47 - Serkine, P. (2015). *Le risque de maladaptation au changement climatique : un enjeu pour la rentabilité des investissements ?*. Revue d'économie financière, 117, 75-90. : <https://doi.org/10.3917/ecofi.117.0075>
- 48 - A. Delahais, A. Robinet. 2023. *Coût de l'inaction face au changement climatique en France : que sait-on ?* France Stratégie. : [fs-2023-dt cout-inaction-climatique 20 avril.pdf \(strategie.gouv.fr\)](https://www.strategie.gouv.fr/fr/2023-04-20-coût-de-l-inaction-face-au-changement-climatique)
- 49 - S. Talandier Lespinasse. 2021. *Le coût de l'inaction face au changement climatique et à la pollution de l'air – Proposition de méthodologie d'évaluation*. CEREMA. : [Le coût de l'inaction face au changement climatique et à la pollution de l'air - Proposition de méthodologie d'évaluation - Cerema](https://www.cerema.fr/fr/le-coût-de-l-inaction-face-au-changement-climatique-et-a-la-pollution-de-l-air-proposition-de-méthodologie-d'évaluation-cerema)
- 50 - 2022 *Evaluer le coût de l'inaction : oui et comment ?* ADEME. CEREMA. : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5617-evaluer-le-cout-de-l-inaction-oui-et-comment-9791029719516.html>
- 51 - 2023. Dr Chandan Banerjee Lucia Bevere Dr Thierry Corti James Finucane Roman Lechner. Swiss Re Institute. *Sigma Natural catastrophes and inflation in 2022 : a perfect storm*. <https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2023-01.html>
- 52 – Site Climate ADAPT : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/tools/climada#:~:text=Climada%20stands%20for%20climate%20adaptation,%2C%20behavioural%2C%20etc.>
- 53 - 2021. La Banque Postale : Rebond. Actifs échoués... Comment garder le cap ?
- 54 - B. Chevassus-au-Louis, J-M. Salles, J-L. Pujol, S. Bielsa, D. Richard, G. Martin, 2009. *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Contribution à la décision publique*. Centre d'analyse stratégique. 378 pages. : <https://hal.science/hal-01193588>
- 55 - *Evaluation socio-économique des « solutions fondées sur la nature » liées à l'eau : Retour d'expériences sur des territoires du bassin Loire-Bretagne*. 2022. Agence de l'eau Loire-Bretagne. : <https://donnees-documents.eau-loire-bretagne.fr/home/documents/guides-etudes/evaluation-socio-economique-des-solutions-fondees-sur-la-nature.html>
- 56 - Site EauFrance : Méthode des préférences déclarées: [Méthode des préférences déclarées | EauFrance](https://www.eaufrance.fr/methode-des-preferences-declarees)

57 - Site du Ministère de la Transition Ecologique: Paiements pour services environnementaux: <https://pse-environnement.developpement-durable.gouv.fr/>

58 - Duval L., Binet T., Dupraz P., Leplay S., Etrillard C., Pech M., Deniel E., Laustriat M., 2016. *Paiements pour services environnementaux et méthodes d'évaluation économique. Enseignements pour les mesures agro-environnementales de la politique agricole commune*. Etude réalisée pour le ministère en charge de l'agriculture. Rapport final.

59 - Site Actu Environnement: *Nouvelle-Calédonie: Les îles Loyauté donnent une personnalité juridique à des entités naturelles*. L. Radisson: <https://www.actu-environnement.com/ae/news/requins-tortues-entites-naturelles-personnalite-juridique-deliberation-nouvelle-caledonie-iles-loyaute-42174.php4>

Autres rapports clés :

ADEME, Valentin Framont (EcoAct), Jordan Hairabedian (EcoAct), Joanne Schanté (LGI), Cosima Malandrino (LGI), Inès Centeno (LGI). 2021. *L'offre des solutions d'adaptation au changement climatique (SAFN) – Des filières économiques en émergence*, Rapport final. 87 pages.

CDC BIODIVERSITÉ, (2019). *Évaluation socioéconomique des solutions fondées sur la nature, Mission économie de la biodiversité et vertigo lab*. Paris, FRANCE, 40p

Pr H. Dreisteil, J. Asbjorn Leonardesen, B. Wanschura, 2015. *Cost-Benefit analysis of Bishan-Ang Mo Kio Park*. National University of Singapore School of Environment and Design Department of Architecture. 48 pages.: http://www.ramboll.com.ua/-/media/files/rnewmarkets/herbert-dreisteil_part-1_final-report_22052015.pdf?la=en

Y. Kervinio, 2020. *Rapport de première phase de l'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques*. Service de l'économie verte et solidaire. 268 pages.: <https://biodiversite.gouv.fr/sites/default/files/2021-05/Efese%20-%20Rapport%20de%20premi%C3%A8re%20phase%20-%20Du%20constat%20%C3%A0%20l%27action%20-%20Synth%C3%A8se.pdf>

ANNEXES – Phase 1

Liste des annexes

Annexe 1 : Schéma des étapes de réalisation d'une analyse multi-critères

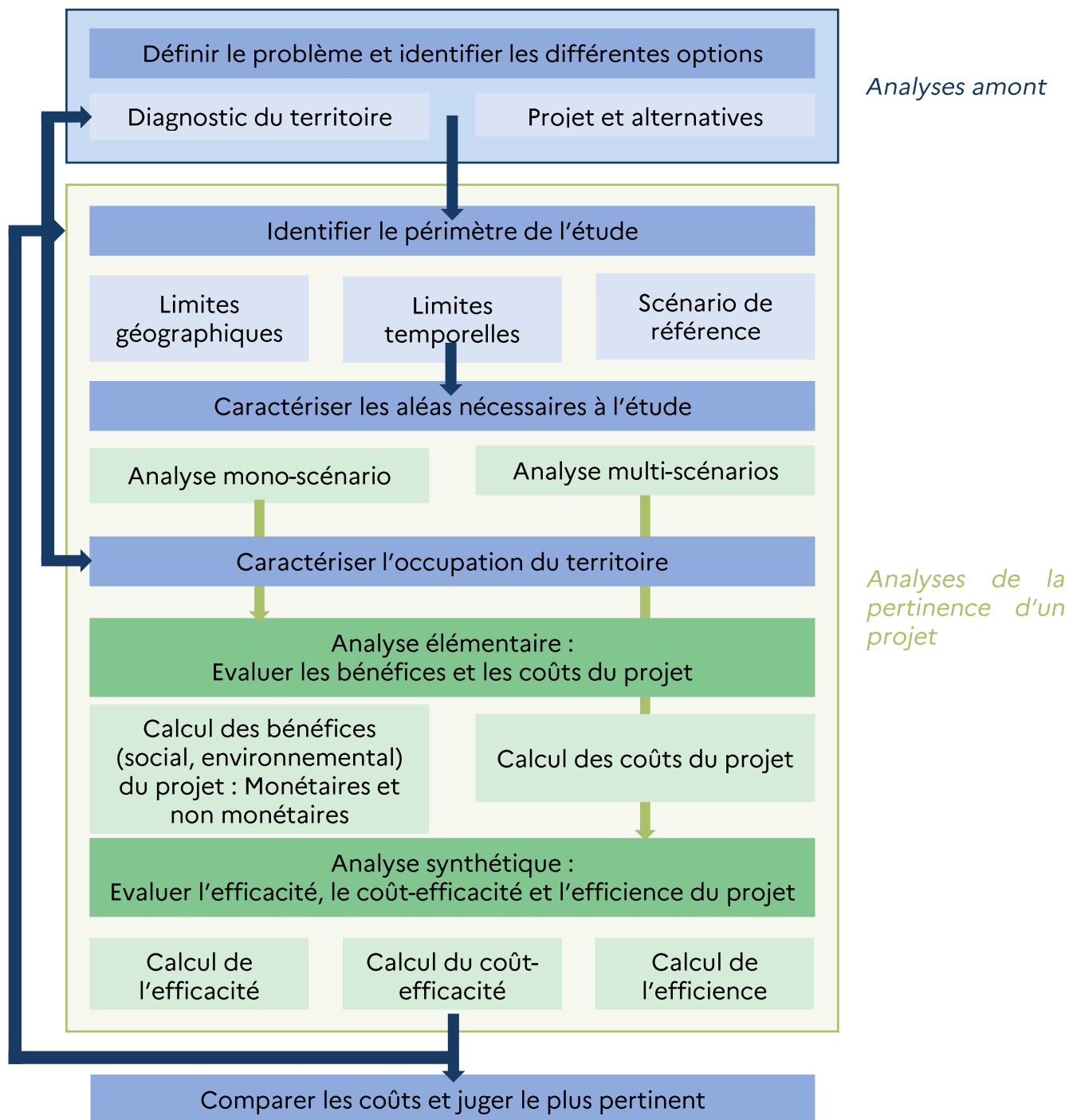
Annexe 2 : Approche des coûts environnementaux par les coûts de dégradation des analyses économiques de la directive cadre Stratégie pour le milieu marin

Annexe 3 : Exemples d'effets de la maladaptation selon le risque considéré

Annexe 4 : Exemples de chiffrages monétaires du coût de l'inaction

Annexe 5 : Approche du coût de l'inaction climatique par le coût des besoins pour l'adaptation aux changements climatiques

Annexe 1 : Schéma des étapes de réalisation d'une analyse multi-critères⁸⁷



⁸⁷ D. Rouchon, N. Christin, C. Peinturier, D. Nicklaus, 2018. Théma – Analyse multicritère des projets de prévention des inondations – Guide. CGDD. 166 pages

On entend par efficacité la mesure dans laquelle un projet satisfait aux objectifs donnés et par efficacité la mesure dans laquelle il produit de la valeur nette.

Annexe 2 : Approche des coûts environnementaux par les coûts de dégradation des analyses économiques de la directive cadre Stratégie pour le milieu marin⁸⁸

CATEGORIE	MESURES	COUTS
Déchets marins⁸⁹	Suivi et information	Ademe : 130000€ en études en 2010 Centre de la Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux (Cedre) : 27000€ en 2010 et 25000€ en 2011 Ifremer : 160000€ en 2011
	Mise en œuvre de stratégies	Grenelle Mer : 300 M€ sur 2011-2015
	Sensibilisation	Grenelle Mer : 30000-50000€ en 2010
	Opérations	Ademe : Opération ports propres : 110000€ en 2010
	Nettoyage	Nettoyage manuel collectivités territoriales : 800-10000€/km/an Nettoyage mécanique collectivités territoriales : 2-19000€/km/an
	Aquaculture	Dégâts et nettoyage : 580€/an et par aquaculteur
	Biodiversité	CESTM : 62140€ en 2010
Micropolluants⁹⁰	Suivi et information	Mise en place directive REACH : 2,8-5,2 Mds€ Plan d'actions national de réduction de la présence de résidus médicamenteux dans les eaux : 515000€ Ifremer « Devenir et effets des contaminants chimiques » : 116 000€ en 2011
Organismes pathogènes microbiens⁹¹	Assainissement	Evitement contamination microbiologique 1,26Md€

⁸⁸ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : <https://dcsmm.milieufrance.fr/>

⁸⁹ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts déchets marins : https://dcsmm.milieufrance.fr/content/download/4932/file/GDG_AES_25_Couts_dechets_marins.pdf

⁹⁰ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts micropolluants : https://dcsmm.milieufrance.fr/content/download/4933/file/GDG_AES_26_Couts_micropolluants.pdf

⁹¹ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts liés aux organismes pathogènes microbiens : <https://dcsmm.milieufrance.fr/Le-Plan-d-Action-pour-le-Milieu-Marin/Cycle-1-2012-2018/Consultation-des-documents-du-Cycle-1/Couts-lies-aux-organismes-pathogenes-microbiens-Golfe-de-Gascogne>

Marées noires et rejets d'hydrocarbures⁹²	Suivi et information	<p>Suivi Erika : 5,5M€ en 2011</p> <p>Réseau de recherches et d'innovation technologiques sur les pollutions marines accidentelles et leurs conséquences écologiques : 8,4M€ en 2011</p> <p>Dotation annuelle de fonctionnement aux Centres de Sécurité des Navires (CSN) : 0,76M€ en 2011</p> <p>Dispositif de contrôle et de Surveillance (DCS) : moyenne 2008-2011 (€2011) : 6,54€</p> <p>Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage (CROSS) : moyenne 2008-2011 (€2011) : 11,94M€</p>
Eutrophisation⁹³	Suivi et information	<p>Plan national de lutte contre les algues vertes : 134M€ sur 5 ans (2010-2015)</p> <p>Ifremer : 190000€/an</p>
Espèces non-indigènes invasives⁹⁴	Suivi et information	<p>Huitre creuse : 198000€/an sur 2004-2006</p> <p>Crépidule : 95000€/an sur 1999-2001</p>
Dégradation des ressources biologiques exploitées⁹⁵	Suivi et information	<p>Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins : 3,6M€ en 2011</p> <p>France Agrimer : 8,2M€</p> <p>Ifremer, Obsmer, Système d'information géographique DPAM : 15M€</p> <p>Appui national aux organisations internationales (CIEM, CGPM) : 0,5M€</p>
	Encadrement	Activités conchylicoles : 13M€ en 2008
	Atténuation des impacts	6,8M€ en 2008 pour l'arrêts temporaires des activités
	Suivi et information	25M€/sous-région marine (Golfe de Gascogne, Méditerranée occidentale, Manche et Mer du Nord, Mers Celtiques)

⁹² Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts marées noires et rejets illicites :

https://dcsmm.milieufrance.fr/content/download/4935/file/GDG_AES_28_Couts_marees_noires_rejets_illicites.pdf

⁹³ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts eutrophisation :

https://dcsmm.milieufrance.fr/content/download/5139/file/MMN_AES_34_Couts_eutrophisation.pdf

⁹⁴ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts liés aux impacts des espèces non indigènes invasives :

<https://dcsmm.milieufrance.fr/Le-Plan-d-Action-pour-le-Milieu-Marin/Cycle-1-2012-2018/Consultation-des-documents-du-Cycle-1/Couts-lies-aux-impacts-des-especes-non-indigenes-invasives-Golfe-de-Gascogne>

⁹⁵ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts dégradation des ressources halieutiques :

https://dcsmm.milieufrance.fr/content/download/5135/file/MMN_AES_30_Couts_degradation_ressources_halieutiques.pdf

Perte de biodiversité et perte d'intégrité des fonds marins⁹⁶	Protection	4-25M€/sous-région marine
	Atténuation des impacts	6,1-16,4M€/sous-région marine
Introduction d'énergie dans le milieu et modification du régime hydrologique⁹⁷	Suivi et information	Programme d'études amont de la Délégation Générale pour l'Armement : 400000 Réseau Service d'observation en milieu littoral (SOMLIT) : 1,6M€ Réseau de suivi du phytoplancton (REPHY) : 200000€/an

⁹⁶ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts perte biodiversité :

https://dcsmm.milieufrance.fr/content/download/4940/file/GDG_AES_33_Couts_perte_biodiversite.pdf

⁹⁷ Site internet Directive cadre Stratégie pour le milieu marin : Coûts liés à l'introduction d'énergie dans le milieu et à des modifications du régime hydrologique : <https://dcsmm.milieufrance.fr/Le-Plan-d-Action-pour-le-Milieu-Marin/Cycle-1-2012-2018/Consultation-des-documents-du-Cycle-1/Couts-lies-a-l-introduction-d-energie-dans-le-milieu-et-a-des-modifications-du-regime-hydrologique-Golfe-de-Gascogne>

Annexe 3 : Exemples d'effets de la maladaptation selon le risque considéré⁹⁸

Risque	Facteur d'aggravation sur la vulnérabilité climatique	Report de vulnérabilité	Effets
CANICULE	Climatisation	Spatial	Rejet d'air chaud dans la ville et augmentation des températures dans les zones voisines
		Temporel	Emissions de GES qui empire les conséquences du RC Dimensionnement actuel ne permettant pas de répondre à un climat sévéré à 2050
		Non prise en compte des incertitudes	Pas de prise en compte des incertitudes du CC qui peuvent conduire à une obsolescence des équipements
	Brumisateurs	Spatial	Accapitation de la ressource en eau vis-à-vis d'autres espaces dépendants dans le contexte de raréfaction
		Temporel	Solution possible tant que pression sur la ressource modérée, peut devenir obsolète avec le temps
		Sur d'autres systèmes	Ressource manquante pour les écosystèmes et d'autres systèmes humains (agriculture)
		Non prise en compte des incertitudes	Incertitude liée à la disponibilité de la ressource dans un contexte de sécheresse
	Façades végétalisées intégrant des plantes non endémiques ou hors terre	Temporel	Mort des plantes provoquant une perte d'investissements
		Sur d'autres systèmes	Dégradation des murs Entretien et apport en eau au détriment d'autres systèmes Possible prolifération d'espèces invasives, augmentation de la vulnérabilité sanitaire des occupants du bâtiment
		Non prise en compte des incertitudes	Si les essences ne sont pas choisies en fonction des variations du changement climatique
	Système de géothermie mal étudié	Sur d'autres systèmes	Si mal étudié, réchauffement ou refroidissement possible des sols et perturbation des écosystèmes présents
		Non prise en compte des incertitudes	Si pas de prise en compte des mouvements de terrain (retrait gonflement des argiles) obsolescence de l'installation

⁹⁸ <https://o-immobilierdurable.fr/la-maladaptation-mauvais-reflexe-face-au-changement-climatique/>

		Spatial	Accapuration de la ressource en eau vis-à-vis d'autres espaces dépendants dans le contexte de raréfaction
		Temporel	Coûteux en énergie et émissions de GES qui empirent les conséquences du réchauffement climatique
	Neige artificielle	Sur d'autres systèmes	Ressource manquante pour les écosystèmes et d'autres systèmes humains (agriculture) Erosion des sols
		Non prise en compte des incertitudes	Solution non pérenne
INONDATION / SUBMERSION MARINE	Barrages ou digues	Spatial	Erosion des zones adjacentes donc augmentation de leur vulnérabilité aux inondations ou submersions marines
		Temporel	Empêche l'acculturation au risque des habitants et augmente la vulnérabilité en cas de rupture soudaine
		Sur d'autres systèmes	Fragmentation des écosystèmes, empêche le libre déplacement des espèces
		Non prise en compte des incertitudes	Si dimensionnement non adéquat, peut provoquer des inondations décalées dans le temps
	Détournement des cours d'eau	Spatial	Peut provoquer des inondations dans les zones adjacentes vers lesquelles on a redirigé le cours d'eau
		Sur d'autres systèmes	Perturbation ou fragmentation d'écosystèmes
SÉCHERESSE	Irrigation des espaces verts	Spatial	Accapuration de la ressource en eau vis-à-vis d'autres espaces dépendants dans le contexte de raréfaction
		Temporel	Non-adaptation des essences végétales induite par leur irrigation peut conduire à la mort de ces espèces
		Sur d'autres systèmes	Ressource manquante pour les écosystèmes et d'autres systèmes humains (agriculture)
		Non prise en compte des incertitudes	Incertitude liée à la disponibilité de la ressource dans un contexte de sécheresse
FEUX DE FORÊTS	Installation massive de capteurs de fumée	Temporel	Implique des émissions de GES (liaison satellitaire) et consommation de métaux rares
TEMPÊTE	Plantation d'arbres à proximité des bâtiments	Temporel	Dégâts aux bâtiments adjacents en cas de chute

Annexe 4 : Exemples de chiffrages monétaires du coût de l'inaction⁹⁹

Secteur	Thématique	Impacts en France	Monétarisation	
Ressource en eau	Non-coïncidence spatiale et temporelle entre les besoins en eau et les ressources hydriques	Baisse de la recharge des nappes entre 10 et 20% en moyenne	Déficit de 2 milliards de m ³ d'eau à l'horizon 2050 En 2009 : évaluation à 5-10 Mds€ de coûts engendrés par le déficit en eau Aucune nouvelle estimation quantitative de coûts induits proposée	
		Baisse de 10 à 40% du débit annuel moyen des cours d'eau		
		Débits d'étiage plus sévères, plus longs et précoces. Réduction des débits estivaux de 30 à 60%		
		Intensification de l'évapotranspiration		
Agriculture	Non-coïncidence spatiale et temporelle entre les besoins en eau et les ressources hydriques	Doublement des aléas actuels à l'horizon 2050	1Md€/an	3 Mds€/an
		Besoin d'adaptation liée à l'accroissement de l'usage de l'irrigation (investissement dans de nouveaux dispositifs de stockage et dans le matériel d'irrigation)	1Md€/an	
		Besoin d'une massification du conseil climatique auprès des exploitants	150M€/an	
		Renouvellement du verger (10%/an)	600M€/an	
Risques littoraux	Recul du trait de côte	5000 à 50 000 logements atteints par le recul du trait de côte d'ici 2100	Valeur estimée entre 0,8 et 8Mds€	
	Submersion marine	RCP 4,5 : 30000 biens concernés RCP 8,5 : 150000 biens concernés	RCP 4,5 : 10 Mds€ RCP 8,5 : 50 Mds€ Surcoût lié aux submersion marines de 10M€/an supplémentaires	
Forêt	Risque incendie plus intense et plus étendu	Augmentation de 80% des surfaces brûlées en Méditerranée d'ici 2050		

⁹⁹ A. Delahais, A. Robinet. 2023. Coût de l'inaction face au changement climatique en France : que sait-on ? France Stratégie. https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2023-dt_cout-inaction-climatique_20_avril.pdf

			316 sites industriels classés Seveso exposés à un risque d'incendie élevé	
			Recrudescence des insectes ravageurs et pathogènes	
			Déficit hydrique	Baisse du rendement du pin de 5 à 10% d'ici 2050
Biodiversité			Stockage carbone	7Mds€/an
			Pollinisation	2,3-5,3 Mds€/an
			Forêt	Consentement à payer des français pour se rendre en forêt 10Mds€/an ¹⁰⁰
Energie			Indisponibilité du parc nucléaire (canicule ou sécheresse importante)	Pertes très faibles (1 à 2 TWh)
			Hydroélectricité	Baisse des précipitations : baisse moyenne de 15% du potentiel productible hydroélectrique
Infrastructures et réseaux	Réseau routier	Vagues de chaleur	Renforcement de l'entretien des routes	1,5Md€/an sur 2035-2050 soit 22Mds€ au total (+10% du budget alloué à la rénovation des routes en France chaque année)
		Inondation	Réparation	954M€ d'ici 250 et 1Md€ d'ici 2080
	Réseau ferroviaire	Inondations et ruissellement	Investissements curatifs additionnels pour les voies ferrées	200M€ entre 2035 et 2050 soit plus de 13M€/an
			Investissements curatifs pour les tunnels ferroviaires	120M€ entre 2035 et 2050 soit plus de 5M€/an
	Aéroports		Journées d'extrêmes chaleurs, décollages impossibles	100M€ de pertes liées à l'excédent brut d'exploitation d'ici 2050 soit plus de 3M€/an
	Electricité		Investissement curatif induit par l'intensification et la multiplication des aléas climatiques extrêmes	1,7Md€/ d'ici 2050, soit 56M€/an

¹⁰⁰ Utilisation de la valeur des services écosystémiques comme limite haute d'un impact de la baisse de la biodiversité sur l'activité économique

Bâtiments	Risques de sécheresse, d'inondation et de submersion marine	Indemnisation des biens par les assurances	23,8Mds€ indemnisés sur la période 2020-2050 soit 765M€/an
	Sécheresse et retrait-gonflement des argiles		+555M€/an
	Inondations		+100M€/an
	Submersions marines		+110M€/an
Tourisme	Conditions météorologiques	Baisse de l'indice climato-touristique de Mieczkowski ¹⁰¹ de 25% à l'horizon 210 Baisse de 10 à 25% de l'indice de Mieczkowski	Perte d'un chiffre d'affaire touristique de plus de 10Mds€ sur la saison estivale Perte de 18Mds€
Santé	Vagues de chaleur	Augmentation du nombre de décès liés aux chaleurs extrêmes et des admissions à l'hôpital	
		28% du parc de logement exposés en 2050	
		Perte de productivité au travail	0,96% du PIB sur la période 2045-2055
	Maladies infectieuses	Diminution de l'activité physique et sportive Augmentation de l'étendue des zones de transmission et du taux de reproduction des virus	

¹⁰¹ L'indice climato-touristique de Mieczkowski varie de - 30 à 100 et permet de définir si un climat est favorable ou non au tourisme à partir de six variables climatiques mensuelles (températures maximale et moyenne, humidité relative, précipitations, durée d'ensoleillement, vitesse du vent).

Annexe 5 : Approche du coût de l'inaction climatique par le coût des besoins pour l'adaptation au changement climatique¹⁰²

BESOINS	BUDGET NECESSAIRE (EN M€/AN)	ACTEURS CONCERNES
Piloter et animer les politiques d'adaptation aux niveaux national, régional et local		
Se doter de capacités d'animation et de pilotage de la politique d'adaptation aux niveaux national, régional et local	116	Etat et ses opérateurs (ONERC, ADEME, DREAL), régions et acteurs régionaux, EPCI
Créer un dispositif de mutualisation des moyens pour le développement et l'animation des services climatique	10	Etat, Météo France et acteurs de la recherche (IPSL, INRAE)
Protéger durablement la ressource en eau		
Augmenter et maintenir dans la durée les moyens dont disposent les agences de l'eau pour leur action en faveur du Grand cycle de l'eau et de la biodiversité	300	Agences et acteurs de l'eau
Anticiper et prévenir les effets du changement climatique sur la santé		
Financer un programme national exploratoire de santé publique pour anticiper et prévenir les risques climatiques (recherche, campagnes de prévention, renforcement de la veille sanitaire)	2,5	Etat, Santé Publique France, professionnels de santé, ARS
Renforcer les politiques de sécurité civile pour suivre une extension des risques		
Revoir à la hausse les crédits de la sécurité civile pour accompagner l'extension du risque de feu de forêt et de végétation – accompagner l'investissement des SDIS	115	Etat, SDIS, ONF
Pérenniser le niveau de prévention des risques naturels malgré un climat qui change		
Prévoir des moyens supplémentaires (enveloppe d'actions et capacité d'animation) pour rehausser le niveau d'effort de prévention des risques d'inondation pour à minima maintenir le niveau de risque actuel malgré les évolutions du climat	125	Etat, EPCI, acteurs de la prévention
Repenser les villes pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain		
Equiper les programmes de renouvellement urbain existants de moyens d'ingénierie leur permettant d'intégrer l'adaptation à la conception des opérations qu'ils soutiennent	18	ANCT, ANRU, Banque des Territoires

¹⁰² V. Dépoues, G. Dolques, M. Nicol, 2022, *Se donner les moyens de s'adapter aux conséquences du changement climatique en France: de combien parle-t-on ?* I4CE

Pérenniser une enveloppe annuelle de soutien à l'extension des bonnes pratiques d'adaptation en ville	500	Etat, Banques des Territoires, EPCI
Tenir compte du climat futur lors de la construction et de la rénovation des bâtiments		
Renforcer les moyens d'animation, de sensibilisation et de recherche appliquée en matière d'adaptation des bâtiments, notamment aux vagues de chaleur	31	Etat, ADEME, Plan et Réseau bâtiment durable
Prendre en charge le surcoût pour renforcer les exigences en matière de constructions durables et adaptées aux chaleurs futures dans la construction des bâtiments d'enseignement et de recherche	500	Etat, collectivités
Garantir la résilience des réseaux et infrastructures d'importance vitale : transport, eau, énergie		
Doter les gestionnaires d'infrastructures et leurs autorités régulatrices des moyens de connaître leurs vulnérabilités et de piloter l'adaptation, notamment au sein de la gestion patrimoniale des réseaux	15	Etat, région et gestionnaires d'infrastructures
Mettre en place et animer une instance de coordination des gestionnaires d'infrastructures	1,7	Etat, région et gestionnaires d'infrastructures
Prévoir une première enveloppe pour financer des actions ciblées pour traiter les points critiques de vulnérabilité sur les réseaux de transport	325	Etat, région et gestionnaires d'infrastructures
Accompagner la recomposition des territoires littoraux face à la montée du niveau de la mer		
Doter les collectivités des moyens d'objectiver leurs vulnérabilités, d'élaborer et d'animer une stratégie d'adaptation de leur littoral	15	Etat, EPCI
Créer un fonds d'aide à la recomposition du littoral	150	Etat et collectivités
Agir pour des forêts résilientes et un maintien des services qu'elles rendent		
Financer la mise en œuvre des actions de la feuille de route pour l'adaptation de la forêt française au changement climatique (veille sanitaire, interface recherche-gestion, expérimentation, animation et concertation)	25	Etat, ONF, CNPF, acteurs de la filière forêt-bois
Accompagner la diversification et la transition des économies des montagnes		
Pérenniser le fond « Avenir Montagnes Ingénierie » et renforcer les moyens d'animation pour répondre aux besoins d'accompagnement des territoires de montagne en matière d'adaptation	16,7	Etat, ANCT, Banque des Territoires
Pérenniser la part Etat du fonds « Avenir Montagnes investissement », inciter les Régions à faire de même (pour aboutir à un total de 150M€/an) et flécher les investissements vers les projets contribuant à l'adaptation	75	Etat, ANCT, Banque des Territoires, régions

Phase 2 : Etat des lieux de travaux en Hauts-de-France en lien avec l'approche économique des SafN

Table des matières – Phase 2

Objectifs du travail.....	68
Projets et études identifiés	69
Evaluation des Services Ecosystémiques	70
L'évaluation des capacités des écosystèmes de Hauts-de-France à produire des services écosystémiques.....	70
Présentation de l'étude	70
Des résultats sous forme de matrices par écosystème	70
Les difficultés de l'étude	72
Des points de vigilance liés aux services écosystèmes	72
Quelle utilisation pour cet outil ?.....	72
L'évaluation des Services écosystémiques des zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escaut.....	73
Présentation de l'étude	73
Méthodologie employée	73
Des résultats sous forme de matrice des capacités.....	74
Limites identifiées	76
Les méthodes d'analyses économiques	77
L'approche de l'Agence de l'eau Artois-Picardie	77
L'approche du conservatoire du littoral : Life Adapto Baie d'Authie.....	78
L'analyse coûts-bénéfices	78
L'analyse multicritères	79
L'approche du projet H2O : Source2Seas du CPIE Val d'Authie	82
L'utilisation de l'outil du capital naturel :	82
Conclusion	83
Résultats de l'état des lieux.....	83
Un état des lieux limité et non exhaustif.....	83
Suites à donner.....	83
Bibliographie – Phase 2.....	84

Objectifs du travail

L'objectif de cette deuxième phase du stage était de réaliser un tour d'horizon des travaux en Hauts-de-France en lien avec l'approche économique de la biodiversité, de l'adaptation au changement climatique et des Solutions fondées sur la Nature. Dans ce cadre nous nous sommes notamment intéressés :

- Aux travaux sur l'évaluation des services écosystémiques (méthodologies, chiffrage, retours d'expériences),
- Aux travaux sur les analyses coûts-bénéfices et les analyses multicritères de scénarios d'adaptation aux risques liés aux changements climatiques,
- A l'identification des besoins et des manques en région pour une approche économique des SafN,
- A l'application effective des méthodes d'analyses économiques à des projets de SafN.

Ce compte-rendu reprend donc les principaux résultats de ce tour d'horizon.

Projets et études identifiés

En premier lieu, les études et les projets régionaux portant sur l'évaluation des services écosystémiques et sur les méthodes d'analyse de projets de SafN ont été identifiés.

Le site du Centre Ressource du Développement Durable (CERDD) a notamment permis d'avoir un premier aperçu d'une partie des initiatives sur le développement durable et le climat, notamment des projets de SafN, menés en Hauts-de-France¹⁰³. Nous nous sommes ensuite concentrés dans un premier temps sur les projets de SafN ayant cherché à évaluer leur coûts et bénéfices en mobilisant des méthodes d'analyse économique type analyse coûts-bénéfices ou analyse multicritères par exemple.

Les études sur les services écosystémiques et les projets de SafN ayant menés des analyses économiques retenus sont listés ci-dessous :

ETUDES	ACTEURS PRINCIPAUX	THEMATIQUES
Evaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques	DREAL	Evaluation des services écosystémiques
L'arbre en milieu urbain – Acteur du climat en région Hauts-de-France	Ademe HdF	Milieu urbain

Tableau 16 : Etudes sur les Services Ecosystémiques en Hauts-de-France

PROJETS	ACTEURS PRINCIPAUX	THEMATIQUES
Interreg France Manche Angleterre - H2O : Source2Sea	CPIE Val d'Authie / Kent Wildlife	Milieux aquatiques et littoraux
Interreg2mers - Co-Adapt	CPIE Val d'Authie / Somerset County Council	Milieux aquatiques et littoraux
Interreg2mers – ENSuring Dune Resilience against climate change (ENDURE)	CPIE Val d'Authie / Norfolk County Council	Milieux littoraux
Adapto Baie d'Authie	Conservatoire du littoral	Milieux littoraux

Tableau 17 : Projets de SafN en Hauts-de-France ayant réalisé une analyse des coûts et des bénéfices poussée

Suite à ce premier travail d'identification, une revue des ressources bibliographiques de ces études et projets a été menée afin d'obtenir un maximum d'informations concernant les évaluations des coûts et des bénéfices des projets. Afin d'approfondir certains points, des échanges par entretien ont également été réalisés. Les résultats de ces échanges sont présentés dans la suite de ce compte-rendu.

¹⁰³ Site internet du CERDD: Panorama des initiatives: [Panorama des initiatives - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](http://Panorama des initiatives - Centre Ressource du Développement Durable (cerdd.org))

Evaluation des Services Ecosystémiques

L'évaluation des capacités des écosystèmes de Hauts-de-France à produire des services écosystémiques

Présentation de l'étude

Concernant l'évaluation des Services Ecosystémiques, la seule étude identifiée en Hauts-de-France est celle réalisée par la DREAL : *Evaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques*.¹⁰⁴ Cette étude s'inscrit dans la continuité de projets initiés par le Ministère de la Transition Ecologique (MTE) afin d'évaluer les SE, comme l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques (EFESE)¹⁰⁵.

L'objectif de cette étude était de proposer des outils permettant une meilleure intégration des services écosystémiques dans les évaluations environnementales. L'IRSTEA a été sollicitée pour évaluer ces SE en Hauts-de-France et ainsi élaborer un document récapitulatif des capacités des différents écosystèmes des Hauts-de-France à les réaliser.

Il s'agit de la première région à avoir réalisé ce type d'étude mais cela a depuis été reproduit dans d'autres régions. La méthode employée est actuellement reprise au niveau national afin de réaliser une matrice des SE rendus par les écosystèmes sur toute la France

Des résultats sous forme de matrices par écosystème

La méthodologie de cette étude consistait à faire noter par des experts des écosystèmes et services écosystèmes de la région la capacité des écosystèmes à rendre ces services écosystèmes. Suite à la notation (entre 1 et 5) de cette capacité de la confiance de chaque expert en sa notation, une moyenne pondérée a été réalisée pour obtenir une note finale. Tous les résultats ont été agrégés dans la matrice ci-dessous :

¹⁰⁴ 2019. C. Sylvie Campagne, Philip K. ROCHE. *Evaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques*. DREAL Hauts-de-France

¹⁰⁵ Site du Ministère de l'Écologie : EFESE : <https://www.ecologie.gouv.fr/evaluation-francaise-des-ecosystemes-et-des-services-ecosystemiques>

Tableau 4 : Matrice des capacités en services écosystémiques de la région Hauts-de-France. Valeurs moyennes bootstrappées.

Code	ÉCOSYSTÈME	Services de régulation et d'entretien										Services d'approvisionnement								Services culturels						
		SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
H01	Eaux douces	2.9	1.4	1.4	4.0	1.7	2.2	1.3	0.8	0.3	2.7	1.4	0.7	2.7	1.2	4.0	4.4	0.5	1.1	2.4	0.4	3.4	3.8	3.9	4.2	3.8
H02	Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés	0.9	1.2	1.0	2.5	0.6	1.8	1.0	0.4	0.1	1.0	0.6	0.2	0.7	0.2	1.3	1.6	0.4	0.4	1.4	0.1	0.9	1.4	1.6	1.3	1.9
H03	Végétations aquatiques	2.2	1.2	1.2	4.0	1.7	3.5	2.1	1.8	0.2	1.6	1.5	0.2	0.7	0.9	2.2	1.7	1.0	1.1	2.7	0.8	1.9	2.3	3.0	1.3	2.8
H04	Eaux courantes	2.7	2.1	1.6	3.5	3.0	2.9	1.3	0.6	0.3	2.0	1.7	0.7	2.0	0.9	4.0	4.5	0.3	1.0	2.1	0.9	3.6	3.7	4.1	4.2	3.8
H05	Végétations immergées	2.2	1.3	1.3	3.9	1.4	3.6	2.2	2.0	0.4	1.6	1.4	0.3	0.7	0.8	2.3	1.7	1.1	1.0	2.6	0.8	1.7	2.2	2.2	0.9	2.7
H06	Végétations de ceinture des bords des eaux	2.7	1.3	1.7	4.3	2.8	4.1	3.3	3.8	1.1	3.0	2.2	0.6	0.9	1.3	2.4	1.9	2.0	1.6	2.6	1.6	2.7	2.9	3.3	1.7	3.1
H07	Bas marais, tourbières de transition, sources	3.0	0.9	1.6	4.1	2.8	4.0	3.6	3.0	0.8	4.1	1.9	0.7	1.1	1.6	2.7	3.1	1.8	1.8	3.2	2.6	3.5	4.1	3.7	2.5	3.9
H08	Steppes et prairies calcaires sèches	1.7	2.4	2.5	3.2	3.3	2.0	2.8	2.6	0.5	1.4	1.2	0.4	2.1	1.3	1.9	1.0	1.2	2.0	2.7	0.8	2.9	3.1	3.4	2.0	3.1
H09	Prairies acides et dunes fossiles	1.6	2.1	2.2	2.8	2.8	2.1	2.7	2.5	0.5	1.5	1.5	0.3	1.7	1.3	2.0	0.9	1.1	1.7	2.3	0.8	2.4	2.9	2.9	1.7	2.8
H10	Lisières humides à grandes herbes	2.5	1.3	2.3	3.9	3.4	3.2	3.7	3.3	0.6	3.2	1.6	0.6	1.6	1.7	2.3	1.8	1.5	2.3	2.7	1.1	2.1	2.2	2.5	1.3	2.5
H11	Prairies humides	2.8	1.4	2.4	3.8	3.4	3.9	3.7	3.4	0.5	4.0	1.4	0.9	3.5	2.3	2.6	2.3	1.7	3.1	3.1	1.2	3.2	3.5	3.5	2.1	3.4
H12	Prairies mésophiles	2.3	1.9	2.3	3.1	3.3	2.9	3.2	3.3	0.4	2.6	1.3	0.8	3.8	2.2	2.4	1.6	1.7	3.5	2.6	1.0	2.0	2.4	2.7	1.9	2.5
H13	Prairies à fourrage des plaines	2.2	2.0	2.3	2.8	3.0	2.3	2.9	3.1	0.4	2.3	1.1	1.1	3.5	1.8	2.6	1.4	1.8	4.3	2.1	1.5	2.2	2.3	2.5	1.5	2.2
H14	Prairies améliorées	2.0	1.9	2.0	2.3	2.8	1.9	2.4	3.0	0.5	2.2	1.0	1.1	3.5	1.4	2.3	0.9	1.7	3.8	1.7	1.3	1.5	1.5	1.8	1.6	1.9
H15	Cultures	1.6	1.9	0.6	2.1	1.9	0.8	1.1	1.3	0.5	1.5	0.7	4.8	1.7	0.6	2.8	0.7	3.6	4.0	1.8	3.5	2.2	1.8	1.6	1.6	2.4
H16	Bandes enherbées	2.1	1.9	2.7	2.7	3.1	3.2	3.1	3.0	0.6	2.3	1.3	0.6	1.1	1.3	2.3	1.3	1.2	2.6	1.3	1.1	1.2	1.7	1.4	1.4	2.4
H17a	Vergers	2.3	1.8	1.9	2.9	3.5	1.7	2.6	2.9	1.8	1.7	2.1	4.3	1.7	1.6	2.3	1.2	1.8	1.8	2.3	1.6	2.8	3.3	3.3	1.7	3.0
H17b	Vignobles	1.6	1.7	1.5	1.5	2.1	1.0	1.6	1.8	1.1	1.1	1.5	4.5	0.5	0.8	1.7	0.7	1.4	1.4	1.8	1.1	3.3	3.3	3.0	1.5	2.8
H18	Landes	2.4	2.1	2.7	3.4	3.2	2.5	2.9	3.2	1.5	2.0	2.0	0.5	1.2	1.9	2.4	1.0	1.7	1.5	2.6	1.6	2.8	3.2	3.3	2.5	2.8
H19	Fourrés	2.8	1.9	2.7	3.9	3.2	2.7	3.2	3.5	2.1	2.3	2.5	0.6	1.0	2.6	3.0	1.2	2.1	1.5	2.7	2.5	1.6	1.8	2.1	1.7	2.2
H20	Forêts caducifoliées	4.6	1.6	2.6	4.4	3.3	3.6	4.2	4.3	3.7	3.1	4.0	0.5	0.6	3.8	3.8	2.0	3.9	1.7	3.7	4.5	3.9	4.1	4.2	4.3	4.2
H21	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	4.4	1.6	2.5	4.4	3.4	4.0	4.1	4.3	3.7	4.0	4.2	0.4	0.6	3.2	3.5	2.1	3.9	1.3	3.3	4.1	3.1	3.6	3.8	3.6	3.6
H22	Plantations de feuillus et indéterminées	4.1	1.6	2.0	3.2	3.0	3.2	3.4	3.9	3.0	2.6	3.9	0.7	0.7	2.7	3.3	1.8	4.2	1.3	2.6	4.4	2.0	2.2	2.2	2.9	2.7
H23	Plantations de conifères	3.8	1.8	2.0	2.9	2.6	2.7	2.7	3.6	3.1	2.5	3.8	0.3	0.3	2.5	2.7	1.5	4.2	0.9	2.5	4.3	1.9	1.9	2.3	3.1	2.7
H24	Hales, alignements d'arbres	3.3	2.1	3.1	3.9	3.9	3.2	3.6	3.9	3.6	2.9	4.0	1.2	0.9	3.5	3.3	1.4	3.1	1.6	2.6	3.6	3.2	3.7	3.6	2.5	3.6

Figure 3 : Extrait de la matrice des capacités en services écosystémiques de la région Hauts-de-France.

Afin d'obtenir un résultat plus visuel, les notes peuvent également être présentées sous la forme de bouquets de services écosystémiques :

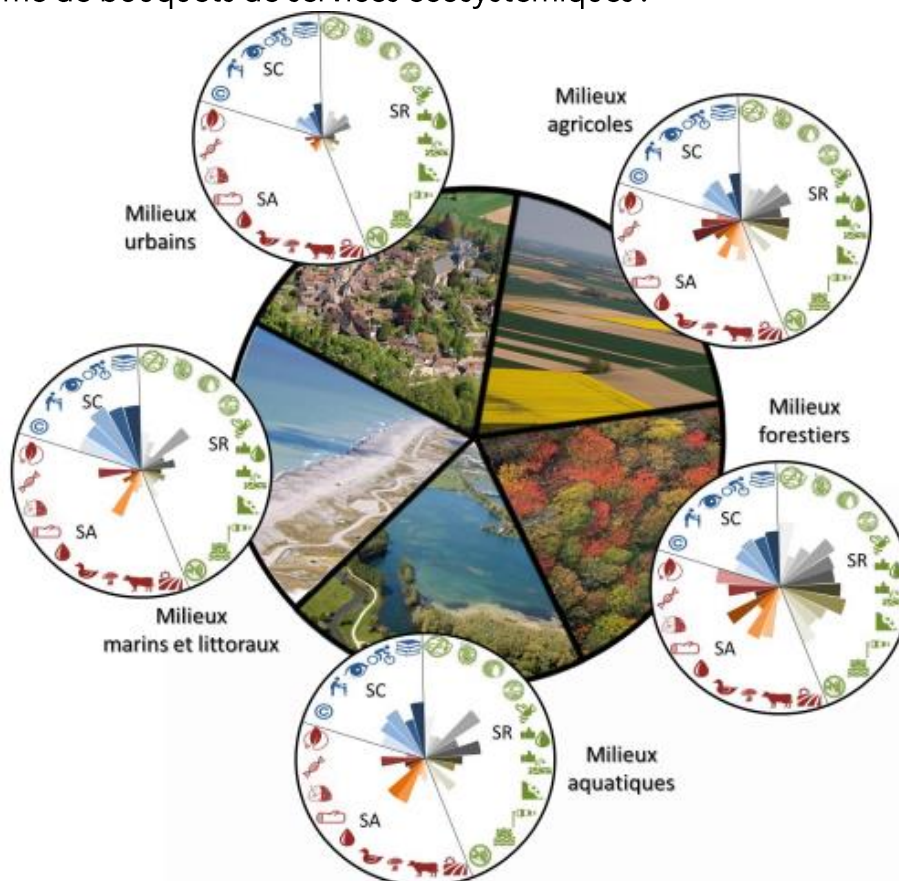


Figure 4 : Bouquets de services écosystémiques fournis par les écosystèmes agricoles, forestiers, aquatiques, marins et urbains en Hauts-de-France

Les difficultés de l'étude

La principale difficulté était liée à la méthodologie qui nécessitait la création d'un panel d'experts de structures variées pour chaque milieu, zone géographique et chaque service écosystémique. Il a donc été complexe de parvenir à représenter équitablement chaque département et chaque zone écologique. Il a toutefois été remarqué qu'avec quelques experts en moins, les notes seraient restées les mêmes car les résultats étaient assez homogènes, soulignant de ce fait la robustesse de la méthodologie.

Des points de vigilance liés aux services écosystèmes

La DREAL Hauts-de-France affiche une forte volonté de ne pas monétariser les services écosystémiques (SE) afin d'éviter certaines dérives comportementales comme « rembourser la valeur de l'écosystème pour pouvoir le dégrader ou le détruire ». L'objectif de cet outil est de comparer les gains et les pertes entre les services écosystémiques et les écosystèmes mais pas de leur donner de valeur économique.

Il a également été souligné que l'évaluation des SE ne devait pas se faire au détriment de la biodiversité (ex: destruction de biodiversité pour des services culturels) et qu'il fallait garder à l'esprit que certains services écosystémiques peuvent être antagonistes.

Quelle utilisation pour cet outil ?

Suite à la publication de cette étude, la volonté de la DREAL était qu'elle puisse être réutilisée dans des études d'impact. Pour cela, de nombreux bureaux d'études ont été sensibilisés à l'existence et à l'utilisation de cet outil.

Cependant, il a été remarqué que l'outil est généralement utilisé lors de la phase d'évaluation du projet et non en amont ce qui pourrait permettre d'anticiper certains impacts.

Par exemple, il est utilisé pour réviser des Plans locaux d'urbanisme (PLU), mais il semblerait plus pertinent de l'utiliser en amont, pour la création de ces PLU.

L'évaluation des Services écosystémiques des zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escout¹⁰⁶

Présentation de l'étude

Dans le cadre de la révision du Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) Scarpe Aval, une étude a été menée en 2015 par l'Institut de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale afin d'évaluer les SE potentiellement rendus par les zones humides des territoires de ce SAGE et du Parc Naturel Régional (PNR) Scarpe-Escout, commanditaire de cette étude.

Cette étude s'inscrit dans la continuité de l'EFESE pour souligner les bénéfices économiques, sociaux et culturels des écosystèmes, notamment aquatiques et humides. L'objectif est d'utiliser les résultats comme outils d'aide à la décision pour la révision du SAGE pour « définir des mesures adaptées aux différents types de zones et de services ainsi qu'aux activités des usagers »¹⁰⁷.

Méthodologie employée

La première étape a consisté à identifier les sites d'étude sur des zones humides du territoire. Puis un échantillonnage de 40 sous-sites d'environ 25ha sélectionnés aléatoirement dans les sites d'étude a été réalisé. Ensuite les parcelles d'habitats homogènes ont été cartographiées par photo-interprétation dans les zones à dominante humide dans chaque sous-site. Des éléments pondérateurs ont par la suite été introduits, c'est-à-dire des éléments naturels ou anthropiques présents dans les parcelles susceptibles de modifier la capacité de l'écosystème à rendre le SE. Ces éléments pondérateurs ont été issus d'études, de bibliographie et d'expertises. Ils ont ensuite été associés à une matrice des influences, réalisée par des experts du parc, qui leur attribue un pourcentage en fonction de leur influence sur les capacités à fournir un SE.

Suite à cela, une matrice des capacités a été créée grâce à des dires d'experts pour faire le lien entre les zones humides, leurs éléments pondérateurs et les SE. 30 scientifiques, experts et usagers ont participé pour noter de A (fort potentiel) à E (faible potentiel) la capacité potentielle du type de zone humide à fournir le SE. Chaque notation a également été associée à un indice de confiance. La matrice finale a été obtenue en faisant la moyenne de toutes les matrices complétées. On peut donc remarquer qu'il s'agit d'une méthode sensiblement comparable à celle adoptée par la DREAL dans leur évaluation des SE des Hauts-de-France.

¹⁰⁶ Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE), Sylvie CAMPAGNE (2015) Evaluation des services écosystémiques potentiellement rendus par les zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escout. Rapport d'étude – Parc naturel régional Scarpe-Escout, 62p.: https://www.sage-scarpe-aval.fr/system/files/2020-06/2015-09_Rapport_etude_SE_IMBE_PNRSE_VF_HD_a_imprimer_avec_supA3.pdf

¹⁰⁷ Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE), Sylvie CAMPAGNE (2015) Evaluation des services écosystémiques potentiellement rendus par les zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escout. Rapport d'étude – Parc naturel régional Scarpe-Escout, 62p.: https://www.sage-scarpe-aval.fr/system/files/2020-06/2015-09_Rapport_etude_SE_IMBE_PNRSE_VF_HD_a_imprimer_avec_supA3.pdf

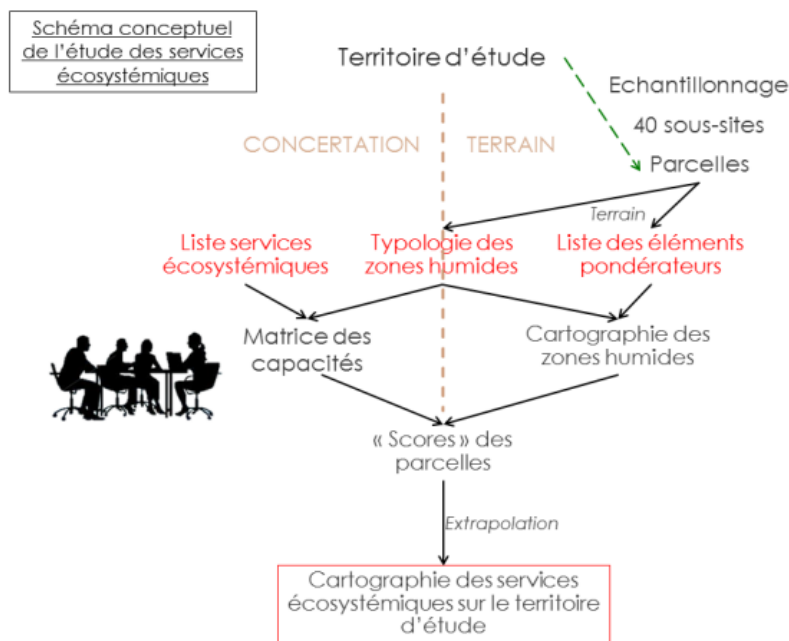


Figure 5 : Schéma conceptuel de l'étude des services écosystémiques

Des résultats sous forme de matrice des capacités

Matrice des capacités		Services écosystémiques																	Moyennes des notations	Moyennes des indices de confiance
		SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5		
Type de zones humides	T1	3,87	3,63	2,13	3,47	3,57	3,70	3,77	3,20	0,80	3,27	3,43	3,50	3,57	3,73	3,77	2,83	3,53	3,28	2,6
	T2	3,13	2,70	1,83	2,07	2,50	2,83	2,80	2,07	0,77	1,87	3,87	1,27	1,83	1,30	1,37	1,33	1,63	2,07	2,2
	T3	2,30	3,17	2,10	3,13	2,93	2,60	3,43	2,63	2,80	3,23	2,77	2,93	3,30	3,50	3,23	1,80	3,07	2,88	2,2
	T4	1,87	2,37	1,43	2,83	2,30	1,93	3,00	3,03	2,20	2,87	0,90	2,80	3,03	3,17	3,00	3,47	3,47	2,57	2,1
	T5	1,87	2,03	1,63	2,40	1,80	2,07	3,03	2,53	1,20	2,97	0,70	2,43	3,63	3,47	3,00	3,63	3,30	2,45	1,9
	T6	3,30	3,77	1,90	3,90	3,63	3,17	3,47	2,83	1,00	3,70	2,23	3,70	3,67	3,73	3,60	2,40	3,93	3,17	2,4
	T7	2,27	2,50	1,43	2,93	2,38	2,57	2,60	2,30	0,60	2,33	1,50	2,63	1,57	1,47	1,63	1,27	2,37	2,02	1,7
	T8	0,80	0,73	2,20	1,17	0,97	0,77	1,00	1,97	3,73	0,40	2,57	0,93	1,17	1,47	1,40	1,13	1,90	1,43	2,4
	T9	1,50	0,97	2,20	1,57	1,10	1,50	1,37	0,67	0,63	1,03	1,30	0,97	0,77	1,33	1,70	3,17	1,97	1,40	2,4
Moyennes des notations		2,32	2,43	1,87	2,61	2,35	2,35	2,72	2,36	1,53	2,41	2,14	2,35	2,50	2,57	2,52	2,34	2,80		
Moyennes des indices		2,1	2,2	1,4	2,3	2,2	2,1	2,4	2,4	2,3	1,9	2,4	2,0	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5		

Tableau 18 : Matrice des capacités de l'étude

TYPES DE ZONES HUMIDES	CODE
Forêt humide	T1
Boisement monospécifique en zone humide	T2
Prairie humide	T3
Mare et étang	T4
Etang d'affaissement minier et plan d'eau de carrières	T5
Marais, tourbière, roselière	T6
Friche humide	T7
Culture	T8
Espace vert	T9

Tableau 19 : Types de zones humides de l'étude

SERVICES ECOSYSTEMIQUES		CODE	
Services de régulation et d'entretien	Régulation du climat et de la composition atmosphérique	SR1	
	Maintien de la qualité des eaux	SR2	
	Régulation des ravageurs et des espèces nuisibles pour la santé humaine	SR3	
	Offre d'habitats (refuge, nursery) et présence de pollinisateurs ou d'espèces favorisant la dispersion de graines	SR4	
	Formation et composition du sol : rétention des sédiments et accumulation de la matière organique	SR5	
	Stabilisation des flux de masses et d'érosion	SR6	
	Prévention/ Régulation des inondations et des crues	SR7	
Services d'approvisionnement	Biomasse	Nourriture sauvage	SA1
		Nourriture domestique	SA2
	Eau douce	Contribution à l'apport d'eau douce et à l'étiage	SA3
	Matériaux bruts	Matériaux et fibres (hors consommation alimentaire)	SA4
		Biomasse (matériel génétique des êtres vivants)	SA5
Services culturels	REPRESENTATIONS – subjectifs	Valeur emblématique ou symboliques	SC1
		Valeur d'héritage et d'existence	SC2
		Valeur esthétique	SC3
	USAGES - objectifs	Valeur récréative	SC4
		Connaissance et éducation	SC5

Tableau 20 : Liste des services écosystémiques de l'étude

D'après les moyennes obtenues, il semble que le SE potentiellement le plus rendu par les zones humides sont « Connaissance et éducation », « Régulation des inondations » et « Offre d'habitats et présence de pollinisateurs ». En revanche, les zones humides présentent les capacités les plus faibles pour « Nourriture domestique » et « Régulation des ravageurs et des espèces nuisibles pour la santé de l'homme ».

Les zones humides étudiées ont ensuite été classées par leurs scores moyens de capacité à rendre les différents services.

Types de zones humides			Scores les plus élevés			Scores les plus faibles			
Moyenne des notations	+	3,28	Forêt humide	T1	SR1 3,87	SR7 3,77	SC3 3,77		
		3,17	Marais, tourbière, roselière	T6	SC5 3,93	SR4 3,90	SR2 3,77		SA2 0,80
		2,88	Prairie humide	T3	SC2 3,50	SR7 3,43	SC1 3,30		SA2 1,00
		2,57	Mare et étang	T4	SC4 2,47	SC5 5,47			SC4 1,80
		2,45	Etangs d'affaissement minier et plans d'eau de carrières	T5	SC1 3,63	SC4 3,63	SC2 3,47		SA4 0,90
		2,07	Boisement mono spécifique en zone humide	T2	SA4 3,87	SR1 3,13			SA4 0,70
		2,02	Friche humide	T7	SR4 2,93			SC4 1,27	SA2 0,77
		1,43	Culture	T8	SA2 3,73			SR6 0,77	SR2 0,73
		1,40	Espace vert	T9	SC4 3,17			SC1 0,77	SA1 0,67
								SA2 0,63	

SR : service de régulation ; SA : service d'approvisionnement ; SC : service culturel

Tableau 21 : Classement des types de zones humides par leurs scores moyens et présentation de leurs scores les plus élevés et les plus faibles

Les scores obtenus, associés aux éléments pondérateurs de chaque sous-site ont permis de réaliser des bouquets de services potentiellement rendus par les différentes unités et de les retranscrire dans une cartographie.

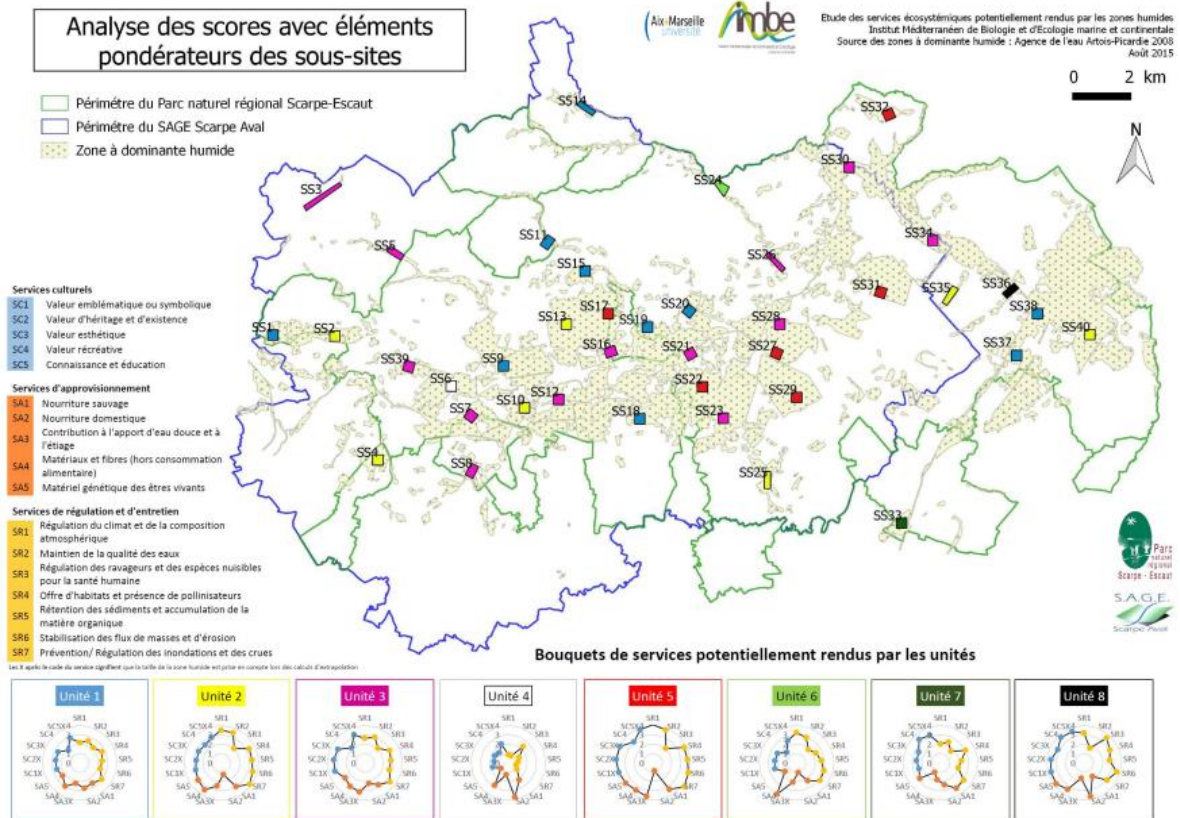


Figure 6 : Analyse des scores avec éléments pondérateurs des sous-sites

Limites identifiées

La principale limite identifiée concerne la différence de niveau d'expertise des participants (usagers, scientifiques, experts). Pour pallier cela, on a visé la plus grande diversité de spécialisation possible parmi les membres. Cela fait donc écho à la limite identifiée par la DREAL dans leur travail, comme mentionné précédemment.

Les méthodes d'analyses économiques

Par la suite, nous nous sommes intéressés aux projets de SafN en Hauts-de-France pour lesquels une analyse économique avait été réalisée. Les informations obtenues suite à une revue bibliographique et des échanges avec des porteurs de projet sont présentés ci-dessous par projet et acteur.

L'approche de l'Agence de l'eau Artois-Picardie

Lors d'un échange sur les analyses économiques des projets de prévention du risque inondation, l'Agence de l'eau Artois-Picardie a précisé son utilisation des différentes méthodes d'analyse économiques pour ses projets.

Dans le cadre des Programmes d'Action pour la Prévention des Inondations (PAPI), le cahier des charges impose la réalisation d'une **analyse coûts-bénéfices (ACB)** pour les projets structurants (zones artificielles d'expansion des crues, systèmes d'endiguement). Pour les opérations de grande ampleur, avec un budget supérieur à 5 millions d'euros, il est alors nécessaire de réaliser une **analyse multi-critères (AMC)**.

Dans le cas des inondations, l'analyse coûts-bénéfices ne compare que le coût du projet par rapport aux dommages évités, elle ne tient compte que des données évaluables monétairement (dommages évités sur les biens, nombres de personnes mises hors d'eau, ...), les dommages sur l'environnement sont difficilement chiffrables en euros et ne sont donc pas ou peu pris en compte.

L'analyse multi-critères intègre quant à elle des indicateurs de dommages monétaires (ceux de l'ACB) mais également des indicateurs comme les enjeux sur l'environnement, ici sous l'angle « impact ».

Par exemple, on utilise le chiffrage des dommages évités par le projet au regard des STEU (stations de traitement des eaux usées) ou encore des centres de déchets présents en zone inondable, les dommages évités correspondent donc aux enjeux sortis de la zone. On s'intéresse aussi à l'impact des projets sur les zones humides. Dans le cadre de l'AMC, les coûts environnementaux pris en compte sont donc ceux de la doctrine Eviter-Réduire-Compenser.

Pour l'Agence de l'eau, il serait toutefois pertinent et important de pouvoir chiffrer des bénéfices en termes de plus-value écologique, et pas seulement sous l'angle de l'impact du projet.

L'approche du conservatoire du littoral : Life Adapto Baie d'Authie

Ce projet consiste à l'aménagement résilient de la Baie d'Authie par le Conservatoire du littoral dans le cadre du Life Adapto. La stratégie est d'utiliser les dunes et marais comme des zones tampons devant les ouvrages de génie civil et de repositionner des digues en fond de baie. L'objectif est ainsi de restituer des zones d'expansion de crue maritime. Dans le cadre de ce projet, une analyse coûts-bénéfices et une analyse multi-critères ont été réalisées.

L'analyse coûts-bénéfices¹⁰⁸

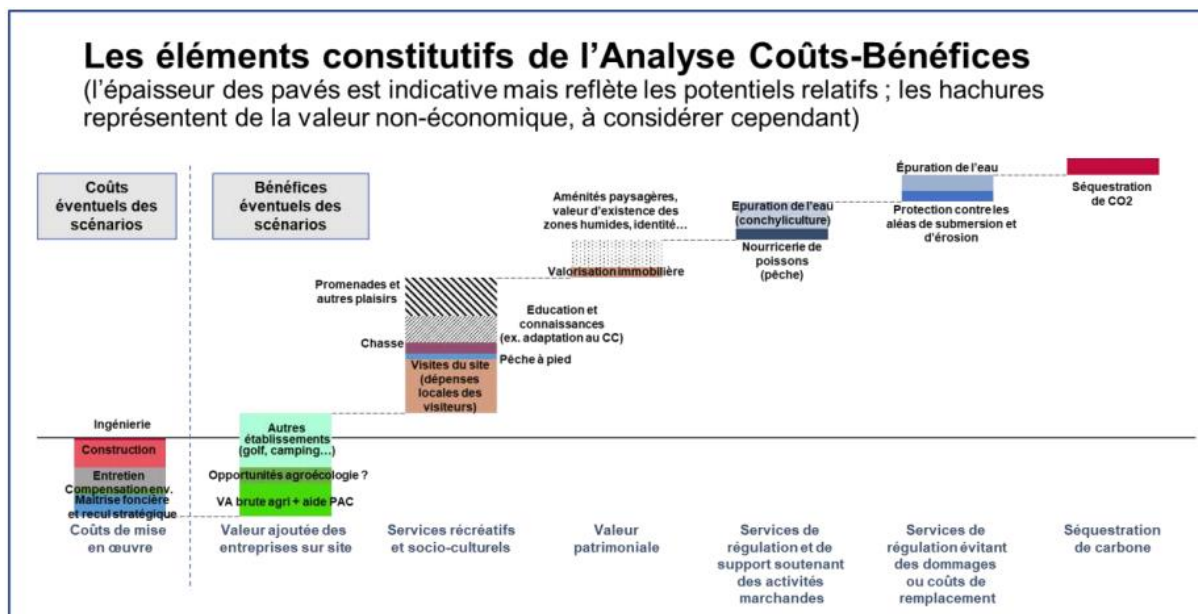


Figure 7 : Les éléments constitutifs de l'analyse coûts-bénéfices du Life Adapto

Afin de réaliser cette analyse, les estimations suivantes ont été réalisées :

- **L'estimation du coût des ouvrages :** il s'agit de l'estimation des coûts de mise en œuvre des différents scénarios avec les ouvrages (études, ingénierie, construction, entretien) et la maîtrise foncière (achat, négociations, indemnisations, déplacement d'équipements). Cette estimation intègre également les coûts liés à la compensation environnementale, la séquence Eviter-Réduire-Compenser et la compensation agricole. La méthodologie utilisée ici s'appuie sur des valeurs de références tirées de référentiels comme ceux du CEREMA ou du BRGM, sur des estimations existantes menées sur certains sites (Baie d'Authie, Delta du Golo) et sur des données collectées auprès des acteurs locaux.
- **L'estimation de l'évolution positive ou négative de la valeur des activités économiques :** il s'agit notamment de l'impact du projet sur la filière agricole locale et d'évaluer si certains scénarios peuvent offrir des opportunités permettant de s'orienter vers de nouveaux modèles agroécologiques. On

¹⁰⁸ 2022. J. Picot, Collaborative People, C. Long Stratys. Adapto Baie d'Authie – rive sud. Etude économique – Rapport d'analyse coût-bénéfices. https://www.lifeadapto.eu/media/7882/Authie_ACB_Rapportfinal_2022.pdf

s'intéresse aussi aux nouvelles activités économiques sur le territoire du fait du projet.

Cette estimation passe également par la mesure des services écosystémiques rendus par les sites selon les scénarios :

- **L'impact sur les services récréatifs et socio-culturels** avec les services marchands (type chasse, pêche, restauration, hôtellerie) et services non-marchands (aménités paysagères, valeur patrimoniale). On peut pour cela utiliser ici les méthodes basées sur les préférences déclarées et, dans ce cas, on a utilisé le consentement à payer des usagers.
- **Les impacts sur la valeur patrimoniale** à travers sa valeur économique avec par exemple l'évolution des prix de l'immobilier (en utilisant la méthode des prix hédonistes) et sa valeur non-économique avec l'évolution des aménités paysagères et de sa valeur d'existence.
- **Les impacts sur les services de régulation et de support** des activités marchandes particulièrement pour les sites présentant des services écosystémiques d'épuration de l'eau (avec une activité de conchyliculture) et des services de nourricerie de poisson (avec la pêche).
- **Les impacts sur les services écosystémiques de support et de régulation** qui permettent d'éviter des coûts de dommage et de remplacement. Cette estimation repose sur des revues de littérature scientifique et économique sur la monétarisation de ces services.
- **Et l'impact sur les services écosystémiques de séquestration du carbone** en utilisant la valeur tutélaire du carbone selon le rapport Quinet de France Stratégie¹⁰⁹ : 87€/t en 2020, 250€/t en 2030 et 775€/t en 2050.

Cependant, il faut remarquer que dans le cadre de cette ACB, l'écosystème n'a pas de valeur écologique intrinsèque mais possède «seulement» une valeur économique liée aux activités économiques qu'il soutient.

L'analyse multicritères¹¹⁰

L'analyse multi-critères (AMC) vise à faire le lien entre l'adaptation au changement climatique du site et les enjeux écologiques qu'il présente (réservoir de biodiversité, fournisseur de services écosystémiques garantissant la qualité de vie et la sécurité des habitants et de services écosystémiques de support des activités).

Le point d'entrée dans l'AMC se fait par les enjeux auxquels fait face le territoire : résister, subir, s'adapter. On a ensuite une caractérisation des opportunités du territoire qui lui permettraient de répondre à ces enjeux. Par la suite, le lien est fait avec la cohérence de l'action publique étudiée, notamment pour les questions de l'accompagnement des acteurs et de la gouvernance. Le dernier critère étudié est

¹⁰⁹ 2019. A. Quinet. *La valeur de l'action pour le climat : Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques*. France Stratégie : https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2019-rapport-la-valeur-de-laction-pour-le-climat_0.pdf

¹¹⁰ 2022. C. Long. Stratys. *Adapto Baie d'Authie – rive sud. Approche systémique, livret de synthèse*. https://www.lifeadapt.eu/media/8142/BaieAuthie_AMC_rapportfinal_2022.pdf

l'évolutivité du projet, défini ici comme la « capacité à ajuster la stratégie et le projet en fonction des évènements et des aléas futurs et des jeux d'acteurs, qui vont se déployer au fil des projets ».

Cette analyse vise donc essentiellement à mettre en relation et en perspective les différents critères d'évaluation du projet afin d'en présenter les résultats. Nous n'avons toutefois pas de notation des scénarios selon les différents critères.

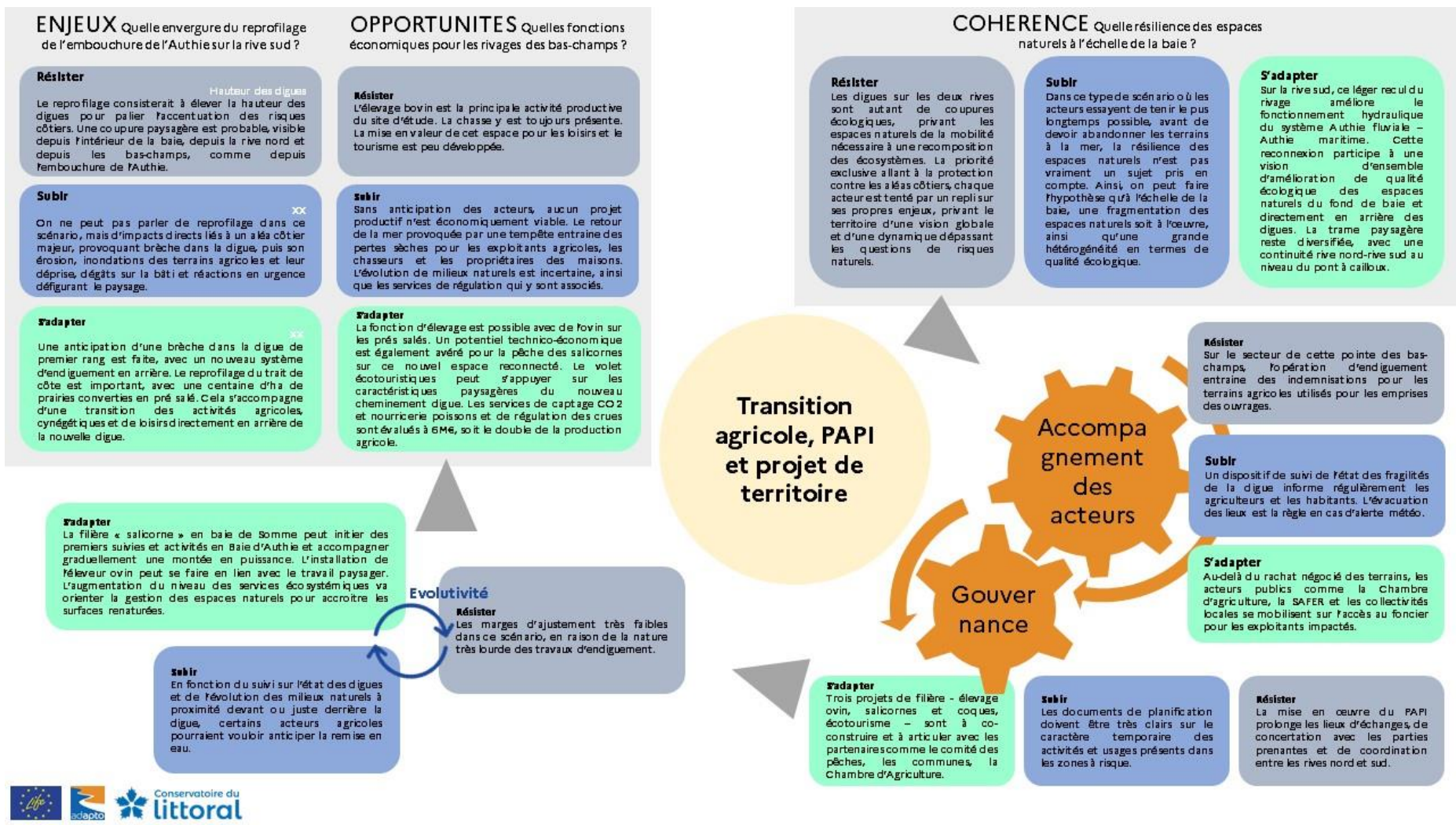


Figure 8 : AMC des scénarios pour le Life Adapto Baie d'Authie¹

L'approche du projet H2O : Source2Seas du CPIE Val d'Authie

L'objectif de ce projet mené par le CPIE Val d'Authie et Kent Wildlife est de démontrer l'intérêt de l'utilisation des SfN pour réduire les coûts de gestion de l'eau tout en améliorant la qualité de l'eau douce, en réduisant la pollution et en profitant à la biodiversité. Ce projet a été mis en œuvre en France et au Royaume-Uni.

L'utilisation de l'outil du capital naturel¹¹¹ :

Le concept de **capital naturel** (proposé par David Pearce en 1988) permet de représenter le rôle de la nature dans le système économique. Cela correspond au stock de ressources biotiques (environnement vivant soit les plantes, les animaux, les micro-organismes,...) et abiotiques (environnement).¹¹²

Pour ce projet, un outil à ligne a donc été créé présentant l'ensemble des bénéfices (soit le capital naturel) résultant de la mise en œuvre des SfN.

Le concept pour la création de cet outil était de créer un registre des actifs naturels liés au projet, de réaliser un compte des flux physiques associés puis d'en tirer un compte de valeur monétaire.

Les applications identifiées sont les suivantes :

- Pour assurer une compréhension et hiérarchisation des impacts, des risques et des opportunités liés au capital naturel.
- Afin de proposer un appui pour la prise de décision opérationnelle.
- Afin de pouvoir suivre les progrès et les changements du projet pour les différentes parties prenantes internes et externes.
- Pour fournir une image plus complète de la valeur des actifs environnementaux.

La principale limite demeure l'impossibilité actuelle à évaluer tous les avantages liés aux SfN. En effet, l'outil ne se focalise ici que sur les bénéfices des solutions qui impliquent un changement d'affectation des terres. De plus, il est souligné que l'évaluation monétaire ne peut répondre pleinement aux problèmes de durabilité et qu'elle doit être accompagnée d'une évaluation biophysiques des bénéfices. Il reste cependant difficile de refléter certaines valeurs non utilitaires (la protection d'espèces menacées par exemple).

De plus, l'identification des SE liés au capital naturel est basée sur les territoires du Kent et du Pas de Calais. Si la méthodologie utilisée est reproductible, les données sont, quant à elles, très localisées.¹¹³

¹¹¹ Site H2O Source2Seas : A propos de l'outil : <https://h2o.cpie-authie.org/about>

¹¹² 2019. WWF. *Capital naturel et stratégies des organisations*. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2019-10/20191023_Guide_Capital-Naturel-Strat%C3%A9gies-Organisations-Outils-min.pdf

¹¹³ Chaîne Youtube du CPIE Val d'Authie. Webinaire sur l'évaluation des solutions fondées sur la nature (SafN) : <https://www.youtube.com/watch?v=WnU--JOA9Uc>

Conclusion

Résultats de l'état des lieux

Suite à cette deuxième phase, nous pouvons voir que les projets intégrant une analyse sont peu nombreux et, comme mentionné dans l'état des lieux des méthodes d'approche économique des SafN, se concentrent sur des analyses coûts-bénéfices et multicritères. Ces méthodes ne sont donc utilisées en pratique que sur des projets conséquents, du fait du temps et des moyens qu'elles requièrent.

Les coûts estimés semblent correspondre à ceux compris dans la notion de coût global (et non pas coût global étendu), mais on peut s'interroger sur la réflexion des coûts sur un plus long terme, qui n'est pas exprimée clairement dans les rapports.

Les bénéfices évalués restent ceux liés aux services écosystémiques, mais on remarque une conscience de la limite que cela peut constituer pour l'équilibre entre les coûts et les bénéfices, notamment dans le cadre des ACB.

Un état des lieux limité et non exhaustif

Les analyses menées restent limitées par les difficultés à observer et quantifier les performances et les bénéfices des SafN. De plus, ces analyses requièrent généralement d'anticiper l'évaluation des bénéfices avant le début du projet afin de pouvoir comparer les données avant et après projet ce qui n'est pas toujours entrepris et empêche donc l'évaluation des bénéfices de la SafN.

Du fait du temps réduit pour mener ce travail, il est important souligner son manque d'exhaustivité dans les projets et études présentés dans cet état des lieux. D'autre part, afin d'obtenir le plus d'informations possible, il était préférable d'échanger directement avec les porteurs de projet, mais le manque de réponses a également limité l'avancée de l'état des lieux et le nombre de projets qu'il était possible d'étudier de manière approfondie. Ce travail pourrait donc être complété à l'avenir grâce à la réalisation d'autres entretiens.

Suites à donner

Pour aller plus loin, il pourrait être intéressant de mener un travail d'enquête et d'approfondissement sur les freins à la mise en place d'analyses économiques, notamment concernant la lourdeur de cette mise en place, les manques d'accompagnement et de méthodologie facilement utilisable en pratique, ainsi que le défaut d'appropriation des enjeux environnementaux.

Bibliographie – Phase 2

Site internet du CERDD : Panorama des initiatives : [Panorama des initiatives - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/panorama-des-initiatives)

2019. C. Sylvie Campagne, Philip K. ROCHE. *Evaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques*. DREAL Hauts-de-France

Site du Ministère de l'Ecologie: EFESE : <https://www.ecologie.gouv.fr/evaluation-francaise-des-ecosystemes-et-des-services-ecosystemiques>

Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (IMBE), Sylvie CAMPAGNE (2015) *Evaluation des services écosystémiques potentiellement rendus par les zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escout*. Rapport d'étude – Parc naturel régional Scarpe-Escout, 62p. : [https://www.sage-scarpe-aval.fr/system/files/2020-06/2015-](https://www.sage-scarpe-aval.fr/system/files/2020-06/2015-09_Rapport_etude_SE_IMBE_PNRSE_VF_HD_a_imprimer_avec_supA3.pdf)

[09_Rapport_etude_SE_IMBE_PNRSE_VF_HD_a_imprimer_avec_supA3.pdf](https://www.sage-scarpe-aval.fr/system/files/2020-06/2015-09_Rapport_etude_SE_IMBE_PNRSE_VF_HD_a_imprimer_avec_supA3.pdf)

2022. J. Picot, Collaborative People, C. Long Stratys. *Adapto Baie d'Authie – rive sud*. Etude économique – Rapport d'analyse coût-bénéfices.

https://www.lifeadapto.eu/media/7882/Authie_ACB_Rapportfinal_2022.pdf

2019. A. Quinet. *La valeur de l'action pour le climat : Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques*. France Stratégie : https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2019-rapport-la-valeur-de-laction-pour-le-climat_0.pdf

2022. C. Long. Stratys. *Adapto Baie d'Authie – rive sud. Approche systémique, livret de synthèse*.

https://www.lifeadapto.eu/media/8142/BaieAuthie_AMC_rapportfinal_2022.pdf

Site H2O Source2Seas: A propos de l'outil : <https://h2o.cpie-authie.org/about>

2019. WWF. *Capital naturel et stratégies des organisations*. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2019-10/20191023_Guide_Capital-Naturel-Strat%C3%A9gies-Organisations-Outils-min.pdf

Chaîne Youtube du CPIE Val d'Authie. Webinaire sur l'évaluation des solutions fondées sur la nature (SafN) : <https://www.youtube.com/watch?v=WnU--JOA9Uc>

Phase 3: Recueil de retours d'expérience sur le coût global de projets de SafN

Table des matières – Phase 3

Objectifs du travail.....	87
Projets identifiés.....	88
Rédaction de fiches sur l’approche économique de SafN.....	91
Méthodologie	91
Un travail limité par le temps et le manque de données.....	91
Cours d’écoles résilientes	92
Dépoldérisation.....	99
Préservation et restauration des zones humides et des cours d’eau.....	102
Bibliographie – Phase 3.....	107
Cours d’écoles.....	108
Dépoldérisation.....	109
Zones humides et cours d’eau.....	109
ANNEXE – Phase 3	111

Objectifs du travail

L'objectif de cette troisième phase du stage était de recueillir des données sur le coût global de projets d'adaptation aux risques naturels, notamment des SafN, en Hauts-de-France, ainsi qu'en Belgique et aux Pays-Bas.

L'idée était d'identifier des projets et des porteurs de projets disposant d'éléments chiffrés avec un focus sur les solutions suivantes : cours d'écoles, gestion du trait de côte, gestion des risques quantitatifs liés à l'eau, en lien avec les principales vulnérabilités de la région. Grâce à des échanges avec ces interlocuteurs, nous avons réalisé des fiches dont l'objectif était de synthétiser les retours d'expérience et de fournir des données économiques sur les coûts et les bénéfices associés aux mesures de trois types de SafN : les cours d'écoles résilientes, la dépoldérisation et la préservation et la restauration des milieux aquatiques et humides.

Projets identifiés

En premier lieu, nous avons identifié les projets de solutions d'adaptation au changement climatique dans les Hauts-de-France grâce à une revue bibliographique et au site du Centre Ressource du Développement Durable (CERDD) qui recense des initiatives développement durable et climat, notamment des projets de SafN, menés en Hauts-de-France¹¹⁴. Les projets identifiés sont listés ci-dessous :

NOM DU PROJET	THEMATIQUE	ACTEURS PRINCIPAUX	LOCALISATION	DATE	RESUME
Interreg France Angleterre Manche H2O : Source2Seas¹¹⁵	Milieux littoraux et marins	CPIE Val d'Authie / Kent Wildlife	Kent – Vallée de l'Authie	2019-2023	Solutions durables pour améliorer la qualité de l'eau de la source à la mer
Interreg 2 mers Co-Adapt¹¹⁶	Milieux littoraux et marins Milieux aquatiques et humides	CPIE Val d'Authie / Somerset County Council	8 bassins versants (France, Angleterre, Belgique, Pays-Bas)	2019-2023	Test de SafN sur 8 bassins versants comme mesures de gestion naturelle des inondations.
Interreg 2 mers ENDURE (Ensuring Dune Resilience against climate change)¹¹⁷	Milieux littoraux et marins Recréation de massifs dunaires	CPIE Val d'Authie / Norfolk County Council	Manche et Mer du Nord	2017-2021	Protection contre l'érosion du trait de côte par des actions sur les dunes.
Adapto Baie d'Authie¹¹⁸	Milieux littoraux et marins Dépoldérisation	Conservatoire du littoral / BRGM / CPIE Val d'Authie / SMBS	Baie d'Authie	2022	Aménagement résilient de la baie et dépoldérisation : repositionnement des digues,

¹¹⁴ Site internet du CERDD : Panorama des initiatives : [Panorama des initiatives - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org)

¹¹⁵ Site internet H2O Source2Seas : [H2O source 2 seas | Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique \(adaptation-changement-climatique.gouv.fr\)](https://adaptation-changement-climatique.gouv.fr)

¹¹⁶ Site internet Interreg 2 mers Co-Adapt : <https://co-adapt-water.eu/fr/a-propos/a-propos-de-co-adapt/>

¹¹⁷ Site internet du CEREMA – Interreg 2 mers ENDURE : <https://www.cerema.fr/fr/innovation-recherche/recherche/projets/ensuring-dune-resilience-against-climate-change-endure>

¹¹⁸ Site internet du Life Adapto – Baie d'Authie : [Baie d'Authie - adapto, un projet LIFE \(lifeadaptto.eu\)](https://lifeadaptto.eu)

					création d'une digue en fond de baie.
Gestion à la source des eaux pluviales¹¹⁹	Gestion des eaux pluviales en milieu urbain	ADOPTA / Douaisis-Agglomération	Douaisis-Agglomération	Depuis 1992	Désimperméabilisation, création de noues, tranchées drainantes, toitures vertes.
Lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols¹²⁰	Gestion des eaux pluviales en milieu rural	Syndicat du SAGE de la Nonette	Bassin versant de la Nonette	2019	Révision du SAGE de la Nonette pour prévoir des solutions d'hydraulique douce.
Dérasement des seuils Pasteur et Moulin Ver à Hirson pour prévenir les inondations et préserver les écosystèmes¹²¹	Milieux aquatiques et humides Renaturation de cours d'eau	Syndicat Mixte EP Territorial de Bassin / Entente Oise-Aisne	Hirson	2018-2019	Suppression d'obstacles à l'écoulement de l'eau (seuils Pasteur et Moulin Ver), restauration et renaturation des milieux aquatiques et des berges.
Suppression seuils de La Hem¹²²	Milieux aquatiques et humides Renaturation de cours d'eau	Agence de l'eau Artois Picardie	La Hem		Renaturation de la Hem et suppression des obstacles à l'écoulement du cours d'eau.
Création de 10 champs d'inondation contrôlée (CIC)¹²³	Milieux aquatiques et humides Zones d'expansion des crues	SmageAa	Bassin versant de l'Aa	2015	Création de 10 champs d'inondation contrôlée dans le bassin de versant de l'Aa pour réguler 610 000m ³ d'eau.

¹¹⁹ Site internet du CERDD : *La gestion intégrée des eaux pluviales, une idée qui coule de source.* : [La gestion intégrée des eaux pluviales, une idée qui coule de source / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/Initiatives-changement-climatique/Changement-climatique/Parcours-thematiques-Centre-Ressource-du-Dveloppement-Durable)

¹²⁰ Site internet du CERDD : *Solutions douces pour inondations fortes.* : [Solutions douces pour inondations fortes / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/Initiatives-changement-climatique/Changement-climatique/Parcours-thematiques-Centre-Ressource-du-Dveloppement-Durable)

¹²¹ Site internet du CERDD : *A Hirson, les Hommes et les milieux naturels entrent en résilience.* : [À Hirson, les Hommes et les milieux naturels entrent en résilience / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/Initiatives-changement-climatique/Changement-climatique/Parcours-thematiques-Centre-Ressource-du-Dveloppement-Durable)

¹²² Centre de ressources Cours d'eau : Fiche Effacement de l'ouvrage du Moulin de la Leuleune et restauration hydromorphologique sur la Hem : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/REX2021_Moulin%20Leuleune%20sur%20la%20Hem_Fiche%204%20pages_V5%20OK.pdf

¹²³ Site internet du CERDD : *Des champs pour contrôler les crues.* : [Des champs pour contrôler les crues / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/Initiatives-changement-climatique/Changement-climatique/Parcours-thematiques-Centre-Ressource-du-Dveloppement-Durable)

Reconnexion des zones d'expansion des crues dans la vallée du Thérain¹²⁴	Milieux aquatiques et humides Zones d'expansion des crues	Syndicat des intercommunalités de la Vallée du Thérain	Vallée du Thérain	2013-2018	Arasement des merlons de curage, restauration et reconnexion du réseau hydraulique secondaire, entretien des fossés. Reconnexion de 730ha de zones humides.
Préservation et valorisation des prairies inondables de fauche en moyenne vallée de l'Oise grâce aux mesures agro-environnementales¹²⁵	Milieux aquatiques et humides Zones d'expansion des crues	Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN) de Picardie	Vallée de l'Oise	1994-2016	Amélioration des pratiques d'exploitation, maîtrise foncière, conservation de l'intégrité des prairies inondables de fauche, adaptation des pratiques d'exploitation à la prise en compte de la biodiversité.
Oasis Douai	Cours d'écoles résilientes	Equipe éducative / CAUE 59	Douai	2022	Végétalisation et désimperméabilisation des sols.
Cours d'écoles Pinon	Cours d'écoles résilientes	CAUE Aisne	Pinon		Végétalisation et désimperméabilisation des sols.
Cours d'écoles Ville de Lille	Cours d'écoles résilientes	Equipe éducative Mairie de Lille	Lille	2018-2023	Végétalisation et désimperméabilisation des sols.
Ecole maternelle Montaigne – Projet COOL TOWNS¹²⁶	Cours d'écoles résilientes	ADOPTA	St Omer	2021	Végétalisation et désimperméabilisation des sols.
Groupe scolaire La Porte d'Eau	Cours d'écoles résilientes	CEREMA Agence d'urbanisme Flandre Dunkerque	Dunkerque	2022	Végétalisation et désimperméabilisation des sols.

Tableau 22 : Projets de solutions d'adaptation au changement climatique en Hauts-de-France identifiés

¹²⁴ UICN Comité français (2019). *Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France*. Paris, France: [uicn.fr/wp-content/uploads/2020/01/sfn-light-ok.pdf](https://www.uicn.fr/wp-content/uploads/2020/01/sfn-light-ok.pdf)

¹²⁵ UICN France (2018). *Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France*. Paris, France.: [uicn.fr/wp-content/uploads/2018/06/brochure-sfn-mai2018-web-ok.pdf](https://www.uicn.fr/wp-content/uploads/2018/06/brochure-sfn-mai2018-web-ok.pdf)

¹²⁶ Site internet COOL TOWNS: <https://www.cooltowns.eu/fr/best-practice/the-schoolyard-of-ecole-montaigne-in-saint-omer-becomes-a-cool-island/>

Rédaction de fiches sur l'approche économique de SafN

Méthodologie

Une fois les projets identifiés, nous avons choisi de faire parvenir un formulaire de questions (*cf Annexe 1*) aux interlocuteurs afin d'avoir un premier retour rapide sur le plus grand nombre de projets possible. Après avoir reçu les réponses au questionnaire, nous avons contacté les porteurs de projet afin d'obtenir un détail chiffré des coûts et/ou des bénéfices de chaque projet.

Les retours obtenus ainsi qu'un travail de recherche bibliographique a permis la construction de fiches de données économiques sur les trois SafN sur lesquelles nous nous sommes concentrés, pour rappel : Dépoldérisation, Cours d'écoles résilientes et Préservation et restauration des milieux aquatiques et humides.

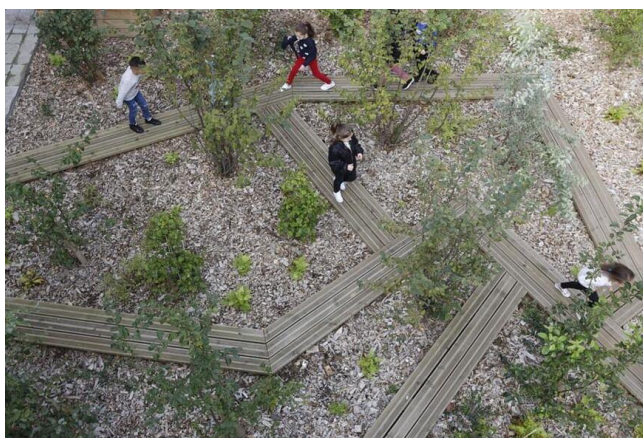
Un travail limité par le temps et le manque de données

Ce travail a cependant été limité car beaucoup de projets n'ont évalués économiquement que les coûts tandis que les bénéfices sont qualitatifs (réduction de l'effet d'îlot de chaleur, amélioration du cadre de vie, ...), il a donc été difficile de les comparer. En effet, on peut observer que ces retours d'expérience permettent de confirmer ce qui avait été conclu des deux premières phases de ce stage : les analyses coûts-bénéfices et multicritères sont longues et lourdes à mener pour un porteur de projet. Elles ne semblent donc surtout entreprises pour des projets de grande ampleur ou sur des sites démonstrateurs. De plus, du fait du temps limité pour réaliser ce travail, nous n'avons pas obtenu un grand nombre de réponse ce qui a également restreint les conclusions que nous avons pu tirer de ces retours d'expérience.

Cours d'écoles résilientes

Les villes sont particulièrement exposées et vulnérables aux conséquences du changement climatique, du fait de la **densité du bâti**, de l'**artificialisation** des sols ou encore des matériaux de construction utilisés.

Afin de lutter contre le phénomène d'**îlot de chaleur**, une des solutions d'adaptation émergentes est de désimperméabiliser les sols, de végétaliser et de réaménager les espaces.



Ecole Turgot à Lille¹²⁷

ACTEURS		
Bénéficiaires / Cibles	Partenaires techniques	Partenaires financiers
Elèves	CEREMA	ADEME
	Paysagistes	Agences de l'eau
Equipe pédagogique	CAUE	Région
	Agences d'urbanisme	Département
Parents d'élèves	ADOPTA	Union Européenne
	Paysagiste	Life Artisan
Riverains	Phytolab	OFB
	Réseau OASIS	Commune /
	Bureaux d'étude	Intercommunalité

¹²⁷ Site internet du CERDD: A Lille, les cours d'écoles deviennent des îlots de fraîcheur: <https://www.cerdd.org/Actualites/Changement-climatique/A-Lille-les-cours-d-ecoles-deviennent-des-ilots-de-fraicheur>

FINANCEMENTS

- Aides des Agences de l'eau pour les cours Oasis
- Agence de l'eau Artois-Picardie: gestion des eaux pluviales et du ruissellement¹²⁸
- Plan Arbres en Hauts-de-France 2020-2027 (aide régionale)¹²⁹
- Politique d'Aides aux Communes et aux Territoires (ACTes)¹³⁰
- Département du Pas-de-Calais: Fonds d'intervention sur les enjeux écologiques territoriaux (FIEET)¹³¹. 15000 à 50000€ selon la nature des travaux.
- Département du Nord: Plantation et renaturation. 60% du coût estimatif des travaux.¹³²

¹²⁸ Agence de l'eau Artois-Picardie: La gestion des eaux pluviales et de ruissellement dans le Bassin Artois-Picardie – Les modalités d'aides de l'Agence de l'eau au 11^{ème} programme (2019-2024): [schema_gestion_eaux_pluviales_01112021_web.pdf \(eau-artois-picardie.fr\)](#)

¹²⁹ Site internet Guides des aides en région Hauts-de-France: Plan Arbres en Hauts-de-France 2020-2027: <https://guide-aides.hautsdefrance.fr/dispositif884>

¹³⁰ Site internet Guides des aides en région Hauts-de-France: Politique d'Aides aux Communes et aux Territoires (ACTes) FONDS DE SOUTIEN AUX PROJETS STRUCTURANTS (FSPS): <https://guide-aides.hautsdefrance.fr/dispositif976>

¹³¹ Site internet Département Pas-de-Calais: Fonds d'intervention sur les enjeux écologiques territoriaux (FIEET): [Fonds d'intervention sur les enjeux écologiques territoriaux \(FIEET\) / Environnement & Cadre de vie - Pas-de-Calais le Département \(pasdecalais.fr\)](#)

¹³² Département du Nord. Guide technique « Plantation et renaturation »: [01-Doc_Nord Durable-TC-2022 - Web2 \(lenord.fr\)](#)

EXEMPLES D' ACTIONS			
Actions	Thématiques	Coûts ¹³³	Bénéfices
Débitumisation	Désartificialisation / Désimperméabilisation	50-60€/ml, évacuation des gravats compris	Au soleil, la température du bitume peut atteindre 50°C , un sol naturel permet une diminution d'au moins 10°C. Une couverture naturelle réduit de 45% le ruissellement par rapport à une surface urbanisée imperméable ¹³⁴
Pavés poreux	Désimperméabilisation	Investissement : de 30 à 100 €/m ²	Les pavés poreux permettent de réduire le ruissellement et d'infiltrer les eaux directement dans le sol.
Pavage en rondins de bois	Désartificialisation / Désimperméabilisation	150-250€/m ²	La mise en place d'un pavage en rondins de bois réduit le ruissellement et diminue la température du sol comparé au bitume.
Peinture des revêtements avec des couleurs claires	Augmentation de l'albédo	////	Peindre les revêtements des sols avec des couleurs claires permet d'augmenter leur albédo et donc de réduire leur température. L'installation du béton désactivé de couleur permet de réduire de 20°C la température du sol par rapport à un bitume classique. ¹³⁵
Ensablement des aires de jeux	Désartificialisation / Désimperméabilisation	////	Le sable permet de drainer l'eau de pluie et de réduire la température du sol comparé au bitume.
Utilisation de copeaux de bois pour les aires de jeux et les chemins	Désartificialisation / Désimperméabilisation	50-200€/m ³	Les copeaux de bois permettent de diminuer le ruissellement de l'eau de pluie et de réduire la température du sol comparé au bitume.
Composteur	Gestion des déchets	80€ pour un bac de compost	Le tri des déchets organiques permet de réduire jusqu'à 30% la quantité des ordures.

¹³³ **Attention :** Les coûts exprimés ici sont proviennent d'un état des lieux du coût de quelques solutions et de remontées d'expérience de terrain. Il ne s'agit donc pas de données exhaustives. Les valeurs ne prennent pas non plus en compte tous les paramètres d'un coût global étendu de la solution, on a principalement le coût des travaux, du matériel et d'investissement.

¹³⁴ L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France, ADEME

¹³⁵ LYONPLUS. La métropole s'attaque aux îlots de chaleur en ville, 2018.

Noues drainantes végétalisées	Gestion des eaux de pluie	Investissement : 100 €/mètre linéaire	Une couverture naturelle réduit de 45% le ruissellement par rapport à une surface urbanisée imperméable ¹³⁶
Mare	Amélioration de la biodiversité Education	Bâche : 350€ Sable : 2-3€/m ² Géotextile : 6€/m ² 30€ kit alimentation sur gouttière Creusement pelle mécanique : 500-1000€	La présence d'une mare permet d'augmenter la biodiversité présente dans la cour.
Abris à insectes	Amélioration de la biodiversité Education	50-100€ / abri	Les abris à insectes permettent l'augmentation du nombre d'espèces présentes et l'augmentation du nombre d'individus de chaque espèce. Cela peut favoriser la pollinisation et permet de sensibiliser les enfants.
Mangeoires à oiseaux	Amélioration de la biodiversité Education	20-50€ / mangeoire	Les mangeoires à oiseaux permettent l'augmentation du nombre d'espèces présentes et l'augmentation du nombre d'individus de chaque espèce. Cela permet de sensibiliser les enfants.
Structures de jeux en bois	Confort	Structure de jeux : 5000-1000€	Une structure de jeux en bois permet de diminuer la température dans la cour et de mieux s'intégrer à son environnement.
Espace potager	Education	Matériel : 500€ Plantations : 100€	Nombre d'espèces animales et végétales présentes Nombre d'individus de chaque espèces présents
Récupérateur d'eaux de pluie	Gestion des eaux pluviales	70-100€/récupérateur	Un récupérateur d'eau de pluie permet de limiter les coûts liés à l'arrosage des végétaux et réduire le volume d'eau à évacuer.
Façades végétalisées	Amélioration de la biodiversité	Investissement : 10 à 20 €/m ² de façade avec des plantes grimpantes	Nombre d'espèces animales et végétales présentes Nombre d'individus de chaque espèces présents

¹³⁶ L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France, ADEME

Plantation d'arbres	Gestion des eaux pluviales Biodiversité	Investissement : 1000€/arbre (plantation + fosse) Entretien : 50€/arbre/an élagage	Un chêne pédonculé à maturité stocke 10tCO₂eq ¹³⁷ .
			Un chêne pédonculé héberge en moyenne 423 espèces d'insectes. ¹³⁸
			Par effets d'ombrage et d'évapotranspiration, un platane dans une cour apporte un rafraîchissement de 4°C à 8°C. ¹³⁹
			Une désimperméabilisation combinée à la présence d'arbre permet d'augmenter de 25% la capacité de rétention d'eau d'un sol.
			Un environnement vert peut entraîner une baisse d'environ 10% des prescriptions de médicaments contre les TDAH aux enfants. ¹⁴⁰
			Un arbre mature peut piéger jusqu'à 20kg/an de particules. ¹⁴¹
Plantation de haies	Biodiversité	Investissement : 30-50€/ml	Les haies permettent d'abriter de nombreuses espèces animales. Elles permettent également de stocker le carbone et de limiter le ruissellement des eaux pluviales. 30% de végétation en plus permet de réduire de 2°C la température locale. ¹⁴²
Coût moyen total	200-300€/m²		

¹³⁷ L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France, ADEME

¹³⁸ Yohan Tison, écologue - Mairie de Lille

¹³⁹ Olivier, Collieu, 2016. (tiré de : Agence d'urbanisme région nîmoise et alésienne, 2020. Adapter nos territoires aux fortes chaleurs – Quels leviers d'actions pour lutter contre les îlots de chaleur urbains)

¹⁴⁰ GAMSON DANKS Sharon (2010). Les cours d'école se mettent au vert.

¹⁴¹ LESSARD G., BOULFROY E. (2008) : Les rôles de l'arbre en ville, Centre collégial de transfert de technologie en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Québec, 21 p.

¹⁴² Arbre et Paysage 32, 2017. Arbres et climat : le champ des possibles

Travaux et programmes de recherche sur les bénéfiques	Auteurs	Echelle
L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France	Région Hauts-de-France ADEME	Régionale
ANR Ecoville : la végétalisation des murs et des rues comme outil de résilience urbaine ¹⁴³	Plante&Cité	Nationale
Désimperméabilisation et renaturation des sols ¹⁴⁴	CEREMA	Nationale
Résilience et cour d'école ¹⁴⁵	CEREMA	Nationale

¹⁴³ Site internet Plante&Cité : ANR Ecoville : La végétalisation des murs et des rues comme outil de résilience urbains ? : https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/61/anr_ecoville_la_vegetalisation_de

¹⁴⁴ Site internet du CEREMA : Désimperméabilisation et renaturation des sols : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/desimpermeabilisation-renaturation-sols>

¹⁴⁵ Site internet du CEREMA : Réaménagement de cours d'école : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/resilience-cour-ecole>

COMMENT EVITER LES SURCOUTS ET ASSURER LES CO-BENEFICES DE LA SAFN ?

- Choisir des espèces végétales adaptées au climat local pour ne pas avoir à les remplacer trop fréquemment en cas de maladaptation.
- Porter attention à la qualité des terres végétales pour assurer le bon développement des végétaux et ne pas introduire de sols pollués ou d'EEE.
- Prendre soin de la végétation déjà existante pendant le chantier pour ne pas avoir à ajouter des coûts d'entretien sur celle-ci.
- Veiller à garantir la sécurité des usagers pendant les travaux mais aussi avec les infrastructures (écharde du bois, piqûres d'insectes, ...).
- Penser à prévoir des équipements et points d'eau pour l'arrosage pour limiter les coûts d'entretien.
- Limiter l'accès des points d'eau (mares, rivières) aux élèves pour garantir leur sécurité et garantir la tranquillité des espèces présentes.
- Limiter le tassement de la terre pour un meilleur développement de la biodiversité et l'infiltration de l'eau.
- Utiliser des plantes en pleine terre pour la végétalisation des façades pour limiter les besoins d'entretien.
- Prendre garde à la disposition des arbres vis-à-vis des bâtiments et des équipements pour limiter les risques dû à des chutes de branches.
- Mutualiser les nouveaux équipements installés.
- Faire participer les enfants à l'entretien.
- Dialoguer constamment avec le Bureau d'Etude en charge des travaux.
- Lancer les marchés bien en amont des projets.
- Faire une partie en régie (interne).

RAPPORTS CLES

Cours Oasis: Cahier de recommandations pour la transformation des cours d'écoles. CAUE de Paris :

https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/07/d5.4.1_cahier_de_recommandations_2020-09-23_2-compressé.pdf

Végétaliser : agir pour le rafraîchissement urbain. ADEME :

<https://www.cerdd.org/index.php/Parcours-thematiques/Changement-climatique/Ressources-climat/Dossier-20-projets-qui-integrent-le-vegetal-pour-rafraichir-les-villes>

L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France, ADEME :

https://librairie.ademe.fr/cadic/2289/L_arbre_en_milieu_urbain_acteur_du_climat_en_r_gion_Hauts-de-France.zip

Cité Verte. Un résumé des bienfaits de la végétation sur le bien-être dans l'environnement de travail : La végétation et le travail.

<https://www.elca.info/doc/La%20vegetation%20et%20le%20travail.pdf>

Dépoldérisation

Le littoral français est naturellement changeant et fortement exposé aux aléas (tempête, submersion marine, ...). Il est donc nécessaire d'intégrer les processus naturels dans la gestion du littoral.

Une des solutions envisagées pour gérer durablement les risques littoraux est la **dépoldérisation**. Il s'agit de rouvrir les polders aux intrusions marines, à des fins de renaturation ou de restauration écologique.¹⁴⁶ Cependant, ce type de solution se heurte à plusieurs freins, notamment des réticences dues à son coût élevé.



Vue aérienne de la Baie d'Authie¹⁴⁷

ACTEURS		
Bénéficiaires / cibles	Partenaires techniques	Partenaires financiers
Parcs naturels régionaux	CEREMA	Agence de l'eau
Habitants	Conservatoire du littoral	Union Européenne
Ligue française pour la protection des oiseaux	CPIE	CDC Biodiversité
	IFREMER	Communes
Office Français de la Biodiversité	BRGM	Région
	Syndicats mixtes	Département

FINANCEMENTS
<ul style="list-style-type: none"> - FEDER - Fonds Barnier / Afitf - Programmes Life (Adapto) - Programmes Interreg

¹⁴⁶ Site internet GéoConfluences : Polder, poldérisation, dépoldérisation : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/polder#:~:text=La%20d%C3%A9pold%C3%A9risation%20est%20l'am%C3%A9nagement,renaturation%20ou%20de%20restauration%20%C3%A9cologique.>

¹⁴⁷ Site internet Plateforme Océan et Climat : Adapto : vers une gestion souple du trait de côte – Baie de l'Authie : <https://ocean-climate.org/adapto-vers-une-gestion-souple-du-trait-de-cote-baie-de-lauthie/>

EXEMPLES D' ACTIONS			
Actions	Thématiques	Coûts ¹⁴⁸	Bénéfices
Désenrochement	Restauration du fonctionnement du littoral		Restauration du transit sédimentaire de la côte
Rachat des constructions	Recul des activités	2000-2500€/m ²	Réduit le nombre de logements exposés au risque de submersion marine
Déconstruction des bâtiments	Recul des activités	20000€/construction	Réduit le nombre de logements exposés au risque de submersion marine
Brèche ou déconstruction de digues	Recul des activités	150-200€/mètre linéaire de berge	Permet les intrusions marines à un endroit choisi
Dédrainage	Restauration des fonctions écologiques des zones humides en amont	20-100€/ml	Augmentation de la biodiversité dans les zones restaurées Restauration de la fonction d'étiage
Suppression des remblais	Restauration des fonctions écologiques des zones humides en amont	10-15€/m ³	Réduction du risque d'inondation Restauration de la fonction d'étiage
Coût total moyen	1-2M€/projet ¹⁴⁹		

Travaux et programmes de recherche sur les bénéfices	Auteurs	Echelle
Approche systémique Adapto Baie d'Authie ¹⁵⁰	Stratys, Conservatoire du Littoral	Projet
Effets de la dépoldérisation des marais maritimes sur les peuplements piscicoles – Synthèse bibliographique ¹⁵¹	Cemagref de Bordeaux	Nationale

¹⁴⁸ **Attention :** Les coûts exprimés ici sont proviennent d'un état des lieux du coût de quelques solutions et de remontées d'expérience de terrain. Il ne s'agit donc pas de données exhaustives. Les valeurs ne prennent pas non plus en compte tous les paramètres d'un coût global étendu de la solution, on a principalement le coût des travaux, du matériel et d'investissement.

¹⁴⁹ Donnée obtenue par moyenne de différents projets de dépoldérisation (Life Baie de l'Aiguillon, Life Adapto Baie d'Authie, Life Adapto Baie de Lancieux, Life Adapto Estuaire de l'Orne)

¹⁵⁰ 2022. C. Long Stratys. Adapto Baie d'Authie – Rive Sud. Approche systémique livret de synthèse : https://www.lifeadaptto.eu/media/8142/BaieAuthie_AMC_rapportfinal_2022.pdf

¹⁵¹ 2011. J. Don Cemagref de Bordeaux. Effets de la dépoldérisation des marais maritimes sur les peuplements piscicoles. Synthèse bibliographique. : https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0080/Temis-0080024/21429_rapport_16.pdf

COMMENT EVITER LES SURCOUTS ET ASSURER LES CO-BENEFICES DE LA SAFN ?

- Prendre en compte le fait que l'opinion publique est souvent défavorable aux projets de dépoldérisation.
- Proposer des scénarios adaptatifs et partagés entre les acteurs.
- Les mesures douces de gestion des dunes nécessitent une surveillance et un entretien fréquent.

RAPPORTS CLES

Cerema. Coût des protections contre les aléas littoraux. Cerema, 2018. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-283-4 :

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/cout-protections-contre-aleas-littoraux>

France Nature Environnement : Limiter les risques de submersion marine : [Limiter les risques de submersion marine - Que peut faire ma commune ? | France Nature Environnement \(fne.asso.fr\)](#)

Préservation et restauration des zones humides et des cours d'eau

Le bon fonctionnement des milieux aquatiques (zones humides et cours d'eau) est nécessaire pour qu'ils puissent s'étaler sans risques en période de crue, et limiter ainsi le risque d'inondation, et recharger les nappes qu'ils alimentent.

Ainsi, afin d'assurer leur fonctionnement, il est nécessaire de les gérer durablement. Les coûts peuvent alors varier entre des projets de **préservation** ou de **restauration** afin de pouvoir en tirer les mêmes bénéfices.



Restauration de la Nonette à Baron¹⁵²

ACTEURS CONCERNES		
Bénéficiaires / Cibles	Partenaires techniques	Partenaires financiers
Intercommunalités	Conservatoire espaces naturels	Union européenne
	Syndicats mixtes	
Territoire	BRGM	Département
	Parcs naturels régionaux	
Habitants situés en zone inondable	DRAAF	Communes / Intercommunalités
	DDT	
OFB	ONF	Propriétaires
	CPIE	Agences de l'eau
Agriculteurs	Chambre d'agriculture	Région
	Fédérations de pêche	
	Agences de l'eau	

FINANCEMENTS
<ul style="list-style-type: none"> - Nature 2050¹⁵³ - FEDER - Programmes Interreg - Programmes Life - Labellisation du PAPI - Agence de l'Eau

¹⁵² Site internet du syndicat du SAGE de la Nonette : [Milieux aquatiques | SISN \(syndicat-sage-nonette.fr\)](http://milieux-aquatiques-sisn.syndicat-sage-nonette.fr)

¹⁵³ Site CDC Biodiversité : Nature 2050 : <https://www.cdc-biodiversite.fr/le-programme-nature-2050/>

EXEMPLES D'ACTION DE RESTAURATION			
Actions	Thématiques	Coûts ¹⁵⁴	Bénéfices
Reconnexion d'annexes	Restauration des cours d'eau	170€/ml de berge	Restauration du fonctionnement initial du cours d'eau Réduction des risques de débordement Rechargement des nappes
Suppression des ouvrages contraignant la continuité écologique	Restauration hydromorphologique des cours d'eau	Gros ouvrage : 1 000 000 € Ouvrage classique : 120 000 €	Restauration du fonctionnement initial du cours d'eau Réduction des risques de débordement
Suppression de seuils	Restauration hydromorphologique des cours d'eau	10-100k€ ₂₀₂₁ /m de chute ¹⁵⁵	Restauration du fonctionnement initial du cours d'eau Réduction des risques de débordement
Recharge sédimentaire	Restauration hydromorphologique des cours d'eau	10-25€/m ³	Restauration du transit sédimentaire du cours d'eau
Dédrainage	Restauration hydromorphologique des zones humides	20-30€/ml	Restauration du fonctionnement initial du cours d'eau Réduction des risques de débordement
Plantation de haies	Ruissellement agricole	15-40€/ml de haies ¹⁵⁶	Amélioration de la biodiversité 10 ans après la plantation d'une haie, le nombre d'oiseaux va y être multiplié par 4. ¹⁵⁷
			Fixation des sols
			Réduction du ruissellement

¹⁵⁴ **Attention :** Les coûts exprimés ici sont proviennent d'un état des lieux du coût de quelques solutions et de remontées d'expérience de terrain. Il ne s'agit donc pas de données exhaustives. Les valeurs ne prennent pas non plus en compte tous les paramètres d'un coût global étendu de la solution, on a principalement le coût des travaux, du matériel et d'investissement.

¹⁵⁵ Catalogues coûts et bénéfices unitaires - Agence de l'Eau Seine-Normandie (2006) :

http://www.economie.eaufrance.fr/spip.php?rubrique108&id_mot=84

¹⁵⁶ ¹⁵⁶ Département de la Mayenne – *Etude paysagère Projet éolien de Saint-Hilaire-du-Maine* : [5c+Etude+paysagere+pages+118+a+139.pdf](#) (mayenne.gouv.fr)

¹⁵⁷ TF1 - Terre augmentée : pourquoi les haies sont-elles si précieuses ?

			La présence d'une haie tous les 300m permet de retarder la propagation d'une crue de l'ordre de 10% du temps de transfert initial. ¹⁵⁸
			Séquestration de carbone
			Arrêt des coulées de boue
Bandes enherbées	Ruissellement agricole	Mise en place : 17-25€/100ml Entretien : 10€/ml/an ¹⁵⁹	Amélioration de la biodiversité Réduction du ruissellement Amélioration de la qualité des eaux
Champs d'inondation contrôlée	Restauration hydromorphologique des zones humides	Travaux hors foncier : 500 000-1 000 000 € ¹⁶⁰	Diminution du risque d'inondation
Végétalisation des berges	Renaturation de cours d'eau	Ensemencement : 1-3€/m ² Bouture : 5-18€/m ² Fascine vivante : 50-100€/ml ¹⁶¹	Fixation des sols Amélioration de la qualité des eaux
Coût total moyen	100-550€/ml ¹⁶²		

¹⁵⁸ CEPRI (2022), Guide SafN - ARTISAN, Les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature pour prévenir les risques d'inondation.

¹⁵⁹ Chambre d'agriculture des Hauts-de-France: *Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitations agricoles*: [untitled \(chambres-agriculture.fr\)](https://chambres-agriculture.fr/)

¹⁶⁰ Données issues du projet de création de 10 champs d'inondation contrôlée dans la Vallée de l'Aa: <https://www.smageaa.fr/nos-actions-smageaa/prevention-des-inondations-smageaa/mobilisation-champ-expansion-crues/>

¹⁶¹ Nature4cities: *Systèmes de végétalisation pour la stabilisation des berges*: <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/sites/cracc/files/fichiers/2020/03/Systemes%20de%20v%C3%A9g%C3%A9tation%20pour%20la%20stabilisation%20des%20berges.pdf>

¹⁶² Fourchette de coûts établie grâce aux retours d'expérience sur la restauration des milieux aquatiques en Hauts-de-France. Site internet du Centre de Ressources Zones Humides: <https://zones-humides.org/>

EXEMPLES D' ACTIONS DE PRESERVATION			
Actions	Thématiques	Coûts ¹⁶³	Bénéfices
Fauche tardive	Préservation des zones humides	170€/ha/an ¹⁶⁴	Augmentation de la biodiversité
			Fixation du sol
			Diminution du risque de ravinement
			Le non travail du sol et les couverts végétaux, même de courte durée, permettent de stocker du carbone dans les sols (à hauteur de 50 à 100g C/m ² /an). ¹⁶⁵
Pâturage extensif	Préservation des zones humides	4€/ha/an	Réduit le tassement du sol
Recharge sédimentaire	Restauration hydromorphologique des cours d'eau	10-25€/m ³	Restauration du transit sédimentaire du cours d'eau
Préservation générale	Il coûte 5 fois moins cher de protéger les zones humides que de compenser la perte des services qu'elles nous rendent gratuitement. La présence de zones humides permet une baisse de température entre 0,5 et 3°C. ¹⁶⁶		

Travaux et programmes de recherche sur les bénéfiques	Auteurs	Echelle
Les zones humides, des bienfaits multiples ¹⁶⁷	Eau France	Nationale
Natural capital for Nature-Based Solutions – Technical Report	Kent Wildlife Trust	Régionale
Evaluation économique des services rendus par les zones humides – Complémentarité de monétarisation	Commissariat général au développement durable	Nationale
Dossier de presse #ZonesHumides2020	Office Français de la Biodiversité	Nationale

¹⁶³ **Attention :** Les coûts exprimés ici sont proviennent d'un état des lieux du coût de quelques solutions et de remontées d'expérience de terrain. Il ne s'agit donc pas de données exhaustives. Les valeurs ne prennent pas non plus en compte tous les paramètres d'un coût global étendu de la solution, on a principalement le coût des travaux, du matériel et d'investissement.

¹⁶⁴ Bassin versant du Léguer : Entretien et restauration des zones humides : [Document3 \(zoneshumides29.fr\)](https://www.zoneshumides29.fr/)

¹⁶⁵ Résultats 2021 de l'étude BAG'AGES financé par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et coordonné par INRAE à l'UMR AGroécologie Innovations teRritoires de Toulouse

¹⁶⁶ OFB. Dossier de presse #ZonesHumides2020 : https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/Fichiers/Presse/dp_jmzh_2020_vf.pdf

¹⁶⁷ Centre de ressources Zones Humides : Les milieux humides des bienfaits multiples : http://www.zones-humides.org/sites/default/files/fiche_03_0.pdf

COMMENT EVITER LES SURCOUTS ET ASSURER LES CO-BENEFICES DE LA SAFN ?

- Anticiper les demandes de financement qui peuvent être longues.
- Favoriser les marchés publics.
- Choisir une diversité d'espèces végétales dans la végétalisation.
- Prendre garde aux espèces invasives et aux espèces non adaptées au changement climatique.
- Comme permettent de l'illustrer en partie la comparaison des mesures de préservation avec celles de restauration, il est moins coûteux de préserver plutôt que de restaurer. De plus, en termes de bénéfices, dans un milieu aquatique ou humide préservé (et en bon état), ils seront en général plus nombreux et immédiats que dans un milieu qui vient d'être restauré.

RAPPORTS CLES

Cerema, Coût des protections contre les inondations fluviales. Collection Connaissances

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/AMC%20-%20Referentiel%20couts%20de%20protection%20des%20inondations%20fluviales.pdf>

Les guides du CEPRI. Guide SafN – Artisan. *Les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature pour prévenir les risques d'inondation.*: https://cepri.net/wp-content/uploads/2022/09/Guide_SafN.pdf

Bibliographie – Phase 3

Site internet du CERDD : Panorama des initiatives : [Panorama des initiatives - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/)

Site internet H2O Source2Seas : [H2O source 2 seas | Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique \(adaptation-changement-climatique.gouv.fr\)](https://adaptation-changement-climatique.gouv.fr/)

Site internet Interreg 2 mers Co-Adapt : <https://co-adapt-water.eu/fr/a-propos/a-propos-de-co-adapt/>

Site internet du CEREMA – Interreg 2 mers ENDURE : <https://www.cerema.fr/fr/innovation-recherche/recherche/projets/ensuring-dune-resilience-against-climate-change-endure>

Site internet du Life Adapto – Baie d'Authie : [Baie d'Authie - adapto, un projet LIFE \(lifeadapt.eu\)](https://lifeadapt.eu/)

Site internet du CERDD : *La gestion intégrée des eaux pluviales, une idée qui coule de source.* : [La gestion intégrée des eaux pluviales, une idée qui coule de source / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/)

Site internet du CERDD : *Solutions douces pour inondations fortes.* : [Solutions douces pour inondations fortes / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/)

Site internet du CERDD : *A Hirson, les Hommes et les milieux naturels entrent en résilience.* : [À Hirson, les Hommes et les milieux naturels entrent en résilience / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/)

Centre de ressources Cours d'eau : Fiche Effacement de l'ouvrage du Moulin de la Leuleune et restauration hydromorphologique sur la Hem : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/REX2021_Moulin%20Leulenne%20sur%20la%20Hem_Fiche%204%20pages_V5%20OK.pdf

Site internet du CERDD : *Des champs pour contrôler les crues.* : [Des champs pour contrôler les crues / Initiatives changement climatique / Changement climatique / Parcours thématiques - Centre Ressource du Développement Durable \(cerdd.org\)](https://cerdd.org/)

UICN Comité français (2019). *Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France*. Paris, France : uicn.fr/wp-content/uploads/2020/01/sfn-light-ok.pdf

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

Site internet COOL TOWNS : <https://www.cooltowns.eu/fr/best-practice/the-schoolyard-of-ecole-montaigne-in-saint-omer-becomes-a-cool-island/>

Cours d'écoles

Site internet du CERDD : A Lille, les cours d'écoles deviennent des îlots de fraîcheur : <https://www.cerdd.org/Actualites/Changement-climatique/A-Lille-les-cours-d-ecoles-deviennent-des-ilots-de-fraicheur>

Agence de l'eau Artois-Picardie : La gestion des eaux pluviales et de ruissellement dans le Bassin Artois-Picardie – Les modalités d'aides de l'Agence de l'eau au 11^{ème} programme (2019-2024) : [schema gestion eaux pluviales 01112021 web.pdf](https://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/schema_gestion_eaux_pluviales_01112021_web.pdf) (eau-artois-picardie.fr)

Site internet Guides des aides en région Hauts-de-France: Plan Arbres en Hauts-de-France 2020-2027 : <https://guide-aides.hautsdefrance.fr/dispositif884>

Site internet Guides des aides en région Hauts-de-France: Politique d'Aides aux Communes et aux Territoires (ACTes) FONDS DE SOUTIEN AUX PROJETS STRUCTURANTS (FSPS) : <https://guide-aides.hautsdefrance.fr/dispositif976>

Site internet Département Pas-de-Calais: Fonds d'intervention sur les enjeux écologiques territoriaux (FIEET) : [Fonds d'intervention sur les enjeux écologiques territoriaux \(FIEET\) / Environnement & Cadre de vie - Pas-de-Calais le Département](https://www.pasdecalais.fr/IMG/pdf/Fonds_d_intervention_sur_les_enjeux_ecologiques_territoriaux_FIEET_-_Environnement_&_Cadre_de_vie_-_Pas-de-Calais_le_Departement.pdf) (pasdecalais.fr)

Département du Nord. Guide technique « Plantation et renaturation » : [01-Doc Nord Durable-TC-2022 - Web2](https://www.lenord.fr/IMG/pdf/01-Doc_Nord_Durable-TC-2022_-_Web2.pdf) (lenord.fr)

L'arbre en milieu urbain, acteur du climat en région Hauts-de-France, ADEME : [https://www.ademe.fr/cadic/2289/L_arbre_en_milieu_urbain_acteur_du_climat_en_r_gion Hauts-de-France.zip](https://www.ademe.fr/cadic/2289/L_arbre_en_milieu_urbain_acteur_du_climat_en_r_gion_Hauts-de-France.zip)

LYONPLUS. La métropole s'attaque aux îlots de chaleur en ville, 2018.

Olivier, Collieu, 2016. (tiré de : Agence d'urbanisme région nîmoise et alésienne, 2020. Adapter nos territoires aux fortes chaleurs – Quels leviers d'actions pour lutter contre les îlots de chaleur urbains)

GAMSON DANKS Sharon (2010). Les cours d'école se mettent au vert.

LESSARD G., BOULFROY E. (2008) : Les rôles de l'arbre en ville, Centre collégial de transfert de technologie en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Québec, 21 p.

Arbre et Paysage 32, 2017. Arbres et climat : le champ des possibles

Site internet Plante&Cité : ANR Ecoville : La végétalisation des murs et des rues comme outil de résilience urbains ? :

https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/61/anr_ecoville_la_vegetalisation_de

Site internet du CEREMA: Désimperméabilisation et renaturation des sols : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/desimpermeabilisation-renaturation-sols>

Site internet du CEREMA: Réaménagement de cours d'école : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/resilience-cour-ecole>

Cours Oasis: Cahier de recommandations pour la transformation des cours d'écoles. CAUE de Paris :

https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/07/d5.4.1_cahier_de_recommandations_2020-09-23_2-comprese.pdf

Végétaliser : agir pour le rafraîchissement urbain. ADEME :

<https://www.cerdd.org/index.php/Parcours-thematiques/Changement-climatique/Ressources-climat/Dossier-20-projets-qui-integrent-le-vegetal-pour-rafraichir-les-villes>

Cité Verte. Un résumé des bienfaits de la végétation sur le bien-être dans l'environnement de travail : La végétation et le travail.

<https://www.elca.info/doc/La%20vegetation%20et%20le%20travail.pdf>

Dépoldérisation

Site internet GéoConfluences : Polder, poldérisation, dépoldérisation :

[http://geoconfluences.ens-](http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/polder#:~:text=La%20d%C3%A9pold%C3%A9risation%20est%20l'a)

[lyon.fr/glossaire/polder#:~:text=La%20d%C3%A9pold%C3%A9risation%20est%20l'am%C3%A9nagement,renaturation%20ou%20de%20restauration%20%C3%A9cologique](http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/polder#:~:text=La%20d%C3%A9pold%C3%A9risation%20est%20l'am%C3%A9nagement,renaturation%20ou%20de%20restauration%20%C3%A9cologique)

Site internet Plateforme Océan et Climat : *Adapto : vers une gestion souple du trait de côte – Baie de l'Authie* : <https://ocean-climate.org/adapto-vers-une-gestion-souple-du-trait-de-cote-baie-de-lauthie/>

2022. C. Long Stratys. *Adapto Baie d'Authie – Rive Sud. Approche systémique livret de synthèse* :

https://www.lifeadapto.eu/media/8142/BaieAuthie_AMC_rapportfinal_2022.pdf

2011. J. Don Cemagref de Bordeaux. Effets de la dépoldérisation des marais maritimes sur les peuplements piscicoles. Synthèse bibliographique. :

https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0080/Temis-0080024/21429_rapport_16.pdf

Cerema. Coût des protections contre les aléas littoraux. Cerema, 2018. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-283-4 :

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/cout-protections-contre-aleas-littoraux>

France Nature Environnement : Limiter les risques de submersion marine : [Limiter les risques de submersion marine - Que peut faire ma commune ? | France Nature Environnement \(fne.asso.fr\)](https://www.fnec.fr/actualites/limiter-les-risques-de-submersion-marine-que-peut-faire-ma-commune)

Zones humides et cours d'eau

Site internet du syndicat du SAGE de la Nonette : [Milieux aquatiques | SISN \(syndicat-sage-nonette.fr\)](https://www.sage-nonette.fr/milieux-aquatiques)

Site CDC Biodiversité : Nature 2050 : <https://www.cdc-biodiversite.fr/le-programme-nature-2050/>

Catalogues coûts et bénéfices unitaires - Agence de l'Eau Seine-Normandie (2006) :

http://www.economie.eaufrance.fr/spip.php?rubrique108&id_mot=84

Département de la Mayenne – *Etude paysagère Projet éolien de Saint-Hilaire-du-Maine* : [5c+Etude+paysagere+pages+118+a+139.pdf \(mayenne.gouv.fr\)](https://www.mayenne.gouv.fr/actualites/5c+Etude+paysagere+pages+118+a+139.pdf)

TF1 - Terre augmentée : pourquoi les haies sont-elles si précieuses ?

CEPRI (2022), Guide SafN - ARTISAN, Les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature pour prévenir les risques d'inondation.

Chambre d'agriculture des Hauts-de-France : *Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitations agricoles* : [untitled \(chambres-agriculture.fr\)](https://www.chambres-agriculture.fr/)

Nature4cities: *Systèmes de végétalisation pour la stabilisation des berges*:
<https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/sites/cracc/files/fichiers/2020/03/Systemes%20de%20v%C3%A9g%C3%A9talisation%20pour%20la%20stabilisation%20des%20berges.pdf>

Bassin versant du Léguer: Entretien et restauration des zones humides: [Document3 \(zoneshumides29.fr\)](#)

Résultats 2021 de l'étude BAG'AGES financé par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et coordonné par INRAE à l'UMR AGroécologie Innovations teRritoires de Toulouse

OFB. Dossier de presse #ZonesHumides2020:

https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/Fichiers/Presse/dp_jmzh_2020_vf.pdf

Centre de ressources Zones Humides: *Les milieux humides des bienfaits multiples*:

http://www.zones-humides.org/sites/default/files/fiche_03_0.pdf

Cerema, Coût des protections contre les inondations fluviales. Collection

Connaissances:

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/AMC%20-%20Referentiel%20couts%20de%20protection%20des%20inondations%20fluviales.pdf>

Les guides du CEPRI. Guide SafN – Artisan. *Les Solutions d'adaptation fondées sur la Nature pour prévenir les risques d'inondation*.: https://cepri.net/wp-content/uploads/2022/09/Guide_SafN.pdf

ANNEXE – Phase 3

Annexe 1: Formulaire de questions envoyé aux porteurs de projet

FORMULAIRE PROJET DE SOLUTION D'ADAPTATION FONDÉE SUR LA NATURE

Dans le cadre d'un stage sur l'approche économique des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature (SafN), nous étudions des projets menés dans les Hauts-de-France.

Pour rappel, on entend par SafN des aménagements, ouvrages ou processus reposant sur les écosystèmes qui visent à s'adapter aux conséquences actuelles et futures du changement climatique, tout en contribuant à améliorer la biodiversité.

Plus particulièrement, on s'intéresse aux évaluations des coûts et des bénéfices qui ont pu être réalisées sur ce projet et aux données que cela a pu permettre de produire. Les réponses à ce questionnaire nous permettront de réaliser des fiches reprenant les principales données de coûts et de bénéfices pour différentes catégories d'actions : cours d'écoles résilientes, dépollérisation, gestion intégrée des milieux aquatiques, ...

Ce questionnaire vous prendra 10-15 minutes à remplir.

1^{ère} partie : Le projet et ses acteurs :

? Quel est le nom de votre projet ?

? Quels ont été les partenaires techniques du projet ?

- BRGM
- CAUE
- CEREMA
- Conservatoire du littoral
- CPIE
- Ifremer
- Parc naturel régional
- Syndicat mixte
- Autre :

- Quels ont été les partenaires financiers du projet ?

- ADEME
- Agence de l'eau
- CDC Biodiversité
- Commune / Intercommunalité
- Département
- Région
- Union Européenne
- DREAL
- OFB
- Autre :

- Si vous avez travaillé avec d'autres acteurs, veuillez les renseigner ci-dessous :

- A qui ce projet a-t-il bénéficié ?

Partie 2 : Les coûts et les bénéfices du projet

- Avez-vous évalué les coûts et les bénéfices du projet ?

- Oui
- Non
- Si oui, avez-vous utilisé une méthode d'analyse particulière ?
 - Analyse coûts-bénéfices
 - Analyse multicritères
 - Analyse coût-efficacité
 - Autre :
- Quels sont les bénéfices ciblés du projet ?
- Quels sont les bénéfices observés du projet ?
- S'il existe un décalage entre les bénéfices ciblés et les bénéfices observés, comment l'expliquez-vous ?
- Quels leviers avez-vous identifié pour optimiser les coûts liés au projet ?
- Avez-vous eu des surcoûts au terme du projet ?
 - Oui
 - o Non
- Si oui, savez-vous comment ces surcoûts auraient pu être évités ?
- Quelles difficultés (manques, besoins) avez-vous rencontré lors de votre démarche d'analyse ?
- Avez-vous identifié certaines limites ou des points de vigilance lors de votre démarche d'analyse ?
- ? La méthode que vous avez développée est-elle répliquable/utilisable par d'autres territoires ?
 - Oui
 - Non
- ? Si non, pourquoi ?
- ? Serait-il possible d'obtenir un détail chiffré par poste de dépense et/ou par acteurs des coûts du projet ?
Si oui, veuillez renseigner le contact pour obtenir ce détail.

Partie 3: Les financements

- ? Quel a été le montage financier du projet ?
- ? Avez-vous rencontré des difficultés face aux demandes de financement ?

Partie 4: Fin du formulaire

- ? Souhaiteriez-vous échanger davantage avec nous sur votre projet ?
 - Oui
 - Non
- ? Souhaitez-vous recevoir les fiches actions réalisées grâce à ce questionnaire ?
 - Oui, celle sur les cours d'école
 - Oui, celle sur la dépollérisation
 - Oui, celle sur les milieux aquatiques

Non

? Si vous avez répondu oui à une de ces deux dernières questions, vous pouvez nous laisser votre contact ci-dessous :