



SAVi Sustainable
Asset
Valuation

Evaluation des Actifs durables (SAVi) du Delta du Saloum au Sénégal :

Une évaluation économique de la contribution
du delta du Saloum au développement durable,
en se concentrant sur les zones humides et les
mangroves

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS



Andrea M. Bassi
Liesbeth Casier
Georg Pallaske
Oshani Perera
Ronja Bechauf



© 2020 The International Institute for Sustainable Development
Publié par l'International Institute for Sustainable Development.

International Institute for Sustainable Development

L'Institut international du développement durable (IISD) est un groupe de réflexion indépendant qui étudie des solutions durables aux problèmes du XXI^e siècle. Notre mission est de promouvoir le développement humain et la durabilité environnementale. Pour cela, nous effectuons un travail de recherche, d'analyse et d'obtention de connaissances qui soutient l'élaboration de politiques saines. Notre vision globale nous permet d'aborder les causes profondes de certains des grands problèmes auxquels notre planète est confrontée aujourd'hui : la destruction de l'environnement, l'exclusion sociale, les lois et les règles économiques injustes, le changement climatique. L'équipe de l'IISD, qui représente plus de 120 personnes, plus de 50 associés et une centaine de consultants, vient du monde entier et de secteurs très différents. Notre travail a un impact sur la vie des habitants de près de 100 pays. Avec une démarche autant scientifique que stratégique, l'IISD apporte le savoir nécessaire à l'action.

L'IISD est enregistré en tant qu'organisme de bienfaisance au Canada et a le statut 501 (c) (3) aux États-Unis. L'IISD bénéficie de subventions de fonctionnement de la province du Manitoba. L'Institut reçoit également des financements de plusieurs gouvernements en dehors du Canada, et de plusieurs agences des Nations Unies, des fondations, des acteurs du secteur privé et des particuliers.

MAVA Foundation

Créée en 1994, la MAVA est une fondation philanthropique familiale basée en Suisse, avec un bureau régional à Dakar, Sénégal. La mission de la MAVA est la conservation de la biodiversité au bénéfice de l'être humain et de la nature en finançant, en mobilisant et en renforçant nos partenaires et la communauté de la conservation. La fondation MAVA souhaite offrir un futur où la biodiversité s'épanouit, surtout dans la région méditerranéenne, la zone côtière d'Afrique de l'Ouest et la Suisse ; où l'économie mondiale soutient la prospérité humaine et une planète en bonne santé ; et où la communauté de la conservation se développe.

Evaluation des Actifs durables (SAVi) du Delta du Saloum au Sénégal : Une évaluation économique de la contribution du delta du Saloum au développement durable, en se concentrant sur les zones humides et les mangroves

juin 2020

Écrit par Andrea M. Bassi, Liesbeth Casier, Georg Pallaske, Oshani Perera, et Ronja Bechau

Head Office

111 Lombard Avenue, Suite 325
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T4

Tel: +1 (204) 958-7700

Website: www.iisd.org

Twitter: [@IISD_news](https://twitter.com/IISD_news)

Website:

mava-foundation.org



Remerciements

L'IIDD tient à remercier Wetlands International - Afrique pour sa collaboration à ce projet. En particulier, les auteurs du rapport sont reconnaissants du soutien d'Ouleye Ndiaye, de Pape Mawade Wade et d'Ibrahima Thiam. Leur engagement et leur expertise ont été essentiels pour la réussite de ce projet.

Nous remercions également Sergio Lago Trillo pour la traduction.

À propos de SAVi

La méthodologie SAVi est un service de simulation qui permet aux gouvernements et aux investisseurs d'évaluer les risques et les facteurs externes affectant la performance de projets d'infrastructures.

La SAVi présente les caractéristiques distinctives suivantes :

- **Évaluation** : la méthodologie SAVi permet d'évaluer, en termes financiers, les risques significatifs aux niveaux environnemental, social et économique et les facteurs externes de projets d'infrastructures. Ces variables ne sont pas prises en compte dans les analyses financières conventionnelles.
- **Simulation** : la méthodologie SAVi combine les résultats de la simulation de la pensée systémique et de la dynamique des systèmes avec une modélisation des finances d'un projet. Nous collaborons avec les propriétaires d'actifs afin d'identifier les risques qui sont significatifs pour leurs projets d'infrastructures, puis nous élaborons des cas de figure pertinents à des fins de simulation.
- **Personnalisation** : la méthodologie SAVi est adaptée aux spécificités d'un projet d'infrastructures.

Pour plus d'informations sur SAVi :

www.iisd.org/savi



Sommaire exécutif

Ce rapport présente les résultats et le contexte technique de l'évaluation des actifs durables (SAVi) du delta du Saloum. L'évaluation fournit une estimation économique de la contribution du delta du Saloum aux moyens de subsistance locaux et au développement régional. Elle estime une série de scénarios et simule la manière dont ces scénarios affectent la contribution économique du delta.

Le tableau E1 présente le résumé des résultats des impacts de l'agriculture biologique, de la restauration des mangroves, de la construction de routes, des fours solaires et de l'extraction pétrolière. Ces scénarios montrent la valeur cumulée sur 40 ans par rapport à une situation normale.

Tableau E1. Résumé de l'analyse coûts-bénéfices intégrée, valeurs cumulées 2020-2060

Analyse coûts-bénéfices intégrée (millions CFA)	Agriculture biologique	Reboisement des mangroves	Construction de routes	Fours solaires	Extraction pétrolière
Investissement total et Maintenance (1)	951	10	19 625	2 758	0
Coûts évités					
Coût social du carbone	18 033	12 986	-18 737	33 620	-15 038
Coût des engrais	12 671	-10	259	0	-1 602
Bois de chauffage évité	0	0	0	33	0
Sous-total (2)	30 704	12 976	-18 478	33 653	-16 640
Avantages supplémentaires					
Revenus du travail	269 442	10 076	297 258	261	64 643
Valeur des SE fournis	118 687	257 148	2 298	11 789	-297 112
Revenus d'extraction pétrolière	0	0	0	0	554 586 209
Sous-total (3)	388 129	267 224	299 556	12 051	554 353 740
Résultat net (2) + (3) - (1)	417 883	280 190	261 453	42 946	554 337 101



Le tableau E1 montre que l'extraction pétrolière génère des revenus importants, mais a également un impact négatif élevé sur les services écosystémiques que fournissent les zones humides et les mangroves du delta du Saloum. L'agriculture biologique génère des revenus supplémentaires dans divers secteurs tout en améliorant les performances des services écosystémiques. La restauration des mangroves entraîne une augmentation des performances des services écosystémiques de plus de 257'000 millions de francs CFA (391 millions d'euros). La construction de routes a un fort impact sur les revenus du travail dans différents secteurs économiques. Les cuisinières solaires sont très efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, comme en témoigne le coût social réduit du carbone de plus de 33'000 millions de francs CFA (50 millions d'euros).

Étant donné l'importance économique du forage pétrolier au large des côtes du delta du Saloum, les parties prenantes ont demandé des analyses spécifiques de l'impact de l'extraction pétrolière sur les coûts et les bénéfices liés à la performance des services écosystémiques. Nous avons inclus deux scénarios supplémentaires à l'analyse : une combinaison de toutes les interventions de développement excluant, et une autre incluant l'extraction pétrolière. Les résultats sont présentés dans le tableau E2.

Tableau E2. Résumé de l'analyse coûts-bénéfices intégrée, valeurs cumulées 2020-2060

Analyse coûts-bénéfices intégrée (millions CFA)	Scénarios de développement sans extraction pétrolière	Scénarios de développement avec extraction pétrolière
Investissement et Maintenance		
Sous-total (1)	23 344	23 344
Coûts évités		
Coût social du carbone	46 044	29 451
Coût des engrais	12 640	11 111
Bois de chauffage évité	33	33
Sous-total (2)	58 717	40 595
Avantages supplémentaires		
Revenus du travail	587 036	656 356
Valeur des SE fournis	392 527	68 430
Revenus d'extraction pétrolière	0	554 586 209
Sous-total (3)	979 563	555 310 995
Résultat net (2) + (3) - (1)	1 014 936	555 328 246



Cette évaluation met en lumière les compromis que doivent faire les décideurs politiques et les parties prenantes lorsqu'ils investissent dans le développement économique. Le capital naturel apporte une foule de gains à long terme, dont certains sont calculés dans cette étude ; cependant, la promesse de revenus à court terme prime presque toujours. En outre, la recherche de données permettant d'évaluer l'ensemble des services fournis par les écosystèmes tels que l'approvisionnement, la régulation, l'habitat et les services culturels, est toujours un défi. Le manque de données accentue encore les différences entre les revenus de l'activité économique et les bénéfices du capital naturel. Le rapport détaille les services écosystémiques qui sont valorisés dans ce cas.

Différentes parties prenantes utilisent cette étude pour identifier et mettre en œuvre des stratégies visant à la fois à protéger l'écosystème du delta du Saloum et à augmenter les revenus issus des services écosystémiques. Plus les services écosystémiques peuvent générer de revenus, plus les parties prenantes seront incitées à donner la priorité à la maintenance et à l'amélioration continue de ceux-ci.

Le présent rapport contribue à cet effort de plusieurs manières :

- Premièrement, il calcule la valeur économique des services écosystémiques.
- Deuxièmement, il compare les coûts de maintenance de ces services écosystémiques avec les coûts d'investissement et d'exploitation d'autres alternatives de construction. Cela aide les parties prenantes à comprendre la valeur des infrastructures des zones humides et des mangroves en termes financiers.
- Troisièmement, il fournit des analyses de différents scénarios sur la manière dont les performances de la zone humide sont affectées par les activités de développement actuelles. Les parties prenantes peuvent ainsi prévoir comment l'offre de services écosystémiques pourrait changer si aucune mesure corrective n'est prise. La prévisibilité de ces changements est essentielle lorsque l'on cherche des moyens d'augmenter les revenus provenant des services écosystémiques.

Les résultats de l'analyse SAVi mettent en évidence plusieurs stratégies de financement potentielles pour augmenter les revenus émergeant des écosystèmes et, dans le même ordre d'idées, donner une impulsion à la poursuite continue de la conservation de ceux-ci. Ces stratégies comprennent des compensations carbone, des crédits de biodiversité plus larges (par exemple, la création de banques de zones humides ; « Wetland Banks »), le financement par le paiement lié à la performance et les initiatives de paiement à l'usage. Ces dernières, notamment en ce qui concerne le paiement à l'usage des poêles et appareils solaires, peuvent être particulièrement efficaces pour réduire la récolte de bois de chauffage et la déforestation des mangroves.



Comment des parties prenantes peuvent-ils utiliser cette analyse ?

Les parties prenantes peuvent utiliser cette analyse pour prendre une multitude de décisions.

- Les décideurs politiques peuvent l'utiliser pour prendre des décisions sur la planification des infrastructures, la conservation des côtes, l'agriculture durable, l'adaptation aux changements climatiques et le développement économique.
- Les organisations non gouvernementales peuvent utiliser les évaluations économiques des services écosystémiques pour affiner les projets de restauration ou reboisement des mangroves et mener des actions de plaidoyer plus ciblées en faveur de la conservation du delta du Saloum.
- Les développeurs de projets et les promoteurs d'infrastructures naturelles peuvent utiliser les évaluations pour concevoir des solutions de financement de conservation, ce qui pourrait permettre de mobiliser des capitaux auprès d'investisseurs privés.
- Les bailleurs de fonds publics et les investisseurs privés peuvent également utiliser cette analyse comme base de référence pour effectuer une vérification préalable des subventions, des prêts concessionnels, ainsi que pour organiser des solutions de financement pour les paiements à la performance.

Les détails sont fournis dans le tableau ci-dessous :

Partie prenante	Comment cette analyse peut être utilisée dans la prise de décision	Exemple
Les décideurs des budgets publics	1. Apprécier la valeur économique générée par les écosystèmes des zones humides dans le delta du Saloum. Comparer la valeur en dollars de ces services écosystémiques avec les alternatives de construction.	La zone humide du Saloum génère des services écosystémiques cumulés d'une valeur de 964 milliards de francs CFA entre 2019 et 2029.
Les décideurs publics	2. Apprécier la mesure dans laquelle les revenus du développement économique local - pêche, agriculture et tourisme, par exemple - dépendent des services écosystémiques fournis par le delta du Saloum. 3. Apprécier la valeur en dollars des services écosystémiques perdus en raison du forage pétrolier en mer, de la déforestation, de l'agriculture non durable et de l'expansion des routes. 4. Prendre des décisions d'investissement public basées sur les compromis qui augmentent la dégradation de l'écosystème du delta du Saloum. Il convient de noter que ces services écosystémiques seront particulièrement rentables pour atténuer la sécheresse persistante, la salinisation des aquifères et l'érosion côtière due à l'élévation du niveau de la mer.	Le revenu cumulé du travail provenant des activités industrielles dérivées des zones humides, y compris la récolte, la pêche, l'agriculture et le tourisme, s'élève à 1 973 milliards de francs CFA. Prévoir des compromis ayant une valeur ajoutée pour combiner la mise en valeur et le reboisement de la zone humide du Saloum avec une exploitation, une pêche et une agriculture durable. Pour déterminer le rapport qualité-prix tout au long du cycle de vie de la zone humide, il faut tenir compte des coûts cumulés sur 40 ans de la maintenance de la mangrove, qui s'élèvent à 20 millions de francs CFA. Notez également le total cumulé sur 40 ans du coût social du carbone, qui est de 29'450 millions de francs CFA. Noter comment la valeur des services écosystémiques diminue en raison des dommages causés par les déversements de pétrole. Envisager la création d'un fonds de conservation alimenté en partie par les revenus et les redevances de l'extraction pétrolière.



Partie prenante	Comment cette analyse peut être utilisée dans la prise de décision	Exemple
<p>Investisseurs de projets d'infrastructures naturelles</p> <p>Développeurs de projets d'infrastructures naturelles</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apprécier la valeur économique générée par les écosystèmes de zones humides dans le delta du Saloum. Comparer la valeur en dollars de ces services écosystémiques avec les alternatives de construction. 2. Apprécier la valeur en dollars des services écosystémiques perdus en raison du forage pétrolier en mer, de la déforestation, de l'agriculture et des investissements dans des infrastructures telles que les routes. 3. Utiliser l'analyse comme une diligence raisonnable fondamentale pour préparer les projets d'infrastructure basés sur la nature et les business plans associés 4. Utiliser les prévisions sur l'évaluation des services écosystémiques pour améliorer la prévisibilité et la compatibilité des infrastructures naturelles. Développer des solutions de financement en conséquence. 	<p>La zone humide du Saloum génère des services écosystémiques cumulés d'une valeur de 964 milliards de francs CFA entre 2019 et 2029.</p> <p>Pour générer les mêmes services avec des alternatives de construction, les coûts d'investissement et d'exploitation cumulés sur les 10 prochaines années seraient de 1'537 milliards de francs CFA.</p> <p>Déterminer l'efficacité des différentes options de conservation et d'exploitation des mangroves en utilisant l'indice de qualité des zones humides.</p> <p>Noter les coûts cumulés sur 40 ans de la maintenance de la mangrove, qui s'élèvent à 20 millions de francs CFA. Noter également le total cumulé sur 40 ans du coût social du carbone, qui est de 29'450 millions de francs CFA</p>
<p>Conservation NGOs</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Présenter des arguments économiques en faveur de la poursuite et de l'intensification de la restauration de la mangrove. 2. Compte tenu de la valeur élevée des services écosystémiques fournis par le delta du Saloum, il convient d'accroître la promotion de sa conservation sur le long terme. 	<p>Déterminer des stratégies de conservation basées sur la valeur prévisionnelle des services écosystémiques sur la période 2019 à 2029.</p> <p>Par exemple :</p> <p>L'élimination de l'azote : 50 milliards de francs CFA.</p> <p>Le tourisme : 18 milliards de francs CFA</p> <p>Filtration de l'eau : 113,3 milliards de francs CFA</p> <p>Séquestration du carbone : 72 milliards de francs CFA</p> <p>Érosion côtière : 113 milliards de francs CFA.</p> <p>Récolte de plantes comestibles : 113 milliards de francs CFA</p> <p>La biodiversité : 84 milliards de francs CFA</p>



Partie prenante	Comment cette analyse peut être utilisée dans la prise de décision	Exemple
<p>Investisseurs publics et privés.</p> <p>Les donateurs publics.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apprécier la valeur économique générée par les écosystèmes de zones humides dans le delta du Saloum. Comparer la valeur en dollars de ces services écosystémiques avec les alternatives de construction. 2. Apprécier la valeur en dollars des services écosystémiques perdus en raison du forage pétrolier en mer, de la déforestation, de l'agriculture et des investissements dans des infrastructures telles que les routes. 3. Évaluer la faisabilité des options d'investissement en utilisant les scénarios et les prévisions de cette analyse comme base de référence. Par exemple, la faisabilité des projets de "paiement à la performance", des compensations carbone, des banques d'atténuation (« Mitigation Banks »), etc. 4. Utiliser comme diligence raisonnable pour prendre des décisions de subvention et de prêt à des conditions favorables. Noter que la sécheresse induite par le changement climatique, l'érosion côtière et la salinisation des aquifères, font de l'écosystème des zones humides un fournisseur de services très rentable. 	<p>La zone humide du Saloum génère des services écosystémiques cumulés d'une valeur de 964 milliards de francs CFA entre 2019 et 2029.</p> <p>Pour générer les mêmes services avec des alternatives de construction, les coûts d'investissement et d'exploitation cumulés sur les 10 prochaines années seraient de 1'537 milliards de francs CFA.</p> <p>Déterminer l'efficacité des différentes options de conservation et d'exploitation des mangroves en utilisant l'indice de qualité des zones humides et l'indice d'érosion des sols. L'indice de qualité des zones humides montre la relation symbiotique entre la santé de l'écosystème et la réduction de la déforestation des mangroves (grâce à l'utilisation de fours solaires), la conservation et le reboisement accrus, l'utilisation de pratiques agricoles plus durables qui réduisent le ruissellement des engrais et des pesticides chimiques et enfin, les dommages causés par les marées noires.</p>



Table des matières

1.0 Introduction	1
2.0 L'évaluation économique du delta du Saloum	2
3.0 Scénarios	4
4.0 Externalités	6
5.0 Résultats	8
5.1 Simulation du scénario de base	8
5.2 Qualité des zones humides et indice d'érosion des sols	10
5.3 Analyse coûts-bénéfices intégrée.....	12
6.0 Idées préliminaires sur le financement mixte (« blended finance »)	18
6.1 Compensation des émissions de carbone.....	18
6.2 Instruments de rémunération à la performance	19
6.3 Banques de compensation (« Mitigation Banks »)	22
6.4 Inventaires des actifs naturels.....	23
6.5 Financement communautaire par répartition.....	24
7.0 Comment la méthodologie SAVi a-t-elle été adaptée pour l'évaluation du delta du Saloum	25
7.1 Théorie des systèmes et dynamique des systèmes.....	25
7.2 Lecture d'un diagramme de boucles causales.....	25
7.3 Aperçu du modèle.....	27
7.4 Indicateurs concernant les dépenses, les coûts évités et les avantages supplémentaires.....	29
7.4.1 Dépenses directes.....	29
7.4.2 Coûts évités	30
7.4.3 Avantages supplémentaires	30
8.0 Conclusion	31
Références	32



Liste des figures

Figure 1. Une approche intégrée coûts-bénéfices pour le delta du Salou.....	1
Figure 2. La valeur économique du delta du Saloum vue à travers une approche intégrée.....	2
Figure 3. Valeur des services écosystémiques (BAU).....	8
Figure 4. Revenu du travail rendu possible par les services du delta, en milliards de francs CFA (BAU).....	9
Figure 5. Coût des infrastructures construites, en milliards de francs CFA (BAU).....	9
Figure 6. Évaluation intégrée du delta du Saloum, en milliards de francs CFA (BAU).....	10
Figure 7. Indice de qualité des zones humides (BAU).....	11
Figure 8. Indice d'érosion des sols (BAU).....	11
Figure 9. Indice de qualité des zones humides selon différents scénarios.....	11
Figure 10. Indice d'érosion des sols selon différents scénarios.....	12
Figure 11. Instruments basés sur les performances.....	20
Figure 12. Structure bancaire de compensation.....	22
Figure 13. DBC pour le delta du Saloum.....	27
Figure 14. DBC pour le delta du Saloum, après l'atelier des parties prenantes (février 2020).....	28

Liste des tableaux

Tableau E1. Résumé de l'Analyse coûts-bénéfices intégrée, valeurs cumulées 2020-2060.....	iv
Tableau E2. Résumé de l'Analyse coûts-bénéfices intégrée, valeurs cumulées 2020-2060.....	v
Tableau 1. Coût des services de la mangroves.....	3
Tableau 2. Coût des services des zones humides.....	3
Tableau 3. Scénarios.....	4
Tableau 4. Externalités prises en compte dans l'évaluation SAVi.....	6
Tableau 5. ACB intégrée (1).....	13
Tableau 6. ACB intégrée (2).....	16
Tableau 7. Relations de cause à effet et polarité.....	25



Liste des abréviations

ACB	Analyse coûts-bénéfices
BAU	Business-as-usual (Maintien du statu quo)
CO_{2e}	Équivalent en dioxyde de carbone
CSC	Coût social du carbone
DBC	Diagramme de la boucle causale
ETP	L'équivalent temps plein (Full-time equivalent)
GES	Gaz à effet de serre
Mn	Millions
PFNL	Produit forestier non-ligneux
PIB	Produit Intérieur Brut
PV	Photovoltaïque
SAVi	Outil d'évaluation des actifs durables

Glossaire

Avantages nets : Montant cumulé des avantages monétaires accumulés par tous les secteurs et acteurs pendant la durée de vie des investissements vis-à-vis du niveau de référence, rapporté par le scénario d'intervention.

Boucle de rétroaction : selon la définition de Roberts et al. (1983), il s'agit d'un « processus par lequel une cause initiale se répercute dans une chaîne de cause à effet, pour finalement se réaffecter elle-même ».

Désagrégation verticale/horizontale des modèles : Les modèles ventilés verticalement contiennent un niveau de détail élevé au niveau sectoriel (c'est-à-dire l'énergie), tandis que les modèles ventilés horizontalement se concentrent sur la capture des interconnexions entre plusieurs secteurs et contiennent moins de détails au niveau sectoriel (PNUE, 2014).

Diagramme de boucle causale : Une représentation schématique des indicateurs et variables clés du système évalué, qui montre les liens de causalité entre eux et contribue à l'identification des boucles de rétroaction et des points d'entrée des politiques.

Dynamique des systèmes : Une méthodologie développée par J. Forrester à la fin des années 1950 (Forrester, 1961) qui consiste à créer des modèles descriptifs qui représentent les interconnexions causales entre les indicateurs clés et montrent leur contribution à la dynamique du système ainsi qu'aux questions étudiées. Les principaux piliers de la méthode de la dynamique des systèmes sont les boucles de rétroaction, les retards et la non-linéarité qui découlent de la saisie explicite des stocks et des flux (PNUE, 2014).



Indicateur : Paramètres intéressant une ou plusieurs parties prenantes qui fournissent des informations sur l'évolution des variables clés du système dans le temps et des tendances qui se dessinent dans des conditions spécifiques (Programme des Nations unies pour l'environnement [PNUE], 2014).

Méthodologie : Approche(s) théorique(s) utilisée(s) pour le développement de différents types d'outils d'analyse et de modèles de simulation. Cet ensemble de connaissances décrit à la fois les hypothèses sous-jacentes utilisées ainsi que les instruments qualitatifs et quantitatifs de collecte de données et d'estimation des paramètres (PNUE, 2014).

Modèle de simulation : Les modèles peuvent être considérés comme des cartes systémiques en ce sens qu'ils sont des simplifications de la réalité qui contribuent à réduire la complexité et décrivent, dans leur essence, le fonctionnement du système. Les modèles de simulation sont quantitatifs par nature et peuvent être construits en utilisant une ou plusieurs méthodologies (PNUE, 2014).

Optimisation : Un courant de modélisation qui vise à identifier la politique ou l'ensemble de politiques qui donnent les meilleurs résultats possibles à partir d'un ensemble d'alternatives, compte tenu d'un ensemble de critères (c'est-à-dire les paramètres à optimiser) et/ou de contraintes (c'est-à-dire le budget disponible) (PNUE, 2014).

Remise : Processus financier visant à déterminer la valeur actuelle d'une valeur monétaire future.

Scénarios : Attentes relatives à d'éventuels événements futurs utilisées pour analyser les réponses potentielles à ces nouveaux développements et ceux à venir. Par conséquent, l'analyse de scénarios est un exercice spéculatif dans lequel plusieurs alternatives de développement futur sont identifiées, expliquées et analysées afin de discuter de ce qui peut les provoquer et des conséquences que ces voies futures peuvent avoir sur notre système (par exemple, un pays ou une entreprise).

Transparence du modèle : Mesure dans laquelle la structure et les équations du modèle sont accessibles et permettent de relier directement le comportement du modèle (c'est-à-dire les résultats numériques) à des composants structurels spécifiques du modèle (PNUE, 2014).

Validation du modèle : Processus consistant à évaluer dans quelle mesure le comportement du modèle (c'est-à-dire les résultats numériques) est conforme au comportement observé dans la réalité (c'est-à-dire les statistiques nationales, les bases de données établies) et à déterminer si la structure du modèle élaboré (c'est-à-dire les équations) est acceptable pour saisir les mécanismes qui sous-tendent le système à l'étude (PNUE, 2014).

Variables de stock et de flux : "Une variable de stock représente l'accumulation et est mesurée à un moment précis dans le temps. Une variable de flux est le taux de variation du stock et est mesurée sur un intervalle de temps" (PNUE, 2014, p. 51).



1.0 Introduction

Ce rapport examine les résultats de l'évaluation des actifs durables (SAVi) du delta du Saloum. Il informe sur le travail des gouvernements locaux, des communautés locales et des organisations de la société civile dans le delta en fournissant une évaluation économique intégrée des services écosystémiques et de la manière dont ces services sont affectés par différents scénarios de développement.

L'objectif de cette évaluation SAVi est de démontrer la contribution de la zone humide du delta du Saloum au soutien des moyens de subsistance et du développement local de la région.

Premièrement, l'analyse estime la valeur des services écosystémiques fournis par la zone humide.

Deuxièmement, il simule l'impact de différents scénarios de développement.

Troisièmement, l'analyse rassemble toutes les informations dans une analyse coûts-bénéfices (ACB) intégrée (Figure 1).

Quatrièmement, l'analyse informe la discussion sur les solutions de capital mixte pour financer certains des scénarios de développement.



Figure 1. Une approche intégrée coûts-bénéfices pour le delta du Salou

A propos du delta du Saloum

Le delta du Saloum est un écosystème tropical de mangroves, riche en biodiversité, qui fournit des moyens de subsistance à plus de 100 000 habitants. Son écosystème est actuellement sous pression en raison du changement climatique et de l'utilisation non durable des forêts de mangrove. Cela a entraîné des problèmes d'érosion côtière et de salinisation, menaçant le développement local dans la région (Wetlands International, 2019).

Le delta relève en grande partie de l'administration de la région de Fatick, qui compte un total de 841'298 habitants, soit environ 5 % de la population totale du Sénégal en 2018 (République du Sénégal. Ministère, 2019). Dans les départements locaux de Fatick et de Foundiougne, le tourisme et la pêche font partie des secteurs économiques clés. Les indicateurs pour l'évaluation de SAVi sont basés sur la zone sous la juridiction du département de Foundiougne (République du Sénégal, 2017).

Le delta du Sine-Saloum a été désigné comme une réserve de biosphère par l'UNESCO en 1980 (UNESCO, s.d.) et comme site du patrimoine mondial en 2011 (UNESCO, 2011).



2.0 L'évaluation économique du delta du Saloum

La Figure 2 illustre l'approche intégrée de l'évaluation économique du delta du Saloum :

1. Le delta du Saloum fournit un ensemble de services aux communautés locales.
2. La prestation de ces services dépend d'un certain niveau de coûts de maintenance ou de réhabilitation.
3. Les services servent également un plus large éventail d'activités économiques qui elles, créent des emplois et des revenus pour une plus grande partie de la population.
4. Les infrastructures de construction peuvent remplacer certains des services écosystémiques.

L'évaluation SAVi fournit une estimation monétaire personnalisée de chacune de ces composantes. Le modèle de la dynamique des systèmes simule les indicateurs biophysiques des services écosystémiques de la zone humide et utilise des études scientifiques pour attribuer des valeurs monétaires aux différents flux des services. Nous utilisons des données locales lorsqu'elles sont disponibles. L'évaluation économique du delta du Saloum sert de scénario de base (maintien du statu quo ou « Business as usual » (BAU) pour l'évaluation SAVi.



Figure 2. La valeur économique du delta du Saloum vue à travers une approche intégrée



Hypothèses pour le calcul de la valeur économique du delta du Saloum

Coût du traitement de l'eau (nutriments)

Le coût du traitement des nutriments est basé sur le coût des infrastructures construites pour l'élimination de l'azote des eaux usées municipales. Le coût moyen par kilogramme (kg) d'azote (N) éliminé est basé sur différentes technologies de traitement et s'élève à 57,36 USD/kg d'azote (Tetrattech, 2011).

Tableau 1. Coût des services de la mangroves

Le coût des services écosystémiques des mangroves suivants est basé sur Huxham et al., 2015.

Protection contre l'érosion côtière	USD/ha/an	395
Protection contre les conditions climatiques extrêmes	USD/ha/an	35
Séquestration du carbone dans les mangroves	USD/ha/an	251
Tourisme, éducation et recherche	USD/ha/an	41

Tableau 2. Coût des services des zones humides

Le coût des services écosystémiques des mangroves suivants est basé sur Schuyt & Brander, 2004.

Aménagement/Récréation	USD/ha/an	492
Filtrage de l'eau	USD/ha/an	288
Biodiversité	USD/ha/an	214
Pépinière d'habitat	USD/ha/an	201
Approvisionnement en eau	USD/ha/an	45

Coût des produits forestiers non ligneux

L'approvisionnement et les revenus des produits forestiers non ligneux (PFNL) sont basés sur la République du Sénégal (2019). Le total des PFNL du rapport a été divisé par la superficie forestière totale pour obtenir les services écosystémiques fournis par hectare. La valeur par tonne de PFNL était constante à 15'000 CFA par tonne en 2014 et 2015.

Activité économique habilitée/Revenu du travail

Le revenu supplémentaire du travail dépend de la productivité économique du secteur et des revenus "supplémentaires" respectifs qui sont générés. En raison du contexte très rural du delta, on suppose que le revenu total de la population est égal aux revenus qui sont générés au travers de la productivité économique. Le revenu supplémentaire du travail pour tous les secteurs reflète donc les revenus supplémentaires générés au fil du temps.



3.0 Scénarios

Les scénarios sont basés sur le plan de développement régional (République du Sénégal, 2017) et ont été confirmés par les parties prenantes lors d'un atelier à Dangane en Février 2020.

Le Tableau 3 donne un résumé des scénarios et des hypothèses sous-jacentes.

Dans tous les scénarios, il y a plusieurs dynamiques clés que le modèle des dynamiques de systèmes capture. Elles sont expliquées plus en détail dans la section 6 du rapport.

Ces dynamiques clés sont :

- La population et le développement économique sont les principaux moteurs de la dégradation de l'environnement dans le delta, et le changement climatique exacerbe les effets de ceux-ci.
- La croissance démographique entraîne une augmentation de la demande de terres, de production alimentaire et de bois de chauffage. Ceci, à son tour, augmente la pression sur les écosystèmes naturels, ce qui entraîne leur continuelle dégradation.
- La dégradation des zones humides et des mangroves réduit le niveau des services fournis par les écosystèmes. Plus la dégradation est importante, plus le niveau des services que ces actifs naturels peuvent fournir est faible.

Tableau 3. Scénarios

Scénarios	Hypothèses
Agriculture durable	<p>Ce scénario convertit 20 % des terres actuellement utilisées par l'agriculture en agriculture biologique (c'est-à-dire sans utilisation d'engrais chimiques, d'herbicides ou de pesticides). La mise en œuvre de ce scénario est prévue sur une période de 10 ans (2020-2030). Le coût en capital de cet investissement est estimé à 476 USD/ha, et le coût de maintenance à 87,1 USD/ha. Il s'agit de moyennes basées sur Karanja Ng'ang'a, et al., 2017.</p> <p>La mise en œuvre de l'agriculture biologique augmente la production ainsi que l'emploi et contribue à une croissance sectorielle. L'implantation de pratiques de gestion biologiques réduit la quantité totale d'engrais chimiques appliqués, ce qui est bénéfique à la fois pour les agriculteurs et pour l'environnement. La réduction des charges d'engrais permet de diminuer l'érosion des sols, d'améliorer leur qualité et de contribuer à une meilleure productivité.</p>
Reboisement des mangroves	<p>Ce scénario met en œuvre 1'000 ha par an de reboisement de mangroves sur une période de 10 ans (2020-2030). Le coût est estimé à 1'000 USD/ha (Narayan, et al., 2016).</p> <p>Le reboisement des mangroves entraîne une augmentation du stock total de celui-ci ainsi que le maintien des services écosystémiques. L'augmentation de la couverture du sol due aux activités de reboisement contribue à réduire l'érosion des sols, tant sur la terre que sur la côte. En outre, l'augmentation de la superficie des mangroves contribue à l'augmentation de la zone fournissant des services écosystémiques.</p>



Scénarios	Hypothèses
<p>Construction de routes</p>	<p>Ce scénario prévoit la construction de 50 km de route pour étendre le réseau routier dans la région de Fatick. Le délai de mise en œuvre est de 10 ans (2020-2030). Le coût du projet est estimé à 19,6 milliards de francs CFA. L'estimation est basée sur le plan de développement régional du département de Foundiougne (République du Sénégal, Conseil départemental de Foundiougne, 2017).</p> <p>L'extension du réseau routier entraîne une amélioration de la productivité totale des facteurs et contribue à la création d'emplois et de revenus. Toutefois, la construction de routes entraîne également une déforestation accélérée (à proximité de la route), ce qui augmente la pression sur le capital naturel.</p>
<p>Les cuisinières solaires</p>	<p>Ce scénario prévoit que 30 % des ménages remplaceront le bois de chauffage pour la cuisine par des cuisinières solaires d'ici 2030. L'estimation des coûts est de 200 USD par poêle (Solar Cooking Wiki, 2014). La durée de vie du fourneau est estimée à huit ans (Mendoza et al., 2019).</p> <p>Dans le delta du Saloum, la collecte de bois de chauffage contribue à la dégradation de l'environnement et à la perte de la forêt de mangrove. L'utilisation de poêles solaires entraîne une réduction de la demande de bois de chauffage (Szulczewski, 2006) et contribue ainsi au maintien des forêts et des services écosystémiques connexes.</p>
<p>L'extraction pétrolière</p>	<p>Ce scénario simule l'impact moyen de deux déversements de pétrole (International Tanker Owners Pollution Federation Ltd [ITOPF], 2020) (ABS Consulting Inc., 2016), qui se produiront au début de la production en 2023 et en 2028. Cela entraîne une réduction du stock de mangroves saines et une perte relative des services écosystémiques.</p> <p>Ce scénario a été inclus parce qu'il existe actuellement des licences accordées pour l'extraction pétrolière offshore au niveau du delta du Saloum. Bien que les sites de forage pétrolier offshore se trouvent en dehors de la zone protégée, si des déversements de pétrole se produisent, une zone plus large comprenant le delta sera affectée.</p> <p>Les autres hypothèses qui sous-tendent ce scénario sont les suivantes : la production prévue est de 100 000 barils par jour, pour un revenu moyen de redevances de 4,11 USD/baril. La première étape de production est supposée durer 10 ans.</p>
<p>Scénarios de développement</p>	<p>Le scénario de développement suppose la mise en œuvre simultanée de toutes les options politiques mentionnées, en fonction de leurs calendriers de mise en œuvre respectifs. Ce scénario est simulé afin d'identifier les synergies et les conflits politiques potentiels qui pourraient apparaître au fil du temps. Nous faisons une distinction entre les scénarios de développement avec et sans le scénario d'extraction pétrolière.</p>



4.0 Externalités

Le tableau 4 passe en revue les externalités qui ont été calculées pour chacun des scénarios. Le calcul est basé sur une revue de la littérature académique ainsi que des informations accessibles au public.

Tableau 4. Externalités prises en compte dans l'évaluation SAVi

Externalités	
	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts évités des émissions de gaz à effet de serre (GES) • Coûts évités des engrais • Coûts évités du bois de chauffage • Revenus du travail • Valeur des services écosystémiques • Revenus d'extraction pétrolière

Coûts évités des émissions de GES

Le coût social du carbone (CSC) représente le coût économique causé par une tonne supplémentaire de dioxyde de carbone ou son équivalent (CO_{2e}). Il peut être considéré comme la valeur actualisée du bien-être économique résultant d'une unité supplémentaire d'émission de dioxyde de carbone (Nordhaus, 2017). Les émissions du cycle de vie sont ici prises en compte en plus des émissions de CO_{2e} pendant la phase opérationnelle d'un actif. Le cycle de vie tient compte du carbone intégré à la fois dans la capacité et dans les émissions de carbone résultant de la production d'électricité. Le CSC pour la capacité renouvelable provient donc des émissions de CO_{2e} de la capacité de fabrication. Le CSC est estimé à 31 USD par tonne d'émissions de CO_{2e} . Comme indiqué dans Nordhaus (2017), nous avons utilisé une augmentation annuelle de 3 % du coût du CSC.

Coûts évités des engrais

Le coût évité des engrais est estimé en comparant le coût total des engrais chimiques dans le scénario BAU au coût total des engrais chimiques dans les autres scénarios. Les changements d'utilisation des engrais sont causés par des changements dans la productivité agricole, des changements dans la couverture des terres (érosion des sols) et des pratiques de gestion des terres.

Coûts évités du bois de chauffage

Le coût évité du bois de chauffage est estimé en comparant le coût total du bois de chauffage dans le scénario BAU au coût du bois de chauffage dans les autres scénarios. L'évolution du bois de chauffage est influencée par l'utilisation des cuisinières solaires et d'autres mesures visant à promouvoir différents combustibles ou à réduire la déforestation. Le coût du bois de chauffage est estimé à 221,6 CFA/m³ (République du Sénégal, 2019).



Valeur des services écosystémiques

Pour l'évaluation de la valeur des services écosystémiques, voir la section 2.

Pour l'élimination de l'azote, l'hypothèse de calcul de l'externalité est basée sur Hernández-Sancho et al. (2010), et non sur la valeur des infrastructures d'assainissement.

Le montant de l'élimination de l'azote est estimé sur la base de la quantité d'azote éliminée (40 % des charges supposées) par la zone humide. Une valeur de 4,6 euros (5,06 USD) par kg d'azote est appliquée sur la base de Hernández-Sancho et al. (2010). Cette estimation est basée sur un coût fictif des polluants s'ils sont rejetés dans l'environnement, en fonction de la masse d'eau réceptrice. La valeur de 4,6 euros par kg d'azote représente le coût du rejet d'azote en haute mer.



5.0 Résultats

5.1 Simulation du scénario de base

Les chiffres suivants correspondent aux quatre composantes de l'évaluation économique intégrée du delta du Saloum :

- Valeur des services écosystémiques (Figure 3)
- Valeur du revenu du travail rendu possible par les services fournis par le delta (Figure 4)
- Valeur du coût de maintenance et de réhabilitation (aucune donnée disponible pour cette évaluation)
- Valeur du coût des infrastructures construites qui peuvent remplacer certains services écosystémiques (Figure 5)

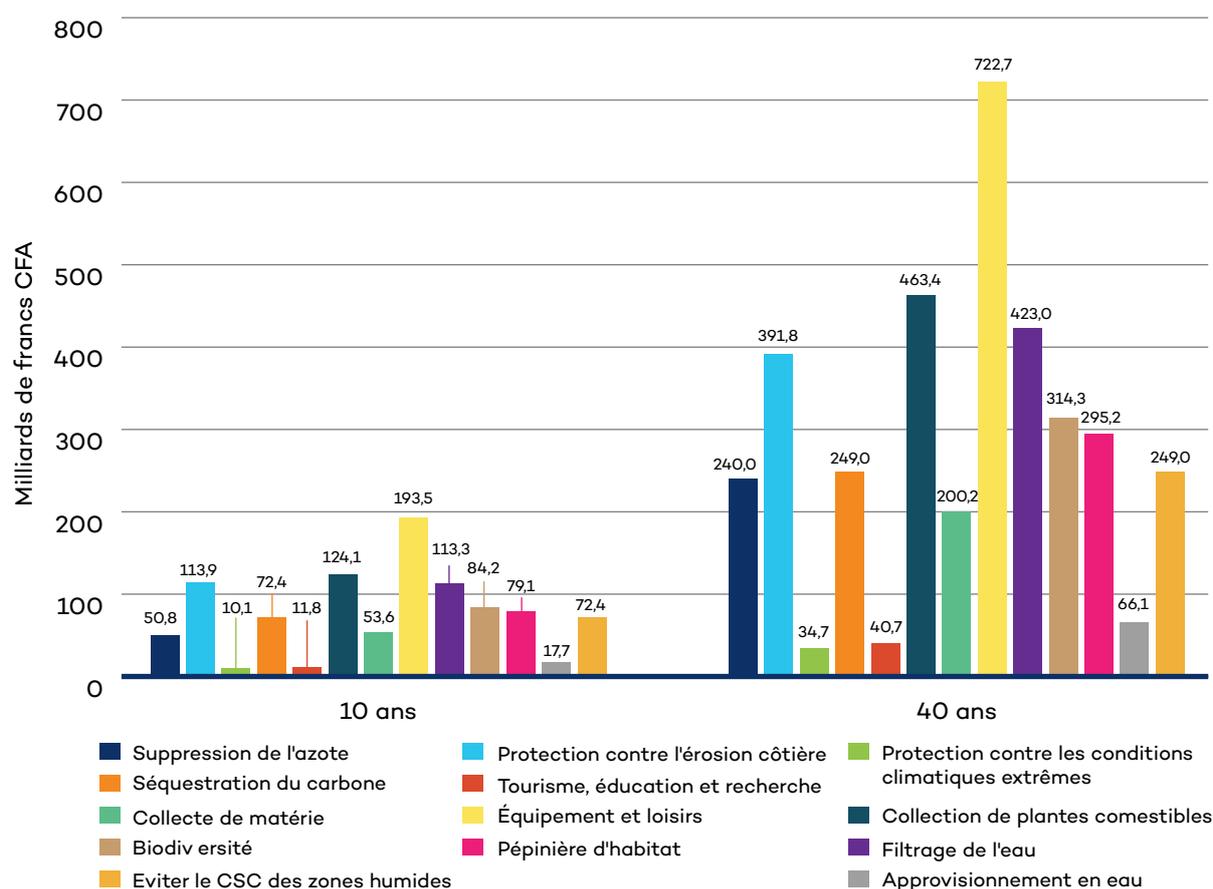


Figure 3. Valeur des services écosystémiques (BAU)

La Figure 3 montre la valeur des services écosystémiques sur 10 ans et sur 40 ans selon un scénario BAU en milliards de francs CFA.

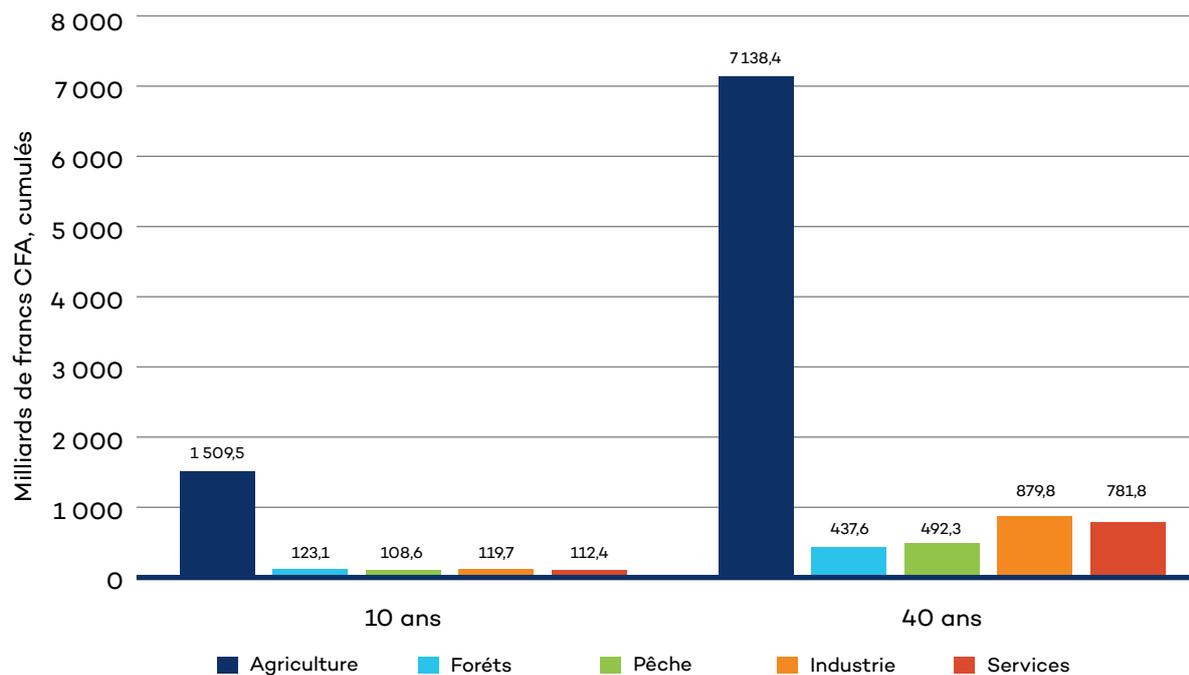


Figure 4. Revenu du travail rendu possible par les services du delta, en milliards de francs CFA (BAU)

La Figure 4 illustre les gains du secteur agricole grâce aux services écosystémiques fournis par le delta.

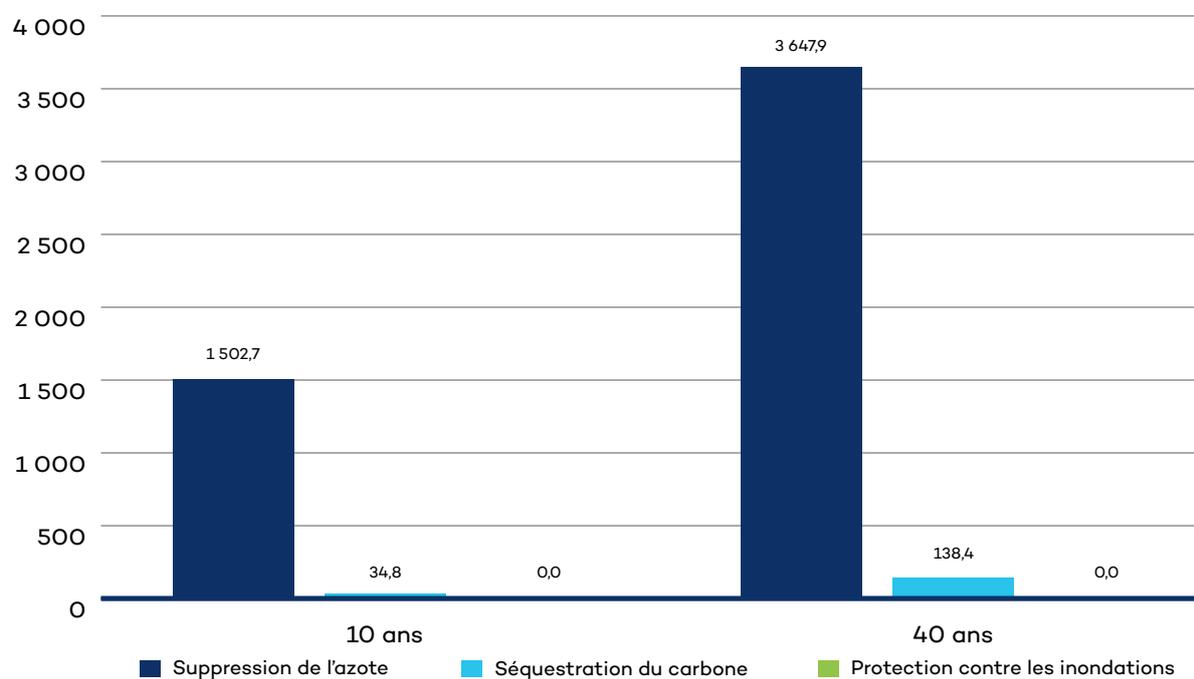


Figure 5. Coût des infrastructures construites, en milliards de francs CFA (BAU)



La Figure 5 montre que le coût du traitement des eaux usées pour l'élimination des nutriments s'élève à 1'503 milliards de francs CFA sur 10 ans et à 3'648 milliards de francs CFA sur 40 ans. Cela illustre l'ampleur de la valeur du service particulier que le delta fournit actuellement, et l'investissement nécessaire dans le cas où ce service se dégrade ou est perdu. Nous n'avons pas pu obtenir de données pour la protection contre les inondations. Pour la séquestration du carbone, le coût des infrastructures construites qui permettent d'économiser le même niveau d'émissions de GES est estimé à 34,8 milliards de francs CFA sur 10 ans, et à 138,4 milliards de francs CFA sur 40 ans.

Enfin, la figure 6 fournit une vue d'ensemble intégrée. Nous n'avons pas obtenu de données permettant le calcul des coûts de maintenance ou de réhabilitation.

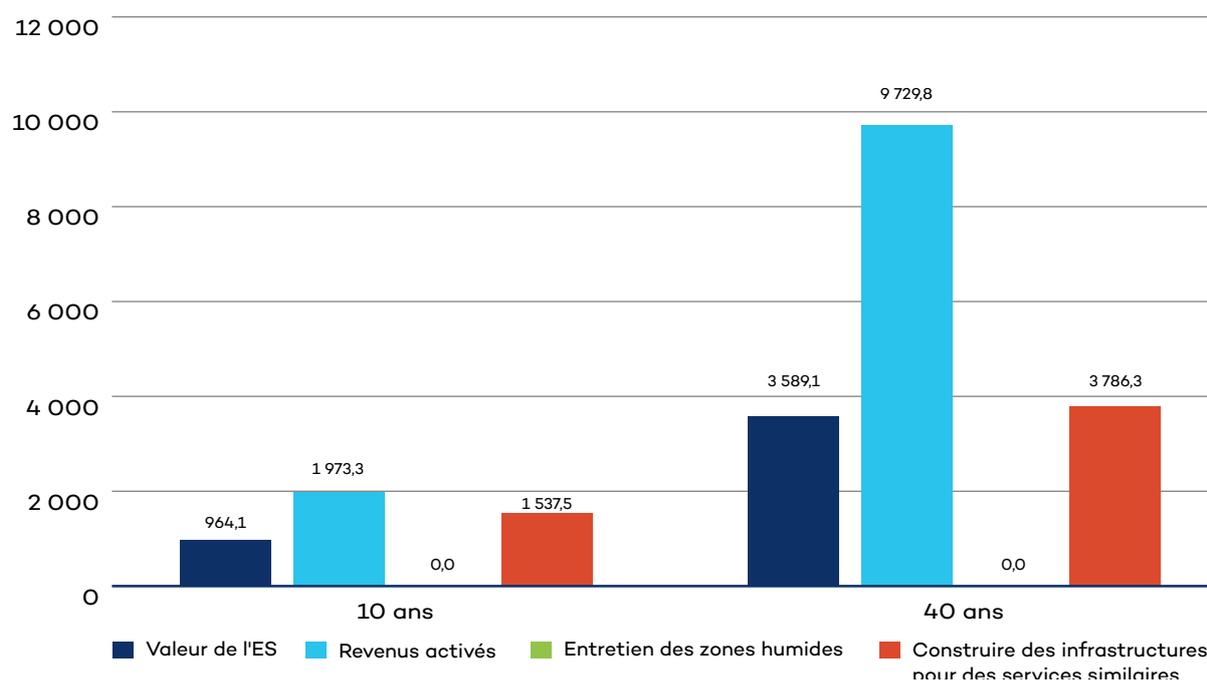


Figure 6. Évaluation intégrée du delta du Saloum, en milliards de francs CFA (BAU)

5.2 Qualité des zones humides et indice d'érosion des sols

L'indice de qualité des zones humides et l'indice d'érosion des sols indiquent l'état de la dégradation du delta du Saloum qui se produira dans le cadre du BAU si aucune intervention n'a lieu. Chaque scénario simulé a de multiples impacts différents sur les états de dégradation et donne ainsi une idée de leurs étendues.

La figure 7 montre l'indice de qualité des zones humides dans le cadre du scénario BAU. Les facteurs sous-jacents de l'indice de qualité des zones humides sont : la taille des terres couvertes de forêts et de mangroves, la taille de la zone humide et l'utilisation d'engrais chimiques.

Dans le modèle de simulation, l'indice est utilisé comme un multiplicateur que nous utilisons pour prévoir l'impact des différents scénarios sur la qualité de la zone humide et l'érosion des sols (voir figures 9 et 10).

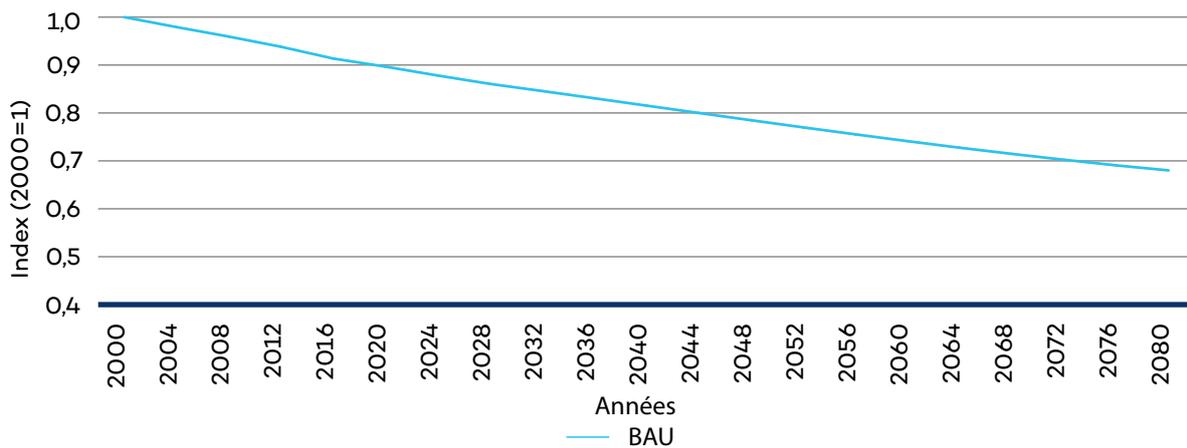


Figure 7. Indice de qualité des zones humides (BAU)

La figure 8 montre l'indice d'érosion des sols. Les facteurs sous-jacents de l'indice d'érosion des sols sont : les terres couvertes de forêts et de mangroves, l'utilisation d'engrais chimiques et les précipitations saisonnières.

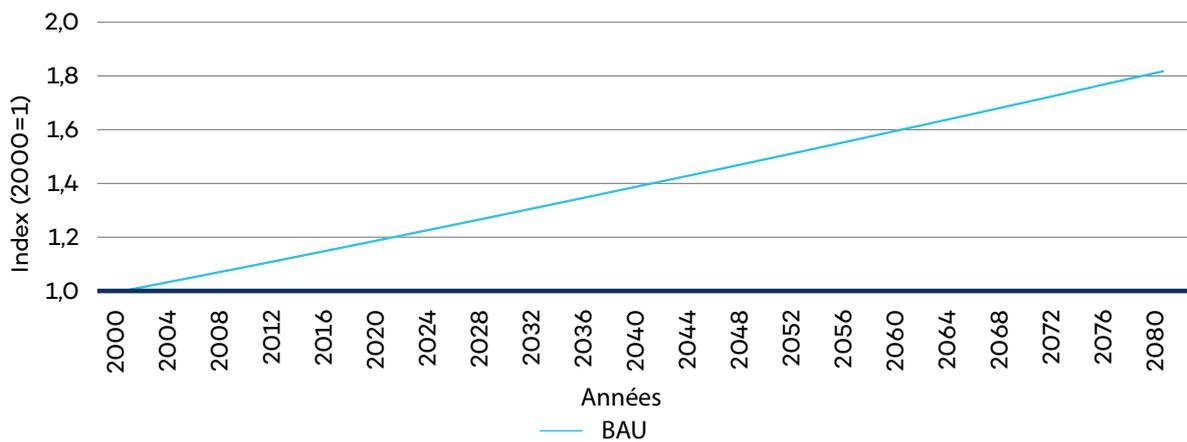


Figure 8. Indice d'érosion des sols (BAU)

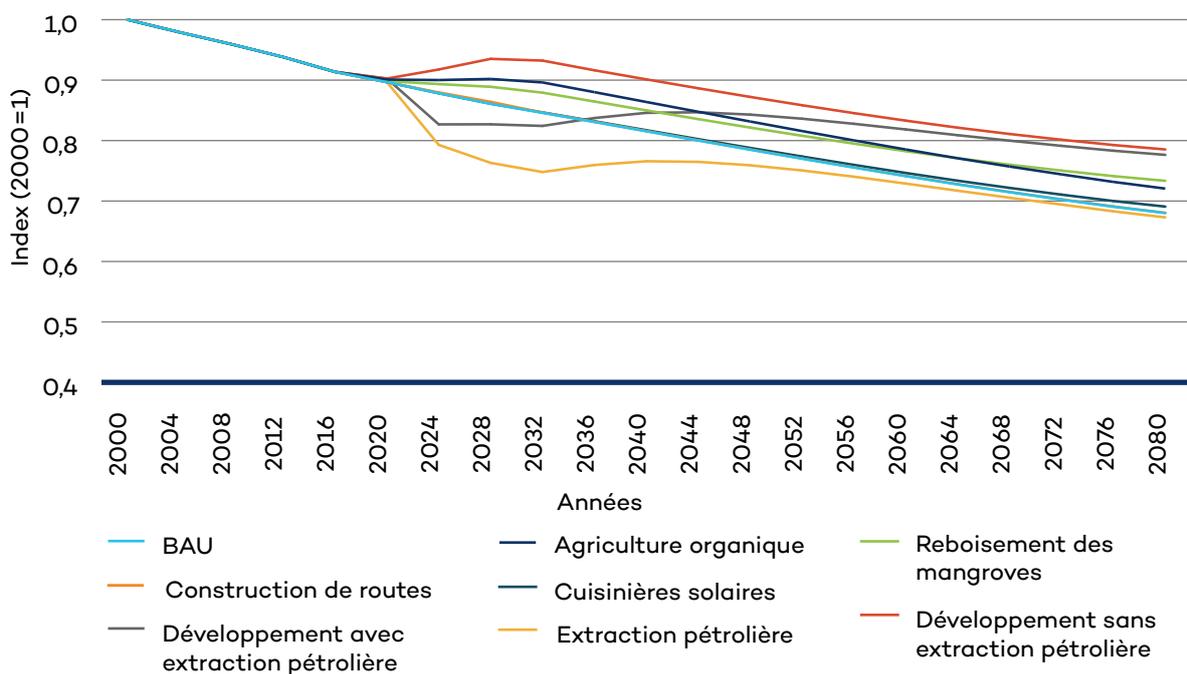


Figure 9. Indice de qualité des zones humides selon différents scénarios



La figure 9 montre que les cuisinières solaires et la construction de routes ont peu ou pas d'effets sur la dégradation de la zone humide qui a lieu dans le cadre du scénario BAU. Des interventions telles que l'agriculture biologique, le reboisement des mangroves ou une combinaison des scénarios de développement (excluant l'extraction pétrolière) réduisent la dégradation globale de la qualité des zones humides, mais aucune n'inverse la courbe de diminution de la qualité. Le scénario d'extraction pétrolière qui simule l'impact de deux déversements de pétrole a fait baisser la qualité d'avantage que dans un scénario BAU, mais après 2040, la qualité des zones humides se rétablit. Le scénario de développement (incluant l'extraction pétrolière) a un impact moins négatif, car les conséquences de l'extraction pétrolière sont atténuées grâce à l'impact positif des autres scénarios.

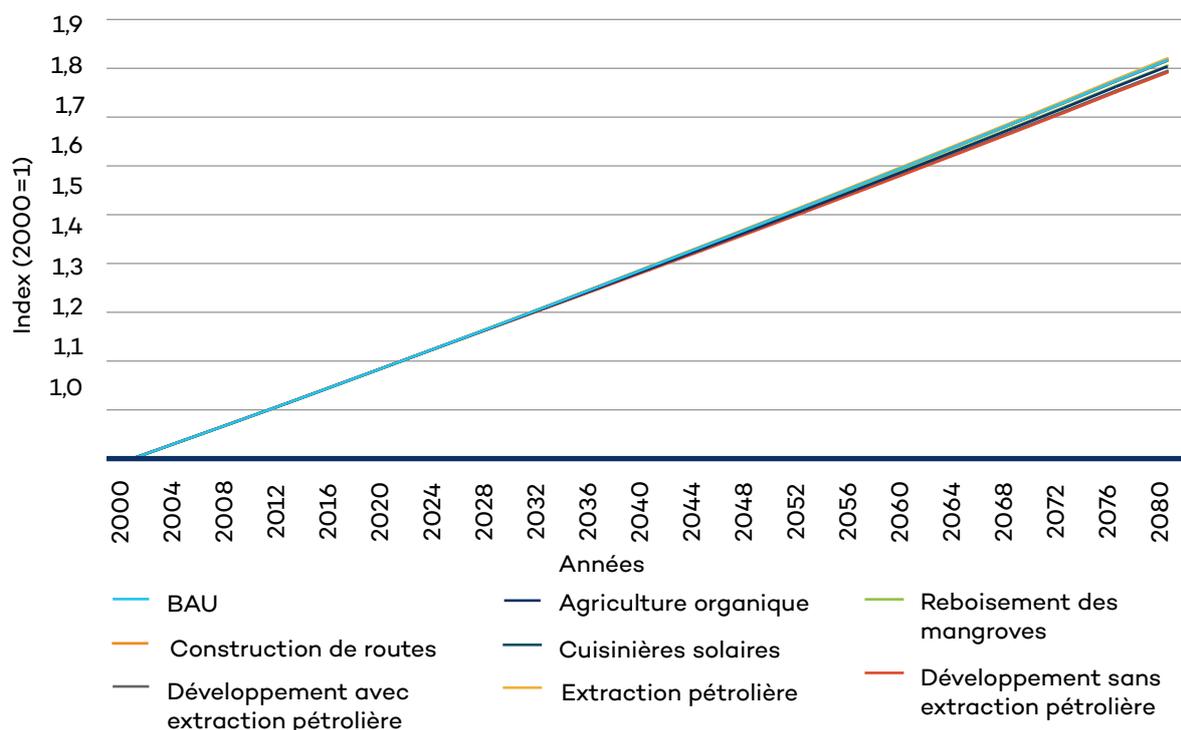


Figure 10. Indice d'érosion des sols selon différents scénarios

La Figure 10 démontre qu'aucun scénario d'intervention n'augmente de manière significative l'érosion des sols.

5.3 Analyse coûts-bénéfices intégrée

Le tableau 5 donne un aperçu de l'ACB intégrée avec des valeurs cumulées sur 40 ans. Tous les scénarios génèrent des résultats nets positifs.

Coûts évités :

- L'agriculture biologique, la reforestation des mangroves et les fours solaires ont permis d'éviter des coûts importants vis-à-vis de la réduction des émissions de GES si l'on compare au scénario BAU.
- La construction de routes et l'extraction pétrolière ont l'effet inverse et génèrent plus de coûts liés aux émissions de GES en raison de la nature de leur activité.



- La construction de routes améliore l'accès au marché, ce qui accroît les revenus et les profits des agriculteurs. Cela entraîne une diminution de l'utilisation d'engrais car les agriculteurs n'ont pas besoin d'en utiliser autant pour générer un montant de revenus et de bénéfices similaire. Il ne s'agit probablement que d'un effet à court terme.
- L'extraction pétrolière a un impact négatif sur les services écosystémiques, nécessitant davantage d'engrais pour maintenir un niveau de production suffisant.

Avantages supplémentaires :

- Chaque scénario génère des bénéfices supplémentaires, dont par exemple, les revenus de l'extraction pétrolière sont très importants. L'impact sur la valeur des services écosystémiques de l'extraction pétrolière est cependant très négatif et réduit les revenus du travail dans l'industrie.
- La restauration des mangroves améliore la performance de l'écosystème pour la protection contre l'érosion côtière et les événements climatiques extrêmes tout en offrant une séquestration du carbone. En incluant le montant des bénéfices du tourisme, de l'éducation et de la recherche, le montant s'élève à 154'031 millions de francs CFA par rapport à une situation où aucune mesure ne serait prise pour restaurer les mangroves.
- L'agriculture biologique améliore les performances des services écosystémiques des zones humides d'un montant d'environ 128'530 millions de francs CFA.

Tableau 5. ACB intégrée (1)

Analyse coûts-bénéfices intégrée (en millions de francs CFA)	Agriculture biologique	Reboisement des mangroves	Construction de routes	Cuisinières solaires	Extraction pétrolière
Investissement et Maintenance					
Agriculture biologique	951	0	0	0	0
<i>Capital</i>	633	0	0	0	0
<i>Coût d'exploitation et de maintenance</i>	318	0	0	0	0
Restauration des mangroves	0	10	0	0	0
<i>Capital</i>	0	10	0	0	0
<i>Coût d'exploitation et de maintenance</i>	0	0	0	0	0
Construction de routes	0	0	19 625	0	0
<i>Capital</i>	0	0	19 625	0	0
<i>Coût d'exploitation et de maintenance</i>	0	0	0	0	0
Cuisinières solaires efficaces	0	0	0	2 758	0
<i>Capital</i>	0	0	0	330	0



Analyse coûts-bénéfices intégrée (en millions de francs CFA)	Agriculture biologique	Reboisement des mangroves	Construction de routes	Cuisinières solaires	Extraction pétrolière
<i>Coût d'exploitation et de maintenance</i>	0	0	0	2 429	0
Investissement total et Maintenance (1)	951	10	19 625	2 758	0
Coûts évités					
Le coût social du carbone	18 033	12 986	-18 737	33 620	-15 038
<i>De l'utilisation du bois de chauffage</i>	0	0	0	31 091	0
<i>De la séquestration dans la zone humide</i>	7 655	5 753	149	363	-14 886
<i>Des tracteurs</i>	0	0	0	0	0
<i>Des émissions d'origine terrestre</i>	10 379	7 232	0	2 166	-152
<i>De la construction et de l'entretien des routes</i>	0	0	-18 886	0	0
Coût des engrais	12 671	-10	259	0	-1 602
Bois de chauffage non-utilisé	0	0	0	33	0
Sous-total (2)	30 705	12 976	-18 478	33 653	-16 640
Avantages supplémentaires					
Revenus du travail	269 442	10 076	297 258	261	64 643
<i>Revenu du travail dans l'agriculture</i>	230 869	1 552	111 936	70	68 444
<i>Revenu du travail dans la sylviculture (à l'exclusion des PFNL)</i>	0	0	0	-33	-1
<i>Revenu du travail dans le secteur de la pêche¹</i>	0	0	0	0	0
<i>Revenu du travail dans l'Industrie</i>	26 534	1 428	113 636	156	-30 069
<i>Revenu du travail dans les Services</i>	12 039	690	71 687	69	26 269

¹ Le modèle ne prévoit pas les changements dans les revenus du travail de la pêche, car la demande de la population est presque constante, et les stocks de poissons restent également constants (en l'absence de données prouvant le contraire). L'extraction pétrolière a potentiellement un impact négatif sur les stocks de poissons, mais aucune donnée n'était disponible.



Analyse coûts-bénéfices intégrée (en millions de francs CFA)	Agriculture biologique	Reboisement des mangroves	Construction de routes	Cuisinières solaires	Extraction pétrolière
<i>Revenus du travail provenant des interventions</i>	0	6 406	0	0	0
Valeur des SE fournis	118 687	257 148	2 298	11 789	-297 112
<i>Suppression de l'azote (N)</i>	-9 842	7	-200	0	-8 960
<i>De la mangrove</i>	0	154 031	0	4 483	-38 158
<i>Protection contre l'érosion côtière</i>	0	84 269	0	2 452	-20 876
<i>Protection contre les conditions climatiques extrêmes</i>	0	7 467	0	217	-1 850
<i>Séquestration du carbone</i>	0	53 548	0	1 559	-13 265
<i>Tourisme, éducation et recherche</i>	0	8 747	0	255	-2 167
<i>De la zone humide</i>	128 530	96 606	2 499	6 087	-249 951
<i>Collection de plantes comestibles</i>	23 967	18 015	466	1 135	-46 608
<i>Collecte de matériel</i>	10 353	7 782	201	491	-20 133
<i>Équipement et loisirs</i>	37 378	28 094	725	1 769	-72 693
<i>Filtrage de l'eau</i>	21 881	16 446	426	1 037	-42 551
<i>Biodiversité</i>	16 259	12 221	316	770	-31 618
<i>Pépinière d'habitat</i>	15 271	11 478	297	723	-29 698
<i>Approvisionnement en eau</i>	3 419	2 570	67	162	-6 649
<i>De produits forestiers non ligneux</i>	0	6 504	0	1 219	-43
Les revenus d'extraction pétrolière	0	0	0	0	554 586 209
Sous-total (3)	388 129	267 224	299 556	12 051	554 353 740
Résultat net (2) + (3) - (1)	417 883	280 190	261 453	42 946	554 337 101



Le Tableau 6 présente les résultats des deux autres scénarios qui ont été retenus :

1. Tous les scénarios ci-dessus, à l'exception de l'extraction pétrolière.
2. Tous les scénarios ci-dessus, y compris l'extraction pétrolière.

Le tableau 6 illustre les compromis que les décideurs politiques et les parties prenantes doivent évaluer lorsqu'ils investissent dans le développement économique. Si les services écosystémiques apportent une foule de bénéfices à long terme, le potentiel de revenus beaucoup plus élevés à court terme (extraction pétrolière) prime toujours.

Les projets d'extraction pétrolière sont d'intérêt national. Leurs impacts négatifs sont surtout ressentis localement, comme dans le cas du delta du Saloum. Selon ce modèle de simulation, les bénéfices devraient être supérieurs aux coûts, car il n'inclut pas les coûts des émissions liées au transport ou à la combustion du pétrole, ni les coûts des impacts supplémentaires sur les infrastructures tels que la déforestation pour la construction de pipelines.

Tableau 6. ACB intégrée (2)

Analyse coûts-bénéfices intégrée (mn CFA)	Scénarios de développement sans extraction pétrolière	Scénarios de développement avec extraction pétrolière
Coûts		
Agriculture biologique	951	951
<i>Capital</i>	633	633
<i>Coût de maintenance</i>	318	318
Restauration de la mangrove	10	10
<i>Capital</i>	10	10
<i>Coût de maintenance</i>	0	0
Construction de routes	19 625	19 625
<i>Capital</i>	19 625	19 625
<i>Coût de maintenance</i>	0	0
Cuisinières solaires efficaces	2 758	2 758
<i>Capital</i>	330	330
<i>Coût de maintenance</i>	2 429	2 429
Sous-total (1)	23 344	23 344
Coûts évités		
Le coût social du carbone	46 044	29 451
<i>De l'utilisation du bois de chauffage</i>	31 091	31 091
<i>De la séquestration dans la zone humide</i>	14 061	-2 359
<i>Des tracteurs</i>	0	0
<i>Des émissions d'origine terrestre</i>	19 777	19 605
<i>De la construction et de l'entretien des routes</i>	-18 886	-18 886



Analyse coûts-bénéfices intégrée (mn CFA)	Scénarios de développement sans extraction pétrolière	Scénarios de développement avec extraction pétrolière
Coût des engrais	12 640	11 111
Bois de chauffage non-utilisé	33	33
Sous-total (2)	58 717	40 596
Avantages supplémentaires		
Revenu du travail	587 036	656 356
<i>Revenu du travail dans l'agriculture</i>	349 133	419 984
<i>Revenu du travail dans la sylviculture (à l'exclusion des PFNL)</i>	-33	-33
<i>Revenu du travail dans le secteur de la pêche</i>	0	0
<i>Revenu du travail dans l'Industrie</i>	145 594	114 462
<i>Revenu du travail dans les Services</i>	85 802	115 208
<i>Revenus du travail provenant des interventions</i>	6 541	6 736
Valeur des ES fournis	392 527	68 430
<i>Suppression de l'azote</i>	-9 817	-18 400
<i>De la mangrove</i>	158 516	115 586
<i>Protection contre l'érosion côtière</i>	86 723	63 236
<i>Protection contre les conditions climatiques extrêmes</i>	7 684	5 603
<i>Séquestration du carbone</i>	55 107	40 183
<i>Tourisme, éducation et recherche</i>	9 002	6 564
<i>De la zone humide</i>	236 106	-36 430
<i>Collection de plantes comestibles</i>	44 027	-7 388
<i>Collecte de matériel</i>	19 019	
<i>Équipement et loisirs</i>	68 664	-11 524
<i>Filtrage de l'eau</i>	40 195	-6 745
<i>Biodiversité</i>	29 867	-5 012
<i>Pépinière d'habitat</i>	28 053	-4 708
<i>Approvisionnement en eau</i>	6 280	-1 054
<i>De produits forestiers non ligneux (PFNL)</i>	7 723	7 674
Les revenus d'extraction pétrolière	0	554 586 209
Sous-total (3)	979 563	555 310 996
Résultat net (2) + (3) - (1)	1 014 936	555 328 247



6.0 Idées préliminaires sur le financement mixte (« blended finance »)

Les chapitres précédents de ce rapport présentent des arguments solides aux parties prenantes, en faveur d'une amélioration de la diversité des services écosystémiques dans le delta du Saloum. Une impulsion supplémentaire vient du fait que le réchauffement de la planète et le changement climatique continueront à exacerber la sécheresse qui sévit dans le delta et autour de celui-ci, et que son importance en tant que source d'eau naturelle et peu coûteuse ne doit pas être négligée.

Les parties prenantes s'inquiètent également du fait que l'élévation du niveau de la mer (à nouveau exacerbée par le réchauffement climatique) accentue l'érosion côtière et la salinisation des réserves d'eau souterraine. Les services écosystémiques du delta sont particulièrement importants car la zone administrative de Foundiougne est peut-être la plus grande source de produits agricoles du pays. L'importance du delta du Saloum pour assurer les cycles hydrologiques et la disponibilité de l'eau pour l'irrigation et l'usage municipal est incontestée.

Cependant, le maintien de la productivité du delta nécessite des fonds, or il est souvent difficile d'identifier les possibilités de garantir et de maintenir le financement. Cette section explore une série d'opportunités en adéquation avec l'évaluation économique des services écosystémiques de la zone humide que nous avons calculée. Ces possibilités sont les compensations carbone, les instruments de paiement à la performance, les banques d'atténuation, les inventaires des actifs naturels et les programmes de financement communautaires.

6.1 Compensation des émissions de carbone

Une compensation carbone fait référence à une réduction des émissions de gaz à effet de serre ou à une augmentation du stockage du carbone qui est utilisé pour compenser les émissions faites ailleurs. Les compensations sont mesurées en tonnes d'équivalent de dioxyde de carbone (CO_{2e}) : Une tonne de compensation carbone représente la réduction d'une tonne de dioxyde de carbone ou d'autres gaz à effet de serre équivalents tels que le méthane.

Les compensations sont fournies par des projets et des activités sur le terrain qui réduisent les émissions de carbone, tels que des projets d'énergie renouvelable (par exemple, des parcs éoliens, des usines de biogaz), des projets d'efficacité énergétique (par exemple, des cuisinières améliorées) ou des projets qui augmentent le stockage du carbone (par exemple, le reboisement). L'impact de ces projets visant la réduction des émissions est généralement calculé, mesuré et vérifié par une tierce partie (Broekhoff et al., 2019).

Il existe deux marchés pour les compensations carbone : le grand marché de conformité et le petit marché volontaire. Sur le marché de conformité, les entreprises ou les gouvernements achètent des compensations carbone afin de se conformer aux réglementations sur la quantité totale de dioxyde de carbone qu'ils sont autorisés à émettre. Ces plafonds d'émissions peuvent, par exemple, s'appliquer aux entreprises dans le cadre du Système d'échange de quotas d'émission de l'UE (SEQE-UE). En 2018, environ 44 milliards de dollars de compensations carbone ont été achetés sur le marché de conformité, ce qui représente environ 11 milliards de tonnes de réductions d'émissions de CO_{2e} (Banque mondiale, 2019). Sur le marché volontaire, les entreprises, les particuliers ou les gouvernements peuvent acheter des compensations carbone pour compenser leurs émissions de gaz à effet de serre. Par exemple, ils peuvent compenser leurs émissions liées



aux voyages en avion ou à la consommation d'électricité. En 2016, des compensations carbone d'une valeur d'environ 190 millions de dollars ont été échangées, ce qui représente une réduction des émissions d'environ 60 millions de tonnes de CO_{2e} (Hamrick & Gallant, 2017).

Un concept essentiel pour comprendre le fonctionnement des compensations carbone est appelé "additionnalité". Un projet peut être utilisé pour des compensations carbone mais seulement dans le cas où il serait additionnel, ce qui signifie que sa mise en œuvre serait liée à la réception de fonds par la vente de compensations. Par exemple, on ne peut pas vendre des compensations pour une forêt qui existe déjà et qui séquestre du carbone, car cela n'est pas additionnel. Seules les mesures supplémentaires telles que le reboisement peuvent donner droit à des compensations carbone.

Les compensations carbone peuvent être un moyen viable de lever des fonds pour améliorer et maintenir les services écosystémiques du delta du Saloum. Les parties prenantes devront identifier les activités de conservation qui augmenteront la séquestration du carbone par les zones humides. Les mesures permettant cette "séquestration supplémentaire" peuvent ensuite être financées par la vente de compensations. Pour que cela fonctionne, il est essentiel de vérifier que les projets seront effectivement réalisés et qu'ils conduiront à la séquestration supplémentaire promise. La crédibilité des projets de réduction des émissions peut être vérifiée grâce à une norme sur la performance carbone. Les programmes qui administrent ces normes remplissent trois fonctions : « (1) ils élaborent et approuvent des normes qui fixent des critères de qualité des crédits de compensation carbone ; (2) ils examinent les projets de compensation par rapport à ces normes (généralement avec l'aide de vérificateurs tiers) ; et (3) ils exploitent des systèmes de registres qui émettent, transfèrent et retirent des crédits de compensation » (Broekhoff et al., 2019).

Nous recommandons aux parties prenantes de s'impliquer davantage vis-à-vis des deux principaux standards, le « Verified Carbon Standard » (Verra, s.d.) ou le « Gold Standard » (Gold Standard, s.d.), pour les explorer plus en détails. Ces deux normes permettent aux projets certifiés de transformer leurs réductions et leurs absorptions d'émissions de GES en compensations carbone négociables. Les deux normes indiquent également qu'elles ont chacune certifié plus de 1 500 projets qui ont réduit ou éliminé plus de 200 millions de tonnes de CO_{2e} de l'atmosphère.

Ce rapport fournit des estimations du potentiel actuel et futur de séquestration du carbone dans le delta du Saloum. Ces estimations peuvent fournir un point de départ pour explorer la conception d'un programme de compensation carbone. Une entité ad hoc pourrait devoir être créée pour administrer et gérer les futurs engagements. Cette entité spéciale serait alors chargée d'administrer la vente des compensations, de superviser le décaissement des fonds et de fournir des comptes vérifiés sur la séquestration du carbone.

6.2 Instruments de rémunération à la performance

Ces instruments sont également connus sous le nom de financement basé sur les résultats, de financement basé sur la production ou d'obligations à impact (social ou autre) (« Impact Bonds »). Le financement est lié à des avantages sociaux ou environnementaux mesurables. Une obligation d'impact comprend généralement cinq parties prenantes (Instiglio, 2020), voir figure 11 :

1. Un payeur de résultats (par exemple, une fondation ou une agence gouvernementale) qui conclut un contrat afin de payer pour des produits et des résultats sociaux spécifiques et mesurables.
2. Un prestataire de services qui s'efforce de fournir ces résultats de manière flexible.



3. Un ou plusieurs investisseurs (par exemple, des particuliers, des fondations ou des sociétés d'investissement) qui fournissent aux prestataires de services un fonds de roulement initial.
4. Un évaluateur indépendant, qui évalue les résultats du programme.
5. Une organisation (par exemple, une structure ad hoc ou une entité fiduciaire) qui gère le projet.

Dans un modèle d'obligations à impact (« Impact Bonds »), un investisseur procure un financement initial pour les opérations d'un fournisseur de services et reçoit un retour du payeur, une fois les résultats obtenus. Si le programme a été couronné de succès et que les objectifs ont été atteints, le payeur rembourse le fonds de roulement plus un retour sur investissement à l'investisseur. Si les objectifs ne sont pas atteints, les investisseurs perdent leur argent ou ne sont que partiellement remboursés de leurs investissements et ne reçoivent pas de paiements d'intérêts. En outre, le prestataire de services peut être tenu de rembourser tout ou partie du fonds de roulement. D'autre part, si les résultats sont atteints, le prestataire de services peut avoir droit à une prime. La théorie des obligations à impact (« Impact Bonds ») est que les parties prenantes ont un intérêt financier important dans les résultats obtenus et que les risques sont transférés des payeurs aux investisseurs privés (Ecorys UK, n.d. ; Instiglio, 2020).

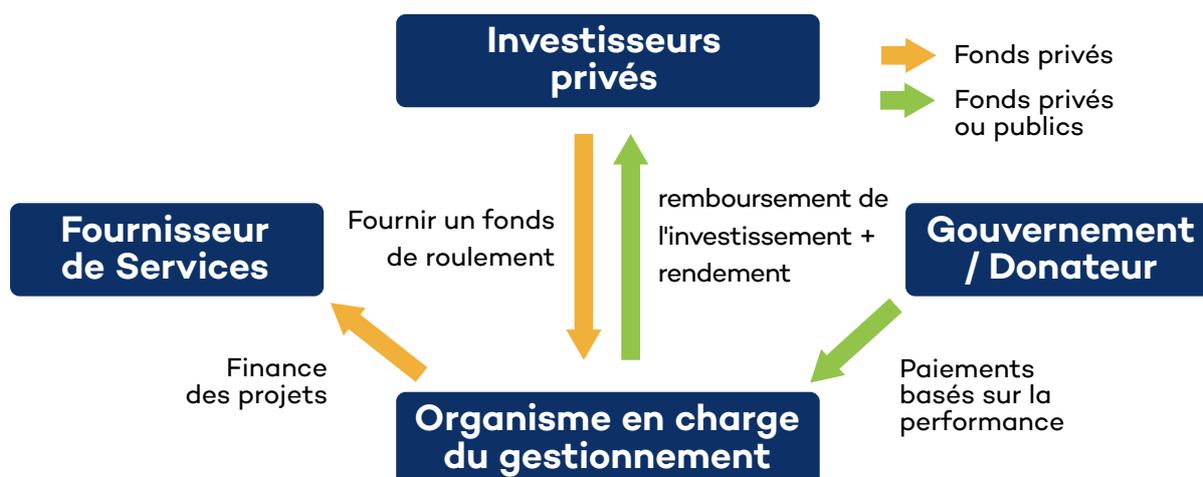


Figure 11. Instruments basés sur les performances

Source : Chiffre de l'auteur, basé sur Roy et al, 2018.

Les instruments basés sur la performance, tels que les obligations à impact (« Impact Bonds »), nécessitent une base de données solide et un historique encore plus solide pour pouvoir être utilisés. Premièrement, le prestataire de services doit démontrer qu'il a les capacités de fournir le service requis dans le budget et délais impartis. Deuxièmement, la diligence raisonnable en matière de garanties d'impact exige également que toutes les parties prenantes disposent d'informations vérifiées et comparables sur le coût de la prestation du service et sur l'évolution de ce coût à l'avenir. Troisièmement, les résultats visés doivent être quantifiés et vérifiables. Quatrièmement, une structure ad hoc ayant les capacités de lancer et d'administrer le programme, d'assurer la liaison avec toutes les parties, de déboursier les fonds, de contrôler et de rendre compte des résultats doit être mise en place.



Dans le cas du delta du Saloum, il serait (par exemple) nécessaire de savoir :

- Quels sont les services écosystémiques fournis aujourd'hui, et à quel prix ? (Par exemple, en ce qui concerne la séquestration du carbone ou la protection contre les inondations)
- Peuvent-ils être fournis à l'avenir et à quels coûts ?
- Comment ces services augmenteront-ils ou diminueront-ils en fonction du changement climatique et d'autres risques prévisibles ?

Les résultats de l'évaluation SAVi fournissent un point de départ pour les instruments financiers basés sur la production. Comme l'évaluation quantifie les services écosystémiques de base actuellement fournis par le delta du Saloum et prévoit le développement de ceux-ci pour les scénarios futurs, elle peut servir de base pour entamer des discussions avec des fonds axés sur les résultats et des fournisseurs de services. Une diligence raisonnable supplémentaire serait toutefois nécessaire en ce qui concerne le régime foncier, les bénéficiaires, la définition des résultats vérifiables, et bien plus encore. Il existe également un risque très réel concernant la mesure dans laquelle les règles de préservation et de restauration pourraient être gravement entravées par le changement climatique et le forage pétrolier en mer.

Les obligations d'impact (« Impact Bonds ») et autres instruments basés sur la performance sont de plus en plus souvent testés et éprouvés dans de nombreux secteurs, notamment la conservation, les soins de santé, l'éducation et l'adaptation au climat. L'encadré ci-dessous donne un exemple de l'utilisation des obligations d'impact Rhino dans le secteur de la conservation.

RHINO IMPACT BOND

En 2019, une coalition d'organisations de la société civile a lancé un "Rhino Impact Bond" dans le but de protéger la population de rhinocéros, qui est gravement décimée par le braconnage. Comme les ressources financières actuelles sont insuffisantes pour protéger les rhinocéros et que les mesures de protection doivent réagir de manière dynamique à l'évolution du braconnage, le "Rhino Bond" cherche à augmenter les moyens financiers et à fournir une flexibilité nécessaire. Il vise à augmenter la population de rhinocéros noirs de 10 % au niveau mondial (United for Wildlife, s.d. ; Srivastava, 2019).

Les investisseurs apporteront 50 millions de dollars en capital pour des projets de protection des rhinocéros au Kenya et en Afrique du Sud. Si les prestataires de services atteignent l'objectif d'accroître les populations de rhinocéros noirs africains sur ces sites, les investisseurs se verront rembourser leur capital, plus les intérêts, par les payeurs. Le rendement des intérêts dépendra de l'évolution du nombre de rhinocéros. Si les projets ne réussissent pas et que les populations de rhinocéros continuent à diminuer, les investisseurs subiront des pertes financières, en fonction de la baisse du nombre de rhinocéros et de leurs conditions d'investissement (Aglionby, 2019). L'instrument ne peut fonctionner que parce que la protection des rhinocéros repose sur une bonne base de preuves : le nombre de rhinocéros est bien connu, ce qui permet de mesurer l'impact des investissements. En outre, les méthodes de conservation des rhinocéros étant bien établies, il y a une confiance générale dans leur efficacité.



6.3 Banques de compensation (« Mitigation Banks »)

La banque de compensation (« Mitigation Bank ») est un système créé pour garantir que les pertes écologiques causées par les projets de développement soient compensées dans d'autres domaines afin qu'il n'y ait pas de perte nette pour l'environnement. Généralement, les dommages causés aux zones humides et aux cours d'eau sont compensés par la préservation et la restauration des zones humides, des habitats naturels et des cours d'eau ailleurs (Jhawar, 2020 ; USEPA, s.d.).

Des banques de compensation sont créées dans l'UE, mais elles ont plus d'expérience aux États-Unis. La National Mitigation Banking Association (NMBA) définit les banques de compensation comme "la restauration, la création, l'amélioration ou la préservation d'une zone humide, d'un cours d'eau ou d'un autre habitat, dans le but de compenser les pertes de ressources inévitables au préalable des actions de développement, lorsque celle-ci ne peut être réalisée sur le site de développement ou ne serait pas aussi bénéfique pour l'environnement" (Jhawar, 2020). La faisabilité d'une telle implantation au Sénégal devrait être évaluée.

Une banque de compensation (« Mitigation Bank ») dispose de crédits d'atténuation qu'elle peut vendre à ses clients pour compenser l'impact de leurs projets de développement. Une banque offrant des crédits pour compenser les dommages écologiques causés aux zones humides est appelée "banque de compensation des zones humides" ou « Wetland Banks » (Jhawar, 2020). Les banques de compensation ont quatre composantes (USEPA, 2019) (voir figure 12) :

- Site de la banque : Les terres restaurées, établies, mises en valeur ou préservées
- Instrument bancaire : Accord formel entre les propriétaires de la banque et les autorités de réglementation qui établit les responsabilités, les normes de performance, les exigences en matière de gestion et de surveillance, et les conditions d'approbation des crédits bancaires
- Équipe d'évaluation interinstitutionnelle ou « Interagency Review Team » (IRT) : Cette équipe examine, supervise et approuve la banque
- Zone de service : La zone géographique dans laquelle les impacts peuvent être compensés.

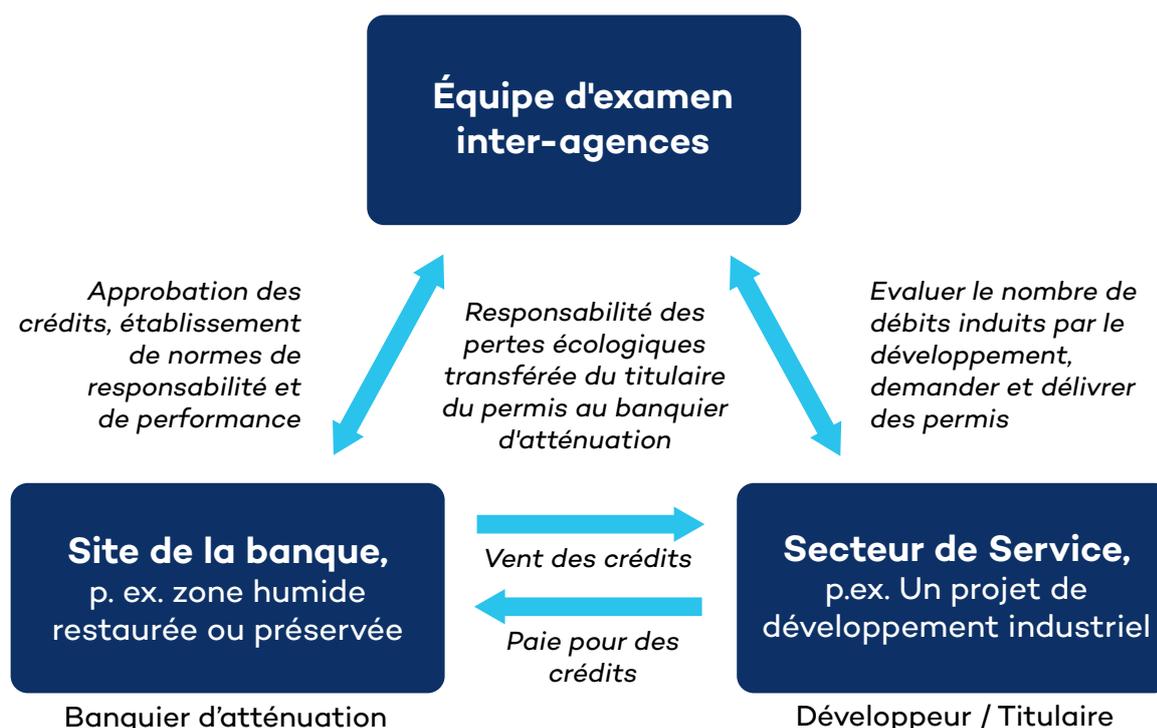


Figure 12. Structure bancaire de compensation

Source : D'après Jhawar, 2020 ; Hook & Shadle, 2013.



Les banques de compensation peuvent présenter plusieurs avantages par rapport aux mesures d'atténuation prises par la partie responsable de l'impact négatif. Ces avantages comprennent une plus grande certitude que les mesures d'atténuation compenseront avec succès les impacts du projet, une plus grande disponibilité des ressources financières et de l'expertise, ainsi qu'un meilleur rapport coût-efficacité des mesures de compensation (USEPA, 2019)

Aux États-Unis, les promoteurs doivent demander (par l'intermédiaire d'une banque de compensation ou « Mitigation Bank ») à l'Agence de protection de l'environnement (APE) un permis pour compenser les impacts inévitables du développement. Les autorités américaines ont publié une liste de contrôle des informations à inclure dans la demande (USEPA & U.S. Army Corps of Engineers, 2003). Bien entendu, cette liste n'est pas directement transférable au Sénégal mais peut être utile pour avoir une idée des informations qu'il serait important d'envisager pour une possible future banque de compensation (« Mitigation Bank ») dans le Saloum. La liste de contrôle comprend :

- Description des fonctions perdues sur le site impacté et des fonctions gagnées sur le site d'atténuation.
- Informations de base sur les sites, par exemple, sur la végétation, l'hydrologie et l'utilisation des terres.
- Plan de travail décrivant les mesures d'atténuation, par exemple, ce qui serait construit.
- Description des normes de performance et des critères de réussite.
- Preuve de la protection, de la maintenance, de la surveillance et de la gestion du site, y compris les responsabilités, les mesures légales, un plan d'entretien et un plan de surveillance.
- Garanties financières, identification des parties responsables et leurs garanties.

De plus amples informations sur l'atténuation compensatoire aux États-Unis sont disponibles sur le site web de l'APE (USEPA, 2019).

6.4 Inventaires des actifs naturels

L'enregistrement des actifs naturels en tant qu'immobilisations corporelles incite fortement les autorités publiques à protéger et à préserver le capital naturel, en partant du principe que lorsque la valeur monétaire d'un service écosystémique est enregistrée, il est moins probable qu'il soit détruit. Traditionnellement, les cadres comptables du secteur public n'imposent pas l'enregistrement de la nature en tant qu'actif, sur la base de la valeur fournie par ses services écosystémiques. Si, toutefois, les actifs naturels sont évalués sur la base de leur offre de services écosystémiques, il y a une incitation à protéger cette valeur, qui est enregistrée comme une immobilisation corporelle dans leur bilan financier.

Les premières pratiques en matière d'inventaire d'actifs naturels apparaissent au Canada, où les cadres comptables du secteur public sont en cours de réforme pour permettre aux municipalités de comptabiliser les actifs naturels comme des immobilisations corporelles dans leurs bilans financiers. Ces réformes très appréciées n'en sont qu'à leurs débuts, et il reste encore à résoudre toute une série de problèmes de comptabilité et de gouvernance. On peut trouver des exemples en Colombie britannique (Canada) (Asset Management BC, 2019a, 2019b).



6.5 Financement communautaire par répartition

Les programmes de financement par répartition (ou basé communautairement) permettent aux entrepreneurs des communautés locales de mettre en place des "ateliers" pour vendre et entretenir des appareils solaires, éoliens et de biogaz agréés aux communautés locales. Les communautés locales "payent au fur et à mesure" et aucun investissement initial n'est nécessaire.

Pour aider les communautés à passer des cuisinières à bois aux cuisinières solaires, ou à passer à l'énergie propre et à progresser sur l'échelle énergétique et technologique, ces programmes peuvent fournir des crédits à faible coût pour aider les communautés locales à acheter de nouvelles technologies selon leurs besoins. Par exemple, le réseau MWEZI (<https://mwezi.org/network/>) propose des solutions solaires payantes qui incluent des cuisinières solaires. Cette évaluation montre que des cuisinières solaires abordables réduiront la demande de bois de chauffage et contribueront à la diminution de la déforestation.



7.0 Comment la méthodologie SAVi a-t-elle été adaptée pour l'évaluation du delta du Saloum

7.1 Théorie des systèmes et dynamique des systèmes

Les dynamiques sous-jacentes du développement local dans le delta du Saloum, y compris les forces motrices et les indicateurs clés, sont résumées dans le diagramme de la boucle causale (DBC) (voir figure 12). Le DBC comprend les principaux indicateurs analysés au cours de cette évaluation SAVi, leurs interconnexions avec d'autres variables pertinentes et les boucles de rétroaction qu'ils forment.

Le DBC illustre les interconnexions de l'économie et des ressources naturelles tout en mettant en évidence les principales dynamiques et les compromis potentiels qui ressortent des différentes stratégies de développement envisagées pour le delta du Saloum. Le DBC a été développé et adapté au contexte local en collaboration avec Wetlands International-Africa et validé lors d'un atelier des parties prenantes à Dangane en février 2020. Le DBC est le point de départ pour le développement du modèle mathématique des stocks et des flux.

7.2 Lecture d'un diagramme de boucles causales

Les diagrammes de boucles causales comprennent des variables et des flèches (appelées « liens de cause à effet »), ces dernières reliant les variables entre elles par un signe (+ ou -) sur chaque lien pour indiquer une relation de cause à effet positive ou négative.

Comme le notent Bassi et al. (2016):

- Un lien de cause à effet de la variable A à la variable B est positif si un changement dans la variable A produit un changement dans la variable B dans la même direction.
- Un lien de cause à effet de la variable A à la variable B est négatif si un changement dans la variable A produit un changement dans la variable B dans la direction opposée

Tableau 7. Relations de cause à effet et polarité

Variable A	Variable B	Signe
↑	↑	+
↓	↓	+
↑	↓	-
↓	↑	-



Ces interactions causales peuvent former ce que l'on appelle une "boucle de rétroaction" positive ou négative (Forrester, 1961). En d'autres termes, une intervention effectuée dans ce système peut soutenir la tendance à l'équilibre au sein du système global, auquel cas cette boucle de rétroaction négative est appelée boucle d'équilibrage. Une intervention peut également renforcer l'impact de celle-ci et donc créer une boucle de rétroaction positive, appelée boucle de renforcement (Bassi, 2009 ; Forrester, 1961). Ce qui rend les DBC utiles pour les décideurs et les autres parties prenantes est cette composante de rétroaction, qui montre comment les différents éléments d'un système interagissent les uns avec les autres soit en exacerbant soit en améliorant une situation donnée (TEEB, 2018). Ces relations cartographiées n'indiquent pas nécessairement un comportement linéaire, et les impacts potentiels peuvent se produire avec retard, c'est pourquoi il est important d'avoir un DBC qui saisit l'étendue et la complexité de ce système. L'interaction des boucles de rétroaction peut également être à l'origine d'un problème politique donné et, par conséquent, les décideurs devront orienter leurs efforts pour trouver une solution, tout en étant conscients de la manière dont cette solution affectera le reste du système. (WWF, 2014).

La création d'un DBC a plusieurs objectifs : premièrement, il regroupe les idées, les connaissances et les opinions de l'équipe ; deuxièmement, il met en évidence les limites de l'analyse ; troisièmement, il permet à toutes les parties prenantes d'acquérir des connaissances de base-à-avancées sur les questions analysées et leurs propriétés systémiques. Il est essentiel d'avoir une compréhension commune de la résolution des problèmes qui influent sur plusieurs secteurs ou sphères d'influence et que l'on rencontre fréquemment dans des systèmes complexes. Étant donné que la création d'un diagramme de boucles causales porte et repose sur des connaissances trans-dimensionnelles, il concourt à développer une compréhension commune des dynamiques à l'origine du problème et de celles qui pourraient déboucher sur une solution. Cette compréhension commune à toutes les parties impliquées dans les processus décisionnels et dans la mise en œuvre des interventions peut soutenir la création de partenariats entre le secteur privé et le secteur public et ainsi en renforcer l'efficacité. De ce fait, la solution ne devrait pas être imposée au système, mais plutôt en émerger. En d'autres termes, les interventions devraient être conçues de telle façon que le système commence à fonctionner en notre faveur (c'est-à-dire, les décideurs et les parties prenantes concernées) pour résoudre le problème plutôt que de le créer.

Dans ce contexte, le rôle des boucles de rétroaction est capital. Bien souvent, le problème émane du système même que nous avons créé, suite à une intervention extérieure ou en raison d'une conception défectueuse, ce qui témoigne de ses limitations à mesure que le système évolue en taille et en complexité. En d'autres termes, les causes d'un problème résident souvent dans les structures de rétroaction du système. Les indicateurs ne suffisent pas pour identifier ces causes et pour expliquer les événements à l'origine du problème et nous devons analyser la causalité et les boucles de rétroaction. Nous sommes trop souvent enclins à analyser l'état actuel du système ou à étendre notre investigation à une chaîne linéaire de causes et d'effets, qui ne se réaffecte pas elle-même, ce qui limite notre compréhension des boucles ouvertes et de la pensée linéaire.



7.3 Aperçu du modèle

Nous avons appliqué le modèle SAVi d'infrastructure basé sur la nature pour informer les décideurs sur les risques et les externalités potentiels en relation avec les différentes interventions dans le delta du Saloum. L'évaluation quantifie monétairement les risques et les externalités et fournit des informations sur les impacts sociaux et environnementaux en plus de l'évaluation économique classique.

La figure 13 présente le DBC des dynamiques de base qui sous-tendent l'analyse, en montrant les variables clés qui déterminent le développement local et son impact sur l'environnement dans le delta du Saloum. Ce DBC a été complété et validé lors de l'atelier de février 2020 et a donné lieu à la figure 13.

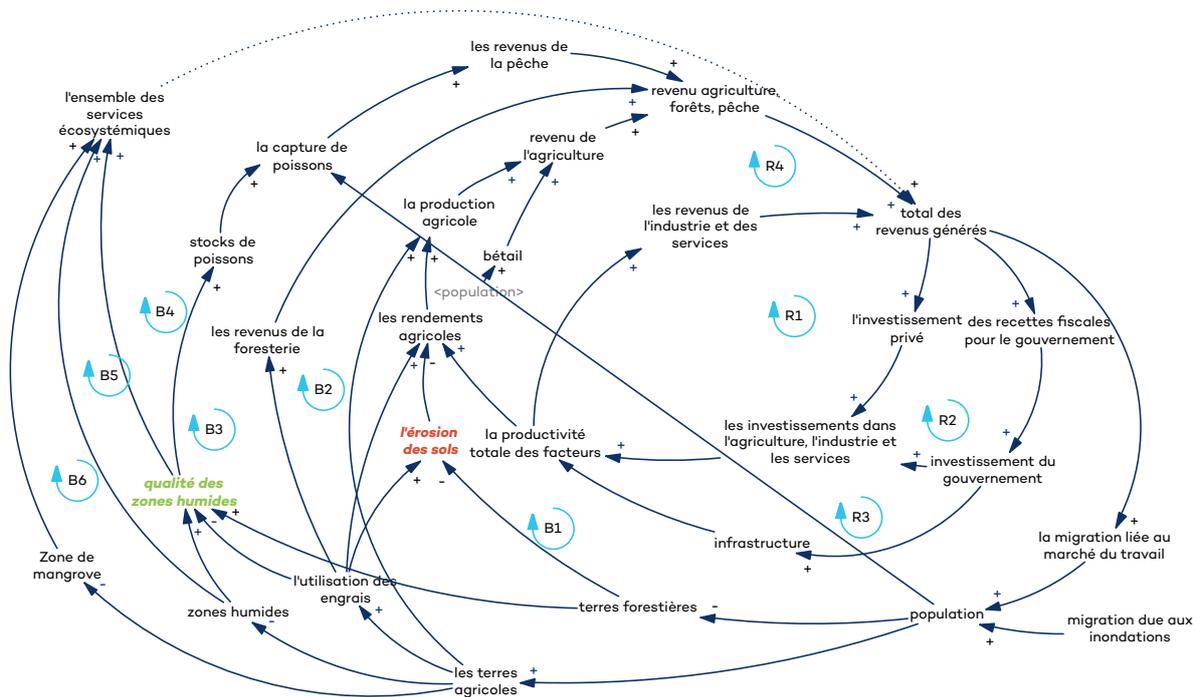


Figure 13. DBC pour le delta du Saloum



Les boucles d'équilibrage (B) illustrent les processus qui contrebalancent la croissance et mettent en évidence les contreparties potentielles qui émergent des diverses interventions de développement. Dans le contexte du delta du Saloum, l'utilisation des terres et la disponibilité de l'eau déterminent la demande de nouvelles terres (B1 à B6) et l'exploitation des ressources en eau (B8). Par exemple, B1 illustre comment la demande de nourriture et de bois de chauffage réduit la couverture forestière naturelle, ce qui à son tour aggrave l'érosion des sols et la dégradation des zones humides. Les conséquences potentielles de cette déforestation accélérée sont (i) un potentiel de production réduit du secteur forestier, (ii) des niveaux plus faibles de services écosystémiques, et (iii) des produits forestiers non ligneux. Elle a également un impact sur la reproduction des poissons. Cela met en évidence les interconnexions critiques entre les stimuli du développement économique et la disponibilité du capital naturel pour soutenir les ambitions définies à long terme. En d'autres termes, les boucles d'équilibre du DBC constituent les limites de la croissance, en fonction de la disponibilité des ressources.

Les DBC présentés dans les figures 13 et 14 montrent l'interconnexion des indicateurs socio-économiques et environnementaux clés. Il permet de mieux comprendre les impacts potentiels de la mise en œuvre des politiques et la manière dont ces impacts se dérouleraient au cœur du système. En illustrant les impacts potentiels des politiques, le DBC peut informer sur le succès potentiel des interventions politiques sur une échelle entre le développement et la conservation. En ce qui concerne le delta du Saloum, et compte tenu des pressions existantes sur les terres et l'eau, le DBC indique que le développement économique devrait être en phase avec la disponibilité des ressources naturelles afin de maintenir l'intégrité du delta, ou même lors d'une approche de conservation, afin d'atténuer les pressions actuelles et réduire les pressions futures.

7.4 Indicateurs concernant les dépenses, les coûts évités et les avantages supplémentaires

Nous avons évalué trois catégories de coûts pour chaque scénario : les dépenses d'investissement et de maintenance, les coûts évités et les bénéfices ajoutés en tant qu'évaluation des externalités (coûts et bénéfices économiques, sociaux et environnementaux pour la société dans son ensemble).

7.4.1 Dépenses directes

Cette catégorie couvre les dépenses d'investissement et de maintenance pour la mise en œuvre de chaque scénario.

Du point de vue du secteur privé, les dépenses font référence aux coûts monétaires de la mise en œuvre du projet, tels que les investissements, les coûts d'exploitation et de maintenance ainsi que les dépenses extrabudgétaires. Du point de vue du secteur public, les dépenses se réfèrent à l'allocation et/ou à la réaffectation des ressources financières dans le but d'atteindre un objectif politique déclaré - par exemple, fournir des subventions pour les investissements dans l'agriculture biologique ou les projets de restauration des mangroves.



7.4.2 Coûts évités

L'estimation des coûts potentiels évités prend en compte les résultats de la mise en œuvre réussie d'un investissement ou d'une politique. Dans ce cas, les coûts évités font référence aux économies réalisées par rapport au CSC, qui monétise les émissions de GES, mais également aux coûts évités de devoir acheter des engrais chimiques. Cela inclut également les coûts évités de la récolte de bois dans les mangroves pour la cuisine.

7.4.3 Avantages supplémentaires

Parmi les avantages supplémentaires, on peut citer la valeur monétaire des résultats économiques, sociaux et environnementaux obtenus grâce aux investissements ou à la mise en œuvre des politiques. Les bénéfices supplémentaires sont évalués en comparant le scénario d'investissement au scénario de référence, en se concentrant sur les impacts à court, moyen et long terme entre les secteurs et les acteurs. Dans cette évaluation, les bénéfices supplémentaires sont constitués des revenus de la production pétrolière, de la valeur restaurée (ou perdue dans certains scénarios) des services écosystémiques liés à la zone humide et à la mangrove, et finalement des revenus du travail dans différents secteurs économiques, qui ne seraient pas affectés dans le scénario BAU.



8.0 Conclusion

Cette évaluation SAVi a démontré la contribution du delta du Saloum au soutien des moyens de subsistance et du développement local dans la région. Elle a fourni une estimation de la valeur actuelle du service écosystémique fourni par la zone humide et la mangrove. Cette valeur s'est dégradée au fil du temps et, sans intervention, elle continuera de se dégrader. Une série de politiques et de projets sont actuellement mis en œuvre dans le delta pour lutter contre la dégradation de l'écosystème. L'évaluation SAVi met en lumière les coûts et les avantages de ces interventions de manière intégrée.

Les résultats démontrent que toute ambition de développement devrait se concentrer sur des stratégies supplémentaires qui luttent contre la poursuite de la dégradation de la zone humide et la déforestation continue de la mangrove. Une dégradation accrue du capital naturel du delta aura des effets qui se répercuteront sur tous les secteurs économiques.

Le rapport se termine par des idées et des suggestions sur les stratégies de financement pour la poursuite de la conservation, qui permettent également d'augmenter les revenus provenant des services des écosystèmes.



Références

- ABS Consulting Inc. (2016). *2016 Update of occurrence rates for offshore oil spills*.
<https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/osrr-oil-spill-response-research/1086aa.pdf>
- Aglionby, J. (2019). “Rhino bond” breaks new ground in conservation finance. *Financial Times*.
<https://www.ft.com/content/2f8bf9e6-a790-11e9-984c-fac8325aaa04>
- Asset Management BC. (2019a). *Asset management for sustainable service delivery*.
<https://www.assetmanagementbc.ca/wp-content/uploads/Asset-Management-for-Sustainable-Service-Delivery-A-BC-Framework-.pdf>
- Asset Management BC. (2019b). *Integrating natural assets into asset management*.
<https://www.assetmanagementbc.ca/wp-content/uploads/Integrating-Natural-Assets-into-Asset-Management.pdf>
- Bassi, A. (2009). *An integrated approach to support energy policy formulation and evaluation*. University of Bergen. http://bora.uib.no/bitstream/handle/1956/3662/Dr.thesis_Andrea%20M%20Bassi.pdf?sequ=
- Bassi, A., Gallagher, L., & Helsingen, H. (2016). *Green economy modelling of ecosystem services along the “Road to Dawei.”* <https://www.mdpi.com/2076-3298/3/3/19/htm>
- Broekhoff, D., Gillenwater, M., Colbert-Sangree, T., & Cage, P. (2019). *Securing climate benefit: A guide to using carbon offsets*. Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute. <http://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/>
- Forrester, J.W. (1961). *Industrial dynamics*. MIT Press.
- Gold Standard. (n.d.). *Home page*. goldstandard.org
- Hamrick, K., & Gallant, M. (2017). *Unlocking potential: State of the voluntary carbon markets 2017*. Forest trends. <https://www.cbd.int/financial/2017docs/carbonmarket2017.pdf>
- Hook, P.W., & Shadle, S. T. (2013). *Navigating wetland mitigation markets: A study of risks facing entrepreneurs and regulators*. <https://www.cbd.int/financial/offsets/usa-offsetmitigationrisks.pdf>
- Huxham, M., Emerton, L., Munyi, F., Kairo, J., Abdirizak, H., Muriuki, T., . . . Briers, R.A. (2015). Applying climate compatible development and economic valuation to coastal management: *A case study of Kenya's mangrove forests*. *Journal of Environmental Management*, 157, 168–181.
- Instiglio (2020). *Impact bonds*. <https://www.instiglio.org/en/impact-bonds/>
- International Energy Agency. (2015). *Projected cost of generating electricity - 2015 edition*. <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7057-proj-costs-electricity-2015.pdf>
- International Tanker Owners Pollution Federation Ltd (ITOPF). (2020). *Oil Tanker Spill Statistics 2019*. https://www.itopf.org/fileadmin/data/Documents/Company_Lit/Oil_Spill_Stats_brochure_2020_for_web.pdf



- Jhavar, V. (2020). *Understanding the basics of mitigation banking*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/articles/dictionary/031615/understanding-basics-mitigation-banking.asp>
- Karanja Ng'ang'a, S., Miller, V., Owuso Essegbey, G., Karbo, N., Ansah, V., Nautsukpo, D., . . . Girvetz, E. H. (2017). *Cost and benefit analysis for climate-smart agricultural (CSA) practices in the coastal savannah agro-ecological zone (AEZ) of Ghana*. <https://ccafs.cgiar.org/publications/cost-and-benefit-analysis-climate-smart-agricultural-csa-practices-coastal-savannah#.XoRYtIgzZPY>
- Mendoza, J., Gallego-Schmid, A., Schmidt Rivera, X., Rieradevall, J., & Azapagic, A. (2019). Sustainability assessment of home-made solar cookers for use in developed countries. *Science of the Total Environment*, 648, 184-196.
- Narayan, S., Beck, M., Reguero, B., Losada, I., Van Wesenbeeck, B., Pontee, N., . . . Burks-Copes, K. (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *PLoS ONE* 11(5). <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0154735>
- Nordhaus, W. (2017). Revisiting the social cost of carbon. *PNAS* 11(7), 1518–1523. <https://www.pnas.org/content/114/7/1518>
- République du Sénégal, Conseil départemental de Foundiougne. (2017). *Plan départemental de développement*.
- Republique du Sénégal. Ministère de l'économie, des finances et du plan. (2019). *La population du Sénégal en 2018*. http://www.ansd.sn/ressources/publications/Rapport_population_060219%20002%20RECSn%20.pdf
- Roberts, N., Andersen, D., Deal, R., Garet, M., & Shaffer, W. (1983). *Introduction to computer simulation. The system dynamics approach*. MA: Addison-Wesley.
- Schuyt, K., & Brander, L. (2004). *The economic values of the world's wetlands*. WWF. https://www.researchgate.net/publication/288267725_The_economic_values_of_the_world's_wetlands
- Solar Cooking Wiki. (2014). *Calculate cost savings from solar cooking*. https://solarcooking.fandom.com/wiki/Calculate_cost_savings_from_solar_cooking
- Srivastava, S. (2019). *New “rhino bonds” to allow investors to help with wildlife conservation*. CNBC. <https://www.cnbc.com/2019/07/18/what-is-a-rhino-bond-here-is-all-you-need-to-know.html>
- Szulczewski, M. (2006). *Lasting impacts of solar cooker projects*. <http://solarcooking.org/lasting-impacts.htm>
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). (2018). *TEEB for agriculture & food: Scientific and economic foundations*.
- UN Environment. http://teebweb.org/agrifood/wp-content/uploads/2018/10/TEEB_Foundations_October13.pdf
- United for Wildlife (n.d.). *Rhino Impact Bond*. <https://unitedforwildlife.org/projects/rii/>



- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (n.d.). *MAB Biosphere Reserves Directory: Delta du Saloum*. <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=gen&code=SEN+02>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2011). *Saloum Delta (Senegal)*. <https://whc.unesco.org/en/soc/245>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2014). *Using models for green economy policymaking*. http://www.un-page.org/files/public/content-page/unep_models_ge_for_web.pdf
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2019). *Background about compensatory mitigation requirements under CWA Section 404*. <https://www.epa.gov/cwa-404/background-about-compensatory-mitigation-requirements-under-cwa-section-404>
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) & U.S. Army Corps of Engineers (2003). Multi-Agency Compensatory Mitigation Plan Checklist. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/wetlands_model_mitigation_checklist.pdf
- Verra. (n.d.). *Verified carbon standard*. <https://verra.org/project/vcs-program/>
- Wetlands International. (2019). *Contexte écologique et socioéconomique*. Delta du Saloum. Note de Cadrage.
- World Bank (2019). *State and trends of carbon pricing 2019*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31755>
- World Wide Fund for Nature (WWF). (2014). *Green economy modelling of ecosystem services in the Dawna Tenasserim Landscape (DTL) Along the “Road to Dawei.”* http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/final_greenecomony_tnl_lr.pdf



©2020 The International Institute for Sustainable Development
Published by the International Institute for Sustainable Development.

Head Office

111 Lombard Avenue, Suite 325
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T4

Tel: +1 (204) 958-7700

Website: www.iisd.org

Twitter: @IISD_news



iisd.org