



NATURE-BASED INFRASTRUCTURE
GLOBAL RESOURCE CENTRE

Évaluation des actifs durables (SAVi) liés à la restauration des mangroves en Casamance, au Sénégal

RAPPORT IFN

PRÉLIMINAIRE



© 2026 International Institute for Sustainable Development
Publié par l'Institut international du développement durable

Cette publication est soumise à la licence [Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

À propos du Centre mondial de ressources IFN

Le **Centre mondial de ressources sur les infrastructures fondées sur la nature (IFN)** vise à améliorer les résultats des IFN afin de fournir des services d'infrastructure et de s'adapter aux changements climatiques tout en apportant d'autres bénéfices environnementaux, sociaux et économiques. Nous fournissons des données, des formations et des évaluations personnalisées des projets IFN, basées sur les dernières innovations en matière de pensée systémique et de modélisation financière.

Le Centre est une initiative menée par l'IISD, avec le soutien financier du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) et de la Fondation MAVA, en partenariat avec l'UNIDO.

Évaluation des actifs durables (SAVi) liés à la restauration des mangroves en Casamance, au Sénégal

Juillet 2026
PRÉLIMINAIRE

Rédigé par Edoardo Carlucci (IISD)

Photo : iStock

Avertissement : ce projet de publication a été rédigé avec l'aide de ChatGPT le 23 décembre 2025, dans le but d'assurer la traduction de l'anglais vers le français. Le contenu a été relu en interne par le personnel de l'IISD et en externe par un relecteur professionnel.



NATURE-BASED INFRASTRUCTURE
GLOBAL RESOURCE CENTRE

Supported by



Led by





Remerciements

L'équipe du projet exprime sa sincère gratitude à Frédérique Thomas, Abou Ba, Mamadou Ciss et Dior Diagne (SOCODEVI) ainsi qu'à Yakhya Gueye (UICN) pour la mise à disposition de données locales, l'organisation des ateliers et des visites de terrain ainsi que la relecture du rapport technique. Nous adressons également nos remerciements particuliers à Trevor Jones, Andrew Butt et Jane Boles (TAYO Climate Partners) ainsi qu'à Thierry Bodson pour leur appui essentiel à la collecte des données, aux visites sur site et à la coordination des réunions et conférences. Nous remercions par ailleurs la Direction des Aires Marines Communautaires Protégées (DAMCP) pour son soutien dans la conduite des travaux de terrain, la validation des données et la vérification des résultats.

L'équipe du projet remercie également les partenaires de mise en œuvre de Natur'ELLES, à savoir CAREM (Coordination des Actions pour la Restauration des Écosystèmes Mangroves), CASADES, Nébéday et le REFEPAS (Réseau des Femmes de la Pêche Artisanale du Sénégal), pour leur collaboration précieuse et leur engagement constant tout au long du projet.

Andrea M. Bassi, Liesbeth Casier, Veronica Lo, Benjamin Simmons et David Uzsoki ont par ailleurs relu ce rapport et formulé des commentaires particulièrement utiles.

Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'un partenariat plus large entre SOCODEVI, l'UICN et l'IISD, visant à soutenir la mise en œuvre du projet Natur'ELLES à travers la méthodologie SAVi, des analyses financières, des activités de renforcement des capacités et un appui au Symposium sur les écosystèmes de mangroves au Sénégal (21–23 juillet 2025), au cours duquel l'IISD a présenté les conclusions préliminaires de ce rapport.

Natur'ELLES est un projet financé par Affaires mondiales Canada (AMC).



Global Affairs
Canada
Affaires mondiales
Canada



Résumé

La région de la Casamance, située dans le sud-ouest du Sénégal, abrite environ 752 900 hectares de mangroves reconnues à l'échelle mondiale pour leur biodiversité exceptionnelle. Toutefois, ces écosystèmes ont connu un déclin d'environ 35 % depuis les années 1980, avec un taux de perte de biodiversité trois à cinq fois supérieur à celui observé dans les forêts terrestres (PMO-Natur'ELLES). Cette dégradation résulte de l'interaction de pressions environnementales et socio-économiques, notamment la variabilité des précipitations liée aux changements climatiques et la salinisation des terres agricoles. Elle est également aggravée par des inégalités de genre qui limitent les capacités d'adaptation des femmes, en particulier leur accès à la terre, à l'eau, au crédit, aux équipements, à l'information climatique et aux espaces de décision. La surcharge de travail domestique, le faible niveau d'alphabétisation et la faible participation à la gouvernance des ressources naturelles renforcent leur dépendance aux ressources de la mangrove et réduisent leur capacité à adopter des pratiques durables, ce qui accentue la pression sur cet écosystème. Cette crise écologique menace à la fois la biodiversité et la résilience des communautés locales dépendantes des écosystèmes de mangroves (PMO-Natur'ELLES).

Figure ES1. Mangroves au Sénégal, en Casamance



Source : Institut international du développement durable.

Cette évaluation des actifs durables (SAVi) analyse la restauration prévisible des mangroves sur la période 2024–2050, dans le cadre de différents scénarios climatiques et de risque d'inondation. Les scénarios de risque d'inondation sont définis en fonction de la fréquence des inondations majeures. L'analyse compare ainsi des scénarios de fréquence modérée, dans lesquels les inondations majeures surviennent moins fréquemment (environ une fois



tous les cinq ans), à des scénarios de fréquence élevée, caractérisés par des inondations majeures plus fréquentes (environ une fois tous les deux ans).

Parallèlement, l'évaluation examine les conditions climatiques futures selon deux trajectoires d'émissions SSP,¹ c'est-à-dire deux scénarios d'évolution possible des émissions de gaz à effet de serre à long terme : la trajectoire SSP3-7.0,² correspondant à un niveau d'émissions intermédiaire, et la trajectoire SSP5-8.5,³ associée à un niveau d'émissions élevé.

Chacune des quatre combinaisons de scénarios qui en résultent est évaluée selon quatre niveaux de réduction supposée des dommages aux infrastructures : 2,5 %, 5 %, 7,5 % et 10 %. Ces valeurs reflètent l'incertitude quant à l'efficacité des mangroves restaurées à réduire les dommages liés aux inondations. Le niveau de 2,5 % correspond à un scénario prudent, caractérisé par une faible protection, tandis que le niveau de 10 % représente une borne supérieure optimiste de l'efficacité de la protection offerte par les mangroves (tableau ES1).

Cette approche permet de prendre en compte l'incertitude liée au succès de la restauration et aide les décideurs à comprendre comment les variations de la performance protectrice influent sur la viabilité globale du projet.

Tableau ES1. Réduction des dommages aux infrastructures évaluée en fonction de l'efficacité de la protection du projet de restauration des mangroves

Efficacité de la protection	Réduction des dommages aux infrastructures
Élevée	10 %
Moyenne/élevée	7,5 %
Moyenne/faible	5 %
Faible	2,5 %

Source : Auteur.

Les résultats montrent des retombées économiques positives dans l'ensemble des scénarios analysés, comme présenté dans les tableaux ES2 et ES3.

Dans les scénarios de fréquence modérée des inondations, la valeur actuelle nette (VAN) varie entre 6,47 milliards de francs CFA pour une réduction de 2,5 % des dommages aux infrastructures et 12,45 milliards de francs CFA pour une réduction de 10 %. Dans les scénarios de fréquence élevée des inondations, les VAN sont plus importantes, allant de 9,3 milliards de francs CFA pour une réduction des dommages de 2,5 % à 24,10 milliards de

¹ Les SSP sont des scénarios qui imaginent différentes façons dont le monde pourrait évoluer dans le futur - par exemple en fonction de la croissance économique, de la population, des technologies ou des politiques publiques. Ils servent à estimer comment ces évolutions peuvent influencer sur les émissions de gaz à effet de serre et donc le climat.

² SSP3-7.0 correspond à un scénario où les émissions de gaz à effet de serre restent élevées au cours du siècle.

³ SSP5-8.5 correspond à un scénario où les émissions restent très élevées, donc à un réchauffement encore plus fort.



francs CFA pour une réduction de 10 %, combinée à des inondations plus fréquentes et plus sévères.

Les ratios bénéfices-coûts (RBC) dépassent systématiquement 2,0, avec des valeurs comprises entre 2,27 et 5,71. Cela signifie que chaque franc CFA investi génère entre 2,27 et 5,71 francs CFA sous forme de dommages évités et de bénéfices écosystémiques. Les performances s'améliorent nettement avec l'augmentation de la fréquence des inondations et de l'efficacité de la protection, confirmant que la restauration des mangroves offre des rendements croissants dans les environnements à haut risque, où les aléas climatiques s'intensifient.

Toutes trajectoires d'émissions climatiques confondues, le projet affiche des performances solides et constantes dans les deux scénarios SSP. La VAN varie entre 6,01 milliards de francs CFA dans le scénario SSP5-8.5 avec une réduction de 2,5 % des dommages aux infrastructures, et 14,13 milliards de francs CFA dans le scénario SSP3-7.0 avec une réduction de 10 %. Le scénario SSP3-7.0 génère systématiquement des rendements plus élevés que le scénario SSP5-8.5, reflétant des inondations plus précoces et plus fréquentes prévues à l'horizon du milieu du siècle (2024–2050).

Même dans des conditions de faible efficacité de protection (réduction des dommages de 2,5 %) et d'émissions élevées, le projet demeure économiquement viable, avec un ratio bénéfices-coûts de 2,18. Ces résultats confirment la robustesse de la restauration des mangroves en tant que stratégie d'adaptation aux changements climatiques, quels que soient les scénarios climatiques futurs envisagés (tableaux ES2 et ES3).

Au-delà de la protection contre les inondations, la restauration des mangroves génère un large éventail de bénéfices et permet d'éviter des coûts significatifs, estimés comme suit :

- **Création d'emplois** : les activités de restauration et de maintenance des APAC Kamite, Badala et Koureye ; de l'APAC Kawawana ; et de l'AMP KBK ainsi que l'AMP KBF génèrent environ 2,8 milliards de francs CFA en emplois locaux. Les communautés participent directement aux opérations de plantation, de surveillance et d'entretien, tout en acquérant des compétences pratiques en pépinière et en restauration, ce qui renforce les capacités locales, la gouvernance communautaire et la cohésion sociale.
- **Croissance économique locale** : les activités économiques augmentent d'environ 958 millions de francs CFA, grâce à la revitalisation de la pêche (592 millions de francs CFA), à l'augmentation de la production agricole (338 millions de francs CFA) et à l'accroissement des récoltes de fruits de mer (28 millions de francs CFA). Des sols et des eaux souterraines plus sains stabilisent les rendements et les revenus agricoles, tandis que l'expansion des habitats de nurserie améliore la survie des juvéniles et soutient les pêcheurs artisanaux et les coopératives.
- **Ressources essentielles pour les ménages** : l'approvisionnement en nourriture, en bois et en eau potable représente une valeur totale d'environ 2 milliards de francs CFA. Les ménages bénéficient de 1,8 milliard de francs CFA en nourriture pour la consommation directe, le bois durable apporte une contribution plus modeste (29 283 francs CFA) et l'amélioration de la qualité de l'eau génère 173 millions de



francs CFA, réduisant la dépendance aux marchés et libérant du temps pour l'éducation et d'autres activités génératrices de revenus.

- **Gains sanitaires et économies associées** : l'amélioration de la qualité de l'air liée à la restauration des mangroves réduit l'incidence des maladies respiratoires, entraînant une baisse des consultations médicales et des dépenses de santé. Sur une période de 27 ans, les coûts de santé évités sont estimés à 919 millions de francs CFA.
- **Atténuation des changements climatiques et opportunités de financement** : la séquestration du carbone est évaluée à 2,8 milliards de francs CFA, sur la base d'un coût social du carbone de 50 dollars US par tonne de CO₂. Ce bénéfice reflète les gains de bien-être à l'échelle mondiale et positionne le projet pour tirer parti des opportunités offertes par le marché volontaire du carbone.

L'ensemble de ces bénéfices démontre que les infrastructures fondées sur la nature permettent simultanément de protéger le littoral, de sécuriser les moyens de subsistance, d'atténuer les changements climatiques et de préserver la santé des écosystèmes (tableaux ES2 et ES3).

Une analyse différenciée selon le genre révèle que les femmes captent environ 735 millions de francs CFA, soit 15,7 % des bénéfices totaux, une part nettement inférieure à leur poids démographique. Les principaux bénéfices pour les femmes proviennent des coûts de santé évités (60,7 %, soit 446 millions de francs CFA), reflétant leur vulnérabilité disproportionnée aux changements climatiques et leur accès limité aux soins de santé. Ces bénéfices sont suivis par les revenus agricoles (12,9 %, soit 95 millions de francs CFA) et les revenus liés à la pêche, incluant la pêche artisanale (12,2 %, soit 89 millions de francs CFA) et la récolte de fruits de mer (3,8 %, soit 28 millions de francs CFA). La création d'emplois représente 10,3 % des bénéfices féminins, soit environ 75 millions de francs CFA.

Cependant, des obstacles persistants, tels que des droits limités sur les ressources, l'exclusion des processus décisionnels de gouvernance et un accès restreint aux connaissances techniques et au financement, limitent considérablement la capacité des femmes à tirer pleinement parti de ces opportunités. Les normes patriarcales et les restrictions coutumières en matière de mobilité constituent des barrières systémiques, empêchant les gains économiques de se traduire par des améliorations significatives de l'autonomie et du bien-être des femmes.

Les conclusions de cette évaluation fournissent des enseignements clés pour les différentes parties prenantes impliquées dans la gestion et le développement des écosystèmes de Casamance :

- **Pour les communautés côtières et les autorités de conservation marine**, ces résultats confirment la restauration des mangroves comme une stratégie d'adaptation multifonctionnelle, renforçant la protection contre les inondations, améliorant la qualité de l'eau et augmentant le stockage du carbone, tout en générant des bénéfices sociaux et économiques mesurables. Une gestion communautaire fondée sur une participation active à la conception et à la mise en œuvre de la restauration, associée à des mécanismes de partage des bénéfices transparents et équitables, est essentielle pour assurer la durabilité écologique et sociale.



- **Pour les agences environnementales et les autorités publiques**, ces résultats constituent un outil pour démontrer les progrès réalisés en matière de restauration des mangroves, une priorité du Plan national d'adaptation (PNA) du Sénégal. L'initiative Natur'ELLES contribue à concrétiser la vision du PNA d'un littoral productif, diversifié, propre et résilient face aux changements climatiques, en luttant contre l'érosion côtière, la salinisation et la vulnérabilité des moyens de subsistance.
- **Pour les communautés locales**, la restauration des mangroves se traduit par une amélioration tangible des moyens de subsistance grâce à des emplois rémunérés dans la plantation et l'entretien, un meilleur accès aux ressources halieutiques et agricoles, et une diversification des sources de revenus. Les femmes peuvent notamment bénéficier d'opportunités accrues dans la récolte de coquillages, l'aquaculture, la transformation du poisson et les emplois liés à la restauration. Pour garantir des résultats équitables, il est essentiel de mettre en place des mécanismes favorisant la participation des femmes aux structures de gouvernance, le renforcement de leurs droits d'accès aux ressources et une distribution transparente des bénéfices.
- **Pour les investisseurs privés et les bailleurs de fonds du développement**, le projet présente un fort potentiel de génération de revenus grâce à l'amélioration de la productivité halieutique et agricole, aux marchés du carbone et à la création d'emplois. Ces perspectives rendent attractifs les mécanismes de financement fondés sur les résultats, les paiements pour services écosystémiques et les partenariats public-privé, permettant d'étendre la restauration à l'échelle du paysage tout en alignant les intérêts économiques avec le bien-être des écosystèmes et des communautés.

En s'appuyant sur une forte participation communautaire ainsi que sur la compréhension et l'engagement de l'ensemble des parties prenantes en faveur de la restauration, de la préservation et de la conservation des mangroves, l'initiative en Casamance constitue un modèle reproductible d'infrastructure fondée sur la nature. Elle permet à la fois de protéger les infrastructures côtières, de soutenir des moyens de subsistance durables, de promouvoir l'inclusion sociale et l'égalité de genre, et de renforcer l'adaptation aux changements climatiques des populations vulnérables dépendantes des écosystèmes de mangroves.



Tableau ES2. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur des scénarios de fréquence des inondations, chiffres en millions de CFA actualisés à 3,5 %

Réduction des dommages causés aux infrastructures	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
Fréquence des inondations	Modérée	Sévère	Modérée	Sévère	Modérée	Sévère	Modérée	Sévère
Coûts directs								
Coûts de construction	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Coûts d'exploitation et d'entretien	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1
Coûts totaux	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1
Coûts évités								
Dommages évités aux infrastructures	7 979,7	19 630,0	5 984,8	14 722,5	3 989,9	9 815,0	1 994,9	4 907,5
Coûts évités liés à la santé	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8
Bénéfices supplémentaires								
Revenus de la pêche	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9
Revenus agricoles	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0
Recettes provenant de la pêche	28,0	28,0	28	28	28,0	28,0	28,0	28,0
Approvisionnement en eau potable	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5
Approvisionnement alimentaire	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1
Approvisionnement en bois	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Création d'emplois	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4



Réduction des dommages causés aux infrastructures	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
Séquestration du carbone	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3
Total des bénéfices et des coûts évités	17 575,8	29 226,0	15 580,8	24 318,5	13 585,9	19 411,0	11 591,0	14 503,5
Indicateurs clés de performance								
Valeur actuelle nette (VAN)	12 459,7	24 109,9	10 464,7	19 202,4	8 469,8	14 294,9	6 474,8	9 387,4
Rapport bénéfices-coûts (RBC)	3,44	5,71	3,05	4,75	2,66	3,79	2,27	2,83
Taux de rendement interne (TRI)	138,1 %	217,2 %	128,8 %	191,7 %	117,7 %	163,3 %	103,9 %	130,0 %

Source : Auteur.

Tableau ES3. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur les scénarios SSP, chiffres en millions de CFA actualisés à 3,5 %

	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
	SSP5-8,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP3-7,0
Coûts directs								
Coûts de construction	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Coûts d'exploitation et d'entretien	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1
Coûts totaux	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1
Coûts évités								



	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
Dommages évités aux infrastructures	6 142,9	9 658,3	4 607,2	7 243,7	3 071,5	4 829,1	1 535,7	2 414,6
Coûts évités liés à la santé	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8
Bénéfices supplémentaires								
Revenus de la pêche	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9
Revenus agricoles	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0
Recettes provenant de la pêche	28,0	28,0	28	28	28,0	28,0	28,0	28,0
Approvisionnement en eau potable	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5
Approvisionnement alimentaire	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1
Approvisionnement en bois	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Création d'emplois	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4
Séquestration du carbone	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3
Total des bénéfices et des coûts évités	15 739,0	19 254,3	14 203,2	16 839,7	12 667,5	14 425,2	11 131,8	12 010,6
Indicateurs clés de performance								
VAN	10 622,8	14 138,2	9 087,1	11 723,6	7 551,4	9 309,0	6 015,6	6 894,5
RBC	3,08	3,7	2,78	3,29	2,48	2,82	2,18	2,35
TRI	137,1 %	162,3 %	126,6 %	146,7 %	114,9 %	129,4 %	101,5 %	109,7 %

Source : Auteur.



Table des matières

1.0 Introduction	1
1.1 Projet Natur'ELLES	1
1.2 Défis environnementaux et socio-économiques en Casamance.....	2
1.3 Vulnérabilités liées au genre.....	2
1.4 Changements climatiques et gestion intégrée des zones côtières au Sénégal.....	3
1.5 À propos de ce rapport.....	3
2.0 Évaluation des actifs durables (SAVi)	6
2.1 Pensée systémique	7
2.2 Cartographie des systèmes.....	8
2.3 Analyse des données climatiques	12
2.4 Analyse coûts-bénéfices intégrée	18
3.0 Conclusions.....	34
Références.....	37
Annexe A. Résultats supplémentaires	40
Annexe B. Hypothèses de modélisation	50



Liste des tableaux

Tableau ES1. Réduction des dommages aux infrastructures évaluée en fonction de l'efficacité de la protection du projet de restauration des mangroves	v
Tableau ES2. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur des scénarios de fréquence des inondations, chiffres en millions de CFA actualisés à 3,5 %	ix
Tableau ES3. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur les scénarios SSP, chiffres en millions de CFA actualisés à 3,5 %	x
Tableau 1. Réduction des dommages aux infrastructures évaluée en fonction de l'efficacité de la protection du projet de restauration des mangroves	20
Tableau 2. Liste et définitions des indicateurs de l'analyse coûts-bénéfices	21
Tableau 3. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur des scénarios de fréquence des inondations, chiffres en millions actualisés à 3,5 %	26
Tableau 4. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur les scénarios SSP, chiffres en millions actualisés à 3,5 %	27
Tableau 5. Composition des bénéfices supplémentaires et des coûts évités pour les femmes	32
Tableau A1. Paramètres des scénarios d'inondations	44

Liste des figures

Figure ES1. Mangroves au Sénégal, en Casamance	iv
Figure 1. Visites sur le terrain	4
Figure 2. Atelier sur les diagrammes de boucles causales	4
Figure 3. Méthodologie d'évaluation des actifs durables	6
Figure 4. Diagramme des boucles causales des régions de Casamance et du Sine Saloum	9
Figure 5. Percentile de sécheresse extrême	14
Figure 6. Percentile des précipitations extrêmes	15
Figure 7. Température mensuelle moyenne	16
Figure 8. Précipitations moyennes (2000–2020)	17
Figure 9. Précipitations moyennes (2040–2060)	17
Figure 10. Efficacité de la protection avec une réduction de 2,5 % à 10 % des dommages causés aux infrastructures	20
Figure 11. Répartition des bénéfices (à l'exclusion des coûts évités liés aux dommages causés aux infrastructures)	29
Figure 12. Composition des bénéfices supplémentaires et des coûts évités pour les femmes	32
Figure A1. Carte de la couverture terrestre	40
Figure A2. Zone d'étude	41



Figure A3. Zone à risque d'inondation	41
Figure A4. Zone de qualité de l'habitat.....	42
Figure A5. Zone d'exportation des sédiments	43
Figure A6. Zone du modèle de refroidissement	43
Figure A7. Valeur actuelle nette selon les scénarios d'inondation en milliards de CFA	45
Figure A8. Valeur actuelle nette selon les scénarios climatiques SSP5-8.5 vs SSP3-7.0 en milliards de CFA	46
Figure A9. Rapport bénéfices-coûts dans différents scénarios d'inondation.....	47
Figure A10. Rapport bénéfices-coûts dans les scénarios SSP	48
Figure A11. Répartition des bénéfices (à l'exclusion des coûts évités liés aux dommages aux infrastructures)	49
Figure A12. Bénéfices totaux pour les femmes par rapport aux bénéfices totaux (valeurs globales)	49
Figure B1. Bâtiments publics	52
Figure B2. Réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures	53
Figure B3. Bâtiments résidentiels.....	54
Figure B4. Réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures	54
Figure B5. Routes.....	55
Figure B6. Réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures	56

Liste des encadrés

Encadré 1. Lecture d'un CLD	9
-----------------------------------	---



Glossaire

Actualisation	Technique financière utilisée pour ajuster la valeur des coûts ou bénéfices futurs à leur valeur actuelle, reflétant la valeur temporelle de l'argent. Elle consiste à appliquer un taux d'actualisation aux flux de trésorerie futurs afin de déterminer leur valeur actuelle, ce qui facilite les comparaisons et la prise de décision entre différentes périodes. L'actualisation permet aux analystes de tenir compte du coût d'opportunité du capital et de la préférence pour recevoir des bénéfices le plus tôt possible.
AMP (Aire marine protégée)	Zone marine et côtière bénéficiant d'un statut de protection et de gestion visant à conserver la biodiversité, les habitats et les ressources naturelles.
Analyse différenciée selon le genre	Approche qui examine comment les coûts, bénéfices, risques et opportunités d'un projet se répartissent différemment entre les femmes et les hommes. Dans ce rapport, elle sert à estimer la part des bénéfices captée par les femmes.
APAC (Aire du patrimoine communautaire)	Espace conservé et géré par les communautés locales sur la base de leurs pratiques, savoirs et institutions coutumiers, avec un rôle important dans la gouvernance locale des ressources naturelles.
Bénéfices nets	Montant cumulé des bénéfices monétaires accumulés dans tous les secteurs et par tous les acteurs pendant la durée de vie des investissements par rapport au scénario de référence, tel que rapporté par le scénario d'intervention.
Boucle de rétroaction	Chaîne d'effets dans laquelle une variable influence d'autres variables, qui finissent par agir en retour sur la variable initiale. Une boucle peut être renforçante si elle amplifie le changement, ou équilibrante si elle le freine.
CAPEX (dépenses d'investissement)	Coûts initiaux de mise en œuvre du projet, par exemple les dépenses de restauration et de plantation des mangroves.
Coût social du carbone	Valeur monétaire attribuée aux dommages évités ou bénéfices associés à l'évitement d'une tonne supplémentaire de CO ₂ dans l'atmosphère. Dans ce rapport, ce concept est utilisé pour monétiser la séquestration du carbone par les mangroves.
Estuaire inversé	Système estuarien dans lequel l'intrusion de l'eau de mer vers l'amont est favorisée par une forte évaporation, de faibles apports en eau douce et une circulation hydrologique limitée, ce qui accroît la salinité. C'est une notion importante pour comprendre le fonctionnement du Sine Saloum.



Externalités	Effets indirects, positifs ou négatifs, d'un projet sur la société, l'économie ou l'environnement, qui ne sont pas toujours pris en compte dans les évaluations financières classiques. Dans l'approche SAVi, ces externalités sont intégrées autant que possible dans l'analyse économique.
Franc CFA	Monnaie officielle de huit pays d'Afrique de l'Ouest, dont le Sénégal. Émis par la Banque centrale des États de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO), il est officiellement appelé franc CFA ouest-africain. À l'origine, CFA signifiait Communauté financière africaine.
Indicateur	Paramètre présentant un intérêt pour une ou plusieurs parties prenantes qui fournit des informations sur l'évolution des variables clés du système au fil du temps et sur les tendances qui se dessinent dans des conditions spécifiques (PNUE, 2014).
Infrastructure fondée sur la nature (IFN)	Ensemble d'interventions de protection, de restauration ou de gestion durable des écosystèmes naturelles visant à fournir des services utiles aux populations et aux activités économiques, tout en renforçant la résilience climatique, la biodiversité et le bien-être humain. Contrairement aux infrastructures grises, les infrastructures fondées sur la nature s'appuient sur les fonctions écologiques des milieux naturels — par exemple les mangroves, zones humides, forêts ou dunes — pour réduire les risques, améliorer les moyens de subsistance et générer des co-bénéfices environnementaux et sociaux.
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 et les instruments qualitatifs et quantitatifs pour la collecte de données et l'estimation des paramètres (PNUE, 2014).
OPEX (dépenses d'exploitation et d'entretien)	Coûts récurrents nécessaires au fonctionnement, à la gestion et à l'entretien du projet au fil du temps, par exemple la surveillance, l'entretien et la gestion communautaire.
Période de retour	Mesure statistique indiquant la fréquence moyenne attendue d'un événement extrême d'une certaine intensité, par exemple une inondation « 1 fois tous les 30 ans ».
PNA / PNAZC	Le Plan national d'adaptation (PNA) et le Plan national d'adaptation pour la zone côtière (PNAZC) désignent les cadres stratégiques du Sénégal pour renforcer la résilience climatique, notamment dans les zones littorales.



Rapport bénéfices-coûts (RBC)	Indicateur qui mesure l'efficacité d'un investissement en comparant l'ensemble des bénéfices économiques, y compris les externalités, aux coûts économiques associés à un projet ou à une initiative sur une période donnée. Il offre une appréciation globale de la viabilité économique de l'investissement en intégrant les impacts élargis au-delà des seuls rendements financiers directs.
Régime d'inondation	Ensemble d'hypothèses décrivant la fréquence et l'intensité des inondations dans le modèle. Le rapport distingue notamment un régime modéré et un régime sévère.
Résilience	Capacité d'un écosystème, d'une communauté ou d'un système socio-économique à absorber des perturbations, à s'adapter et à continuer à fonctionner malgré les chocs, notamment climatiques.
Scénario de référence	Situation de statu quo utilisée comme point de comparaison dans l'analyse. Il représente l'évolution probable du système en l'absence d'intervention du projet.
Scénario IFN	Scénario d'intervention intégrant les effets attendus des infrastructures fondées sur la nature, ici la restauration et la conservation des mangroves, sur les coûts évités et les bénéfices socio-économiques et environnementaux.
Scénarios	Prévisions concernant des événements futurs possibles utilisées pour analyser les réponses potentielles à ces développements nouveaux et 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 leurs causes possibles et des conséquences que ces voies futures pourraient avoir sur notre système (par exemple, un pays ou une entreprise).
Services écosystémiques	Bénéfices que les écosystèmes procurent aux populations et aux activités économiques. Dans ce rapport, ils incluent notamment la protection contre les inondations, la séquestration du carbone, l'amélioration de la qualité de l'eau, l'approvisionnement en bois, la production alimentaire et le soutien à la pêche.
Taux de rendement interne (TRI)	Taux d'actualisation qui rend la valeur actuelle nette (VAN) des bénéfices économiques (y compris les externalités) d'un projet ou d'une initiative égale à zéro. Il indique le taux de rendement auquel les bénéfices économiques du projet équilibrent ses coûts, en tenant compte de tous les impacts économiques.



Valeur actuelle nette (VAN)	Différence entre la valeur actuelle des bénéfices économiques (y compris les externalités) et la valeur actuelle des coûts économiques associés à un projet ou à une initiative pendant toute sa durée de vie. Elle quantifie l'impact monétaire net des aspects économiques du projet, en tenant compte de tous les coûts et bénéfices pertinents.
Validation du modèle	Processus consistant à évaluer dans quelle mesure le comportement du modèle (c'est-à-dire les résultats numériques) est cohérent avec le comportement observé dans la réalité (c'est-à-dire les statistiques nationales, les bases de données établies) et à évaluer si la structure du modèle développé (c'est-à-dire les équations) est acceptable pour saisir les mécanismes sous-jacents du système étudié (PNUE, 2014).



1.0 Introduction

1.1 Projet Natur'ELLES

Natur'ELLES est une initiative d'adaptation aux changements climatiques visant à renforcer la résilience des communautés côtières vulnérables au Sénégal, avec une attention particulière portée aux femmes dont les revenus dépendent des ressources naturelles des écosystèmes à mangroves.

Mise en œuvre dans le delta du Sine Saloum et en Casamance, l'initiative poursuit trois objectifs interdépendants : améliorer la biodiversité grâce à des infrastructures fondées sur la nature, instaurer des systèmes de gouvernance des ressources plus inclusives et équitables et accroître les retombées économiques issues des activités de conservation au profit des communautés locales. En abordant ces dimensions de manière intégrée, Natur'ELLES contribue à renforcer la résilience des populations côtières face aux changements climatiques tout en préservant les fonctions écologiques essentielles des mangroves (PMO-Natur'ELLES).

Le projet est dirigé par SOCODEVI et mis en œuvre dans une approche partenariale réunissant CAREM, CASADES, l'IISD, Nébédary, REFEPAS, Tayo Climate Partners, l'UICN et UR Sant Yalla. D'une durée de quatre ans, il s'étend de mars 2023 à mars 2027 et bénéficie d'un financement de 20 millions de dollars canadiens accordé par Affaires mondiales Canada. Il touche directement environ 22 000 personnes, dont au moins 70% de femmes et jeunes filles, réparties dans plus de 100 communautés situées au sein d'aires protégées (APAC, Aires des territoires du patrimoine autochtone communautaire) ainsi que dans un réseau d'aires marines protégées (AMP).

Les écosystèmes de mangroves ciblés par Natur'ELLES couvrent une superficie considérable : environ 180 000 hectares dans le Sine Saloum et 752 900 hectares en Casamance. Ces écosystèmes vitaux ont connu un déclin d'environ 35 % depuis les années 1980, sous l'effet combiné de la variabilité climatique et des pressions anthropiques. Afin d'inverser cette tendance, le projet intègre les savoirs écologiques traditionnels aux techniques contemporaines de restauration, en combinant la réhabilitation des mangroves, la promotion de pratiques de pêche durables et le développement d'opportunités économiques pour les femmes (PMO-Natur'ELLES).

Cette approche fournit le cadre analytique nécessaire à l'application de la méthodologie d'évaluation des actifs durables (SAVi), qui est utilisée pour évaluer les services écosystémiques générés par la restauration des mangroves et orienter les décisions d'investissement dans les infrastructures fondées sur la nature (PMO-Natur'ELLES).



1.2 Défis environnementaux et socio-économiques en Casamance

La Casamance, région située au sud-ouest du Sénégal, est confrontée à des pressions environnementales et socio-économiques étroitement liées, qui menacent les moyens de subsistance traditionnels et les systèmes de sécurité sociale locaux (Schönmann & Haller, 2025).

Réputée pour la fertilité de ses terres et sa longue tradition rizicole, la région connaît une forte variabilité des précipitations, qui touche directement la productivité agricole. Depuis les années 1960, la diminution des pluies a profondément modifié les cycles saisonniers, la saison des pluies débutant plus tard et se terminant plus tôt. Cette contraction du calendrier agricole contraint les agriculteurs à concentrer leurs activités sur des périodes plus courtes, tandis que l'incertitude croissante des précipitations complique la planification des cultures. La salinisation des rizières aggrave ces difficultés, en particulier dans les zones où l'entretien insuffisant des digues permet l'intrusion d'eau salée depuis les cours d'eau voisins, réduisant ainsi la productivité des terres cultivées (Schönmann & Haller, 2025).

Ces transformations environnementales ont accentué un phénomène ancien de migration de la main-d'œuvre en Casamance. Si la migration saisonnière vers les centres urbains tels que Dakar ou vers les zones touristiques côtières demeure une stratégie de subsistance de longue date, les pressions environnementales actuelles rendent de plus en plus difficile la conciliation entre emploi urbain temporaire et activités agricoles. Les coûts de transport, combinés au raccourcissement des saisons agricoles, limitent les retours au village pour les travaux agricoles essentiels, entraînant une pénurie persistante de main-d'œuvre dans les rizières privées et collectives (Schönmann & Haller, 2025).

1.3 Vulnérabilités liées au genre

Les femmes de Casamance font face à des vulnérabilités multiples qui limitent leur capacité d'adaptation aux changements climatiques. Elles assument principalement les responsabilités liées à l'approvisionnement en eau, aux activités pré-hivernales de préparation des champs et des rizières, tout en disposant d'un accès restreint à l'emploi rémunéré, ce qui accroît leur dépendance aux ressources naturelles. La surcharge de travail domestique et les faibles niveaux d'alphabétisation réduisent leur capacité à développer des activités génératrices de revenus, à accéder à l'information sur l'adaptation climatique, à rechercher un emploi ou à occuper des postes de décision (PMO- Natur'ELLES).

Les systèmes patriarcaux limitent fortement la participation des femmes aux structures de gouvernance locales, notamment celles qui régissent les zones protégées et les comités de pêche. La persistance de la violence basée sur le genre, y compris les grossesses et mariages précoces, constitue un obstacle majeur à l'autonomisation des femmes. Les activités économiques féminines se caractérisent par des conditions de travail difficiles, un accès difficile au crédit, un accès insuffisant aux équipements de protection et des contraintes de mobilité pour accéder aux ressources halieutiques. La faible productivité de ces activités



limite les revenus, accentue la vulnérabilité économique et expose davantage les femmes aux effets des changements climatiques et à l'insécurité alimentaire (PMO- Natur'ELLES).

Les femmes sont particulièrement affectées en raison de leur accès limité aux connaissances, aux équipements et aux ressources financières nécessaires à l'adaptation, de leur faible capacité organisationnelle et de leur marginalisation dans les espaces décisionnels. Les chaînes de valeur dominées par les femmes fonctionnent dans des conditions de marché défavorables, ce qui limite leur rentabilité et perpétue leur difficulté à répondre à leurs besoins pratiques et stratégiques (PMO-Natur'ELLES).

Face à ces défis écologiques et socio-économiques interdépendants, il apparaît essentiel d'intégrer la restauration des écosystèmes aux stratégies communautaires de gestion durable afin de protéger les mangroves, de renforcer la résilience climatique et de soutenir le bien-être des populations qui en dépendent (WIACO, 2025).

1.4 Changements climatiques et gestion intégrée des zones côtières au Sénégal

Le **Plan national d'adaptation pour la zone côtière** (PNAZC) du Sénégal définit les priorités nationales visant à renforcer la résilience des écosystèmes, des communautés et des infrastructures côtières. Il identifie les zones à haut risque, précise les besoins d'adaptation, fixe les priorités d'investissement et de politique publique, et clarifie les rôles des institutions nationales, régionales et locales dans la mise en œuvre de l'adaptation côtière. Le PNAZC repose sur quatre piliers :

1. l'amélioration de la protection du littoral et de l'aménagement du territoire
2. le renforcement de la capacité d'adaptation des communautés côtières
3. l'amélioration de la gouvernance et de la coordination multi-niveaux
4. l'amélioration de l'information climatique, de la surveillance et du partage des connaissances

Le plan promeut la gestion intégrée des zones côtières et met l'accent sur les solutions fondées sur la nature, en complément des mesures de protection matérielles et immatérielles. Il guide ainsi la conception, la budgétisation et le séquençage des projets le long du littoral sénégalais. En combinant solutions techniques, participation communautaire et approches sensibles au genre, le PNAZC vise à préserver les habitats naturels et les moyens de subsistance tout en réduisant les vulnérabilités physiques, sociales et économiques face à l'intensification des pressions climatiques (MEDD, 2022).

1.5 À propos de ce rapport

Ce rapport constitue le volet consacré à la Casamance d'une évaluation en deux parties de la valeur des actifs durables (SAVi) associés à la restauration des mangroves au Sénégal. Le rapport complémentaire couvre la région du Sine Saloum.

Les zones d'intervention en Casamance comprennent 82 villages, représentant une population totale de 155 806 personnes réparties entre des aires marines protégées (Kalone Bliss Kassa, Kalolaa Boug Fogny) et des aires du patrimoine communautaire autochtone (Kawawana, Kamite, Kourèye, Badala Bona). Les populations locales dépendent fortement de la pêche et de l'exploitation des ressources naturelles. Cela est particulièrement vrai pour les femmes, qui tirent une part importante de leurs revenus de la pêche artisanale et de la récolte des fruits de mer, notamment des huîtres (PMO-Natur'ELLES).

Sur ces 6 sites, le projet prévoit la restauration de 207 hectares de mangroves dégradées et la préservation de 28 796 hectares de mangroves existantes. Bien qu'environ 47 851 personnes vivent directement au sein de ces zones protégées, le rapport examine également les impacts potentiels à l'échelle plus large des départements de Bignona et de Bounkiling, reconnaissant que l'amélioration des services écosystémiques bénéficie aux communautés côtières au-delà des limites immédiates du projet.

Figure 1. Visites sur le terrain



Source : Institut international du développement durable (IISD).

Figure 2. Atelier sur les diagrammes de boucles causales



Source : IISD.



Le rapport applique la méthodologie SAVi afin d'évaluer la valeur économique, environnementale et sociale générée par la restauration des mangroves en Casamance. L'analyse combine la cartographie des systèmes, la modélisation de scénarios climatiques et un modèle Excel pour produire une analyse coûts-bénéfices intégrée, fournissant des indicateurs clés de performance tels que le ratio bénéfices-coûts, la valeur actuelle nette et le taux de rendement interne.

Cette analyse repose sur un partenariat coordonné entre SOCODEVI et les partenaires de mise en œuvre du projet : Casades, Carem, Nébédjay, Refepas, Tayo et l'UICN. Des visites de terrain et des ateliers participatifs ont permis d'ancrer l'analyse dans les réalités écologiques, sociales et institutionnelles locales. En intégrant les perspectives des parties prenantes à une modélisation quantitative, les résultats de la SAVi démontrent comment la restauration des mangroves en Casamance peut renforcer la résilience côtière, soutenir des moyens de subsistance durables et contribuer aux objectifs nationaux d'adaptation aux changements climatiques.

Ce rapport est structuré de manière à fournir une analyse cohérente des bénéfices potentiels du reboisement des mangroves en Casamance.

Il commence par présenter la méthodologie SAVi, qui intègre des évaluations sociales, économiques et environnementales afin d'évaluer les résultats des investissements dans les infrastructures naturelles (section 2). Sur cette base, le rapport souligne l'importance de la pensée systémique, en montrant comment cette approche peut être utilisée pour saisir l'interconnexion des systèmes naturels, sociaux et économiques en Casamance (section 2.1).

Pour illustrer ce concept dans la pratique, une carte du système, élaborée en collaboration avec les parties prenantes locales de la Casamance, est présentée. Elle met en évidence les relations clés et les boucles de rétroaction qui influent sur les écosystèmes de mangroves, les activités économiques, les événements climatiques dangereux et la santé (section 2.2).

Cette carte est suivie d'une analyse des données climatiques locales, notamment des phénomènes météorologiques extrêmes, des fluctuations de température et des tendances en matière de précipitations, qui permet de comprendre les risques climatiques de la région (section 2.3).

Le rapport se poursuit ensuite par une analyse coûts-bénéfices intégrée, détaillant la méthodologie, les scénarios, les indicateurs et les résultats, et fournissant une évaluation complète de l'impact des IFN selon les scénarios de changements climatiques et de risque d'inondation (section 2.4).

Dans la conclusion, les principales conclusions sont résumées (section 3), et des résultats détaillés supplémentaires ainsi que les hypothèses de modélisation sont fournis en annexe. Ensemble, ces sections forment un récit cohérent qui s'appuie sur des approches théoriques pour aboutir à des évaluations pratiques du reboisement des mangroves en Casamance.

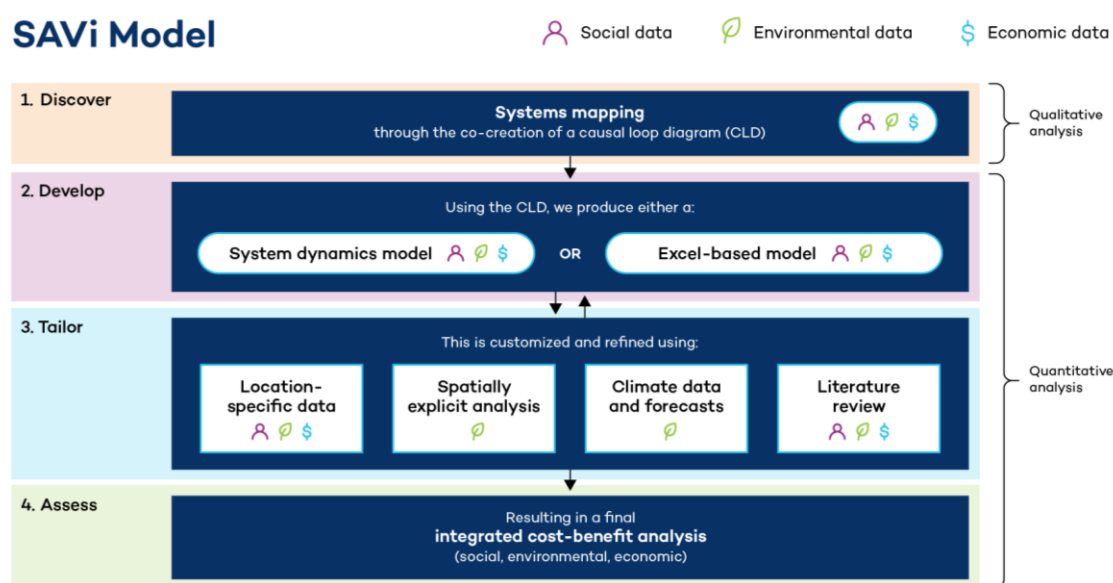


2.0 Évaluation des actifs durables (SAVi)

Ce chapitre présente la méthodologie et les résultats de l'évaluation des actifs durables, comme illustré à la figure 3. Il s'ouvre par une mise en contexte des interventions à une échelle plus large, fondée sur l'utilisation de la pensée systémique et de la cartographie des systèmes. À partir de ce cadre qualitatif, le chapitre intègre ensuite des méthodes quantitatives, notamment des projections de scénarios climatiques et une analyse coûts-bénéfices (ACB) complète, afin d'évaluer les effets à long terme des interventions proposées. Cette approche intégrée permet une analyse approfondie des impacts immédiats et futurs des actions de restauration des mangroves en Casamance.

La SAVi est une méthodologie d'évaluation qui offre aux décideurs publics et aux investisseurs une analyse détaillée du cycle de vie des projets d'infrastructures fondées sur la nature. Elle prend en compte les impacts sociaux, environnementaux et économiques souvent négligés dans les évaluations de projets conventionnelles. En combinant la pensée systémique à divers outils de modélisation quantitative, la SAVi couvre l'ensemble des coûts, y compris les risques environnementaux, sociaux, économiques et de gouvernance. Elle attribue également une valeur monétaire aux externalités, permettant ainsi une évaluation plus fine et holistique. Cette approche globale soutient des décisions d'investissement alignées sur les objectifs de développement régional, les stratégies d'adaptation aux changements climatiques et les Objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies, tout en garantissant des résultats à la fois financièrement viables et durables.

Figure 3. Méthodologie d'évaluation des actifs durables



Source : IISD.



2.1 Pensée systémique

La pensée systémique offre aux décideurs un cadre d'analyse global qui met en lumière les interconnexions entre les dimensions sociales, environnementales et économiques (Meadows & Wright, 2011 ; Sanneh, 2018 ; Stroh, 2015). Plutôt que de privilégier des solutions linéaires ou à court terme, elle favorise une compréhension approfondie des interactions entre les différents éléments d'un système dans le temps, révélant à la fois des synergies et des compromis potentiels (Sterman, 2000). En se concentrant sur ces interrelations, la pensée systémique permet d'identifier les causes profondes des problèmes et de concevoir des interventions inscrites dans des stratégies de long terme (Jackson, 2019). Elle contribue également à clarifier les réseaux complexes de causalité, facilitant ainsi l'identification de conséquences imprévues telles que des solutions temporaires susceptibles d'aggraver les problèmes à plus long terme (Moallemi et al., 2022). Cette approche relie une compréhension qualitative à des modèles quantitatifs, offrant à la fois rigueur analytique et clarté interprétative (Probst & Bassi, 2014).

Appliquée aux enjeux de durabilité, la pensée systémique élargit l'analyse au-delà des préoccupations immédiates (Voulvoulis et al., 2022). Chaque décision dépasse alors le cadre d'une action ponctuelle pour devenir un levier potentiel de transformation durable. Maintenir un équilibre entre les besoins présents et les impacts futurs nécessite de dépasser les cloisonnements et de relier les secteurs, les disciplines et les horizons temporels. Les défis systémiques ne se manifestent pas de manière isolée et les réponses efficaces reposent nécessairement sur la collaboration. À cet égard, la pensée systémique soutient une vision intégrée et favorise la participation inclusive de toutes les parties prenantes indispensable à la résolution des problématiques complexes contemporaines (Senge, 2006).

Sur le plan opérationnel, la pensée systémique constitue à la fois un guide et un garde-fou pour les décideurs. Elle permet de cartographier les relations de causalité entre les actions et leurs effets, mettant en évidence des boucles de rétroaction et des dynamiques comportementales qui pourraient autrement passer inaperçues. Cette perspective globale aide à éviter des décisions à courte vue susceptibles de générer des impacts négatifs à long terme, en réorientant l'attention des solutions isolées vers le renforcement de la résilience du système dans son ensemble (Chroust & Finlayson, 2016). Les décisions ne se limitent plus au traitement des symptômes immédiats, mais contribuent à l'élaboration de cadres favorisant la durabilité, l'équité et la capacité d'adaptation dans le temps. En définitive, la pensée systémique rappelle que toute action s'inscrit dans un réseau interconnecté étendu dans l'espace et dans le temps, permettant ainsi d'élaborer des stratégies capables de répondre aux urgences actuelles tout en renforçant la prospérité à long terme.

Appliquée à la région de la Casamance, la pensée systémique permet d'adopter une vision de long terme dans laquelle les actions immédiates, telles que la restauration des mangroves, sont envisagées comme des composantes d'une stratégie intégrée visant à rétablir l'équilibre écologique et à promouvoir un développement durable. La restauration des mangroves ne se limite pas au renforcement de la protection côtière ; elle contribue également à accroître la résilience des écosystèmes, tout comme la préservation de la biodiversité à travers les pêches expérimentales, et à préserver des services écosystémiques essentiels, notamment la régulation de la salinité de l'eau, le soutien à la reproduction des pêcheries et le maintien des



moyens de subsistance des communautés locales comme par exemple la pêche ou l'élevage d'huîtres et d'autres coquillages de manière durable.

La dynamique complexe illustrée par le diagramme de boucles causales met en évidence la manière dont les changements touchant une composante du système peuvent entraîner des effets en cascade sur l'ensemble du territoire. La croissance démographique et l'augmentation de la demande en bois et en terres agricoles contribuent à la dégradation des mangroves, ce qui limite la régénération des stocks halieutiques et accentue l'érosion côtière. Par ailleurs, l'élévation du niveau de la mer, la réduction de la disponibilité en eau douce et l'intensification des taux d'évaporation perturbent l'équilibre fragile de la salinité de l'eau, exacerbant ainsi les pressions exercées sur les écosystèmes de mangroves et sur les communautés locales. Face à ces défis interdépendants, la pensée systémique souligne la nécessité d'une planification holistique intégrant simultanément les dimensions environnementales, sociales et économiques.

2.2 Cartographie des systèmes

Une manière efficace d'appliquer la pensée systémique consiste à synthétiser les différentes composantes d'un système et leurs interactions au moyen d'un processus appelé cartographie des systèmes. La cartographie des systèmes est une méthode à la fois collaborative et analytique qui permet de visualiser et de comprendre les éléments constitutifs d'un système complexe ainsi que les interconnexions qui les relient. Cette approche répond à plusieurs objectifs, notamment l'analyse du fonctionnement global d'un système et l'identification d'interventions potentielles visant à en améliorer les performances (Barbrook-Johnson & Penn, 2022).

Dans le cadre de cette évaluation SAVi, une cartographie des systèmes, représentée sous la forme d'un diagramme de boucles causales, a été élaborée pour les régions de la Casamance et du Sine Saloum, comme illustré à la figure 4, en raison des similitudes observées dans leurs dynamiques socio-écologiques. Ce diagramme analyse les principales variables du système, leurs relations de cause à effet et les boucles de rétroaction qui façonnent les comportements observés. Il a été développé au cours d'un processus itératif d'ateliers participatifs, intégrant des consultations approfondies avec les communautés locales afin de saisir les dynamiques propres à chaque territoire. Ce processus a compris trois visites de terrain dans les zones de mangroves ainsi que trois ateliers avec les communautés locales. Les participants représentaient un large éventail d'acteurs, notamment des organisations non gouvernementales, des associations de pêcheurs, des agriculteurs, des associations de femmes, des autorités municipales, des universitaires et des leaders communautaires. Au total, 31 participants ont pris part aux ateliers à Kafountine (25 hommes et 6 femmes), 29 à Baïla (18 hommes et 11 femmes) et 24 à Palmarin (17 hommes et 7 femmes).

Les résultats ont donné lieu à une analyse qualitative approfondie, permettant de recueillir les savoirs locaux, de valider le diagramme de boucles causales et d'identifier les valeurs ainsi que les priorités des parties prenantes. Par ailleurs, ce processus a contribué à préciser les besoins en matière d'analyse quantitative, notamment en ce qui concerne les données, les cartes et les indicateurs requis pour l'analyse coûts-bénéfices. Cette démarche participative et itérative a ainsi permis de garantir que la cartographie du système reflète fidèlement la



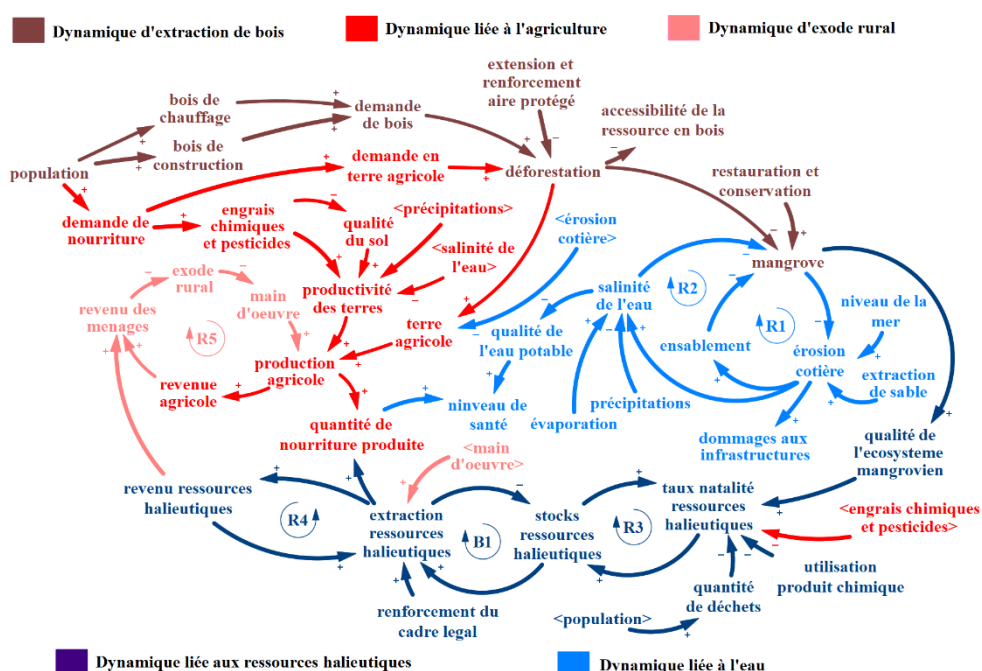
complexité des dynamiques socio-écologiques et sexospécifiques influençant la conservation et la restauration des mangroves dans ces régions, constituant une base robuste pour les analyses quantitatives ultérieures.

Comme indiqué précédemment, la méthodologie SAVi vise à fournir aux décideurs des éléments de preuve à la fois qualitatifs et quantitatifs. Les connaissances présentées dans cette section servent de fondement à l'analyse quantitative développée par la suite. En particulier, les composantes et les relations mises en évidence par le diagramme de boucles causales sont étroitement alignées avec les indicateurs quantifiés intégrés à l'analyse coûts-bénéfices. Pour faciliter la lecture et l'interprétation du diagramme, il est recommandé de se référer au code couleur présenté tout au long du récit.

Encadré 1. Lecture d'un CLD

Un diagramme de boucles causales (CLD) est un outil qui favorise la pensée systémique en illustrant les relations entre les composantes d'un système. Les flèches représentent les liens de causalité, tandis que les signes « plus » et « moins » indiquent la nature de ces relations. Un signe « plus » signifie que deux variables évoluent dans le même sens, correspondant à une corrélation positive, tandis qu'un signe « moins » indique qu'elles évoluent en sens opposés, traduisant une corrélation négative. Les boucles de rétroaction sont qualifiées de renforçantes (R) ou d'équilibrantes (B). Une boucle renforçante indique qu'un changement d'une variable entraîne des changements supplémentaires dans le même sens, alors qu'une boucle équilibrante tend à atténuer ou à stabiliser les variations du système.

Figure 4. Diagramme des boucles causales des régions de Casamance et du Sine Saloum



Source : Auteur.



Le diagramme de boucles causales (CLD) présenté dans ce rapport vise à représenter les dynamiques socio-écologiques à l'œuvre au sein des communautés de Casamance et du Sine Saloum. Les limites du diagramme correspondent au périmètre des projets de conservation et de restauration étudiés. Il est le fruit de discussions menées avec un large éventail d'acteurs des deux régions, notamment des représentants de collectifs et d'associations, des chefs de village et des agents chargés de la protection de l'environnement.

La méthodologie adoptée pour élaborer ce diagramme s'est déroulée en plusieurs étapes : (1) une première identification des liens de causalité avant les visites de terrain ; (2) l'organisation d'ateliers participatifs avec des groupes de discussion de cinq à dix participants, visant à identifier les problématiques, leurs causes et les solutions potentielles ; (3) des entretiens entre les modérateurs des ateliers et le modélisateur afin de construire une vision d'ensemble ; (4) l'ajustement du CLD par le modélisateur sur la base des résultats des entretiens ; (5) la présentation et la validation du diagramme révisé avec l'ensemble des participants ; et enfin (6) l'intégration des ajustements finaux à l'issue de cette validation collective.

Les relations de causalité sont indiquées par des flèches annotées d'un signe « plus » (+) ou « moins » (-). Un signe « plus » entre un élément A et un élément B signifie qu'une augmentation de A entraîne une augmentation de B, tandis qu'une diminution de A entraîne une diminution de B. À l'inverse, un signe « moins » indique qu'une augmentation de A conduit à une diminution de B, et qu'une diminution de A entraîne une augmentation de B.

Dynamique liée à l'eau : Les changements climatiques touchent les eaux et les sols des écosystèmes de mangroves à travers plusieurs mécanismes, notamment la diminution des précipitations, l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation de l'évaporation. La baisse des précipitations perturbe l'équilibre naturel entre l'eau douce et l'eau salée dans le delta. En temps normal, la salinité de l'écosystème résulte d'un équilibre entre les apports d'eau douce issus des précipitations et l'intrusion d'eau salée en provenance de la mer. La rupture de cet équilibre a des incidences négatives sur les mangroves et complique l'accès à l'eau douce pour les populations locales. Par ailleurs, l'élévation du niveau de la mer provoque une érosion côtière accrue, la mer emportant d'importantes quantités de sable et permettant à l'eau salée de pénétrer plus profondément dans le delta. Cette érosion est aggravée par l'extraction domestique de sable à des fins de construction. Les modifications des sédiments et de la salinité de l'eau réduisent la capacité des mangroves à survivre et à se régénérer. Enfin, l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration accentue la salinité des milieux peu profonds, ce qui renforce les pressions exercées sur les mangroves. La dégradation de ces écosystèmes diminue leur capacité de protection côtière, amplifiant ainsi l'érosion et alimentant un cycle de dégradation continue.

Dynamique liée à la pêche : Les mangroves jouent un rôle essentiel dans le maintien des stocks halieutiques en tant qu'habitats de reproduction et de nurserie. Leur dégradation réduit la survie des juvéniles et les taux de reproduction des poissons, entraînant une diminution des stocks disponibles. Cette baisse limite les ressources exploitables par les communautés pour leur subsistance et leurs revenus. La pollution, notamment par les plastiques, les engrais et les produits chimiques, accentue encore ces effets négatifs. Le niveau d'exploitation dépend directement de la taille des stocks : des stocks abondants permettent une exploitation plus importante, tandis que des stocks réduits rendent l'activité



plus difficile. L'augmentation des revenus issus de la pêche peut également encourager une exploitation accrue, souvent aggravée par une surexploitation non réglementée liée à des capacités de contrôle limitées. Il convient de souligner que les huîtres et les crustacés, ressources clés pour les femmes, constituent une source de revenus particulièrement importante.

Dynamique de l'exploitation du bois : La croissance démographique entraîne une hausse de la demande en bois, tant pour le combustible que pour la construction, exerçant une pression directe sur les mangroves. À mesure que les ressources se raréfient, l'accès au bois devient plus difficile, l'exploitation dépassant les capacités de régénération naturelle. Dans les zones insulaires, le bois de mangrove demeure la principale source d'énergie et de matériaux de construction, renforçant la pression sur cet écosystème.

Dynamique agricole : Les pressions exercées sur les mangroves sont également accentuées par l'augmentation de la demande alimentaire liée à la croissance démographique. L'expansion des terres agricoles se traduit par une conversion partielle des mangroves et des forêts en pâturages et en champs cultivés. L'intensification agricole, notamment par l'utilisation d'engrais et de pesticides, améliore la productivité à court terme mais dégrade les sols sur le long terme, entraînant des pertes de rendement. La productivité agricole dépend par ailleurs de la disponibilité en eau douce et des niveaux de salinité. En période de sécheresse, la baisse des récoltes conduit à une intensification des activités de pêche, établissant ainsi un lien étroit entre les dynamiques agricoles et halieutiques.

Dynamique de l'exode rural : Les revenus des ménages, principalement issus de l'agriculture et de la pêche, influencent fortement la qualité de vie. Lorsque ces revenus stagnent ou n'augmentent pas au même rythme que le coût de la vie, les populations sont de plus en plus incitées à migrer vers d'autres régions à la recherche d'opportunités économiques. Les jeunes diplômés rencontrent notamment des difficultés à revenir s'installer et à exercer des activités locales faiblement rémunérées. Cet exode réduit la main-d'œuvre disponible pour les activités productives, ce qui est étroitement lié à l'épuisement des ressources et limite la génération de revenus. Il entraîne également une érosion des traditions ancestrales et de l'identité culturelle, dimensions particulièrement importantes pour les femmes.

Dynamique de restauration et de conservation : Les activités de restauration et de conservation enclenchent un cercle vertueux de régénération naturelle : plus la superficie de mangroves est importante, plus la production de semis augmente, favorisant une croissance supplémentaire de l'écosystème. Ces dynamiques bénéficient directement aux communautés en renforçant (1) la résilience côtière face à l'élévation du niveau de la mer et aux événements climatiques extrêmes, (2) la qualité des écosystèmes marins et la stabilité de la salinité de l'eau, et (3) les taux de reproduction des stocks halieutiques. En outre, l'extension et le renforcement des aires protégées contribuent au succès des efforts de restauration, soutiennent la régénération naturelle des écosystèmes et freinent, voire empêchent, la conversion des mangroves en terres agricoles ou en pâturages ainsi que la déforestation liée à la demande en bois.



2.3 Analyse des données climatiques

Les données climatiques utilisées dans cette analyse reposent sur les scénarios des trajectoires socio-économiques partagées (Shared Socioeconomic Pathways, SSP). Les SSP définissent différentes trajectoires de référence susceptibles d'émerger en fonction de facteurs structurels tels que la croissance démographique, l'innovation technologique, le développement économique et les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre qui en découlent (Carbon Brief, 2018). Chaque SSP s'appuie sur des scénarios narratifs décrivant les grandes tendances socio-économiques susceptibles de façonner les sociétés futures.

Dans ce cadre, la présente étude examine trois trajectoires climatiques telles que caractérisées par Meinshausen et al. (2020) :

- **SSP1-2.6** (« scénario 2 °C ») : cette trajectoire décrit un monde orienté vers la durabilité, marqué par une faible croissance démographique, une diffusion rapide des technologies d'énergie propre et une forte coopération internationale en matière de politiques climatiques. Elle suppose des investissements substantiels dans les énergies renouvelables, des efforts accrus de reboisement et des améliorations significatives de l'efficacité énergétique, conduisant collectivement à une réduction des émissions de gaz à effet de serre (Meinshausen et al., 2020).
- **SSP3-7.0** (scénario de référence pour des émissions moyennes à élevées) : ce scénario est caractérisé par des rivalités régionales, des progrès technologiques lents et des réponses politiques fragmentées. La croissance démographique demeure élevée dans les régions en développement, tandis que la croissance économique et les niveaux d'éducation progressent lentement, limitant ainsi les capacités d'atténuation. La dépendance au charbon et aux autres combustibles fossiles persiste, les pressions sur l'utilisation des terres s'intensifient et les émissions de gaz à effet de serre augmentent, entraînant un réchauffement global d'environ 3 °C d'ici la fin du siècle (Meinshausen et al., 2020).
- **SSP5-8.5** (scénario à forte intensité d'énergies fossiles) : cette trajectoire dépeint un monde caractérisé par une croissance économique rapide, une forte dépendance aux combustibles fossiles et une atténuation climatique limitée. La demande énergétique augmente fortement et est principalement satisfaite par une consommation soutenue de charbon, de pétrole et de gaz. Les progrès technologiques privilégient la productivité et la consommation plutôt que la décarbonation, ce qui conduit à une augmentation de la température mondiale de plus de 4 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Le scénario SSP5-8.5 représente ainsi un avenir à très fortes émissions, associé à des impacts climatiques sévères et à des risques accrus pour les écosystèmes et les systèmes humains (Meinshausen et al., 2020).

Chaque trajectoire SSP implique des évolutions distinctes des risques climatiques, tels que la fréquence et l'intensité des épisodes de sécheresse et de précipitations extrêmes, influençant la manière dont ces aléas pourraient se manifester en Casamance et orientant l'évaluation des stratégies futures d'adaptation. Bien que ces scénarios globaux fournissent un cadre analytique précieux, il est essentiel de reconnaître que leurs impacts peuvent varier considérablement à l'échelle régionale. Des facteurs locaux, notamment la géographie, les



conditions socio-économiques et les caractéristiques environnementales, modulent la traduction de ces tendances globales à l'échelle territoriale.

Par conséquent, si les SSP constituent un outil pertinent pour explorer des futurs climatiques possibles, une analyse climatique contextualisée à l'échelle locale demeure indispensable pour appréhender les défis et les risques spécifiques auxquels sont confrontées les communautés de Casamance. Dans cette perspective, les sections suivantes examinent quatre indicateurs climatiques clés : les épisodes de sécheresse extrême, les épisodes de précipitations extrêmes, la température moyenne et les précipitations mensuelles moyennes. Les données associées à ces indicateurs sont issues de la base de données Copernicus de l'Union européenne.⁴

Épisodes de sécheresse extrême

Comme l'illustre la figure 5, l'évolution des épisodes de sécheresse extrême varie sensiblement au cours du siècle selon les trois scénarios d'émissions. Dans le scénario SSP1-2.6, le percentile de sécheresse extrême présente une variabilité marquée, avec un pic notable au cours de la période 2020–2030, suivi d'une stabilisation relative à des niveaux modérés jusqu'au milieu du siècle, avant une nouvelle augmentation vers la fin du siècle, autour de 2090–2100.

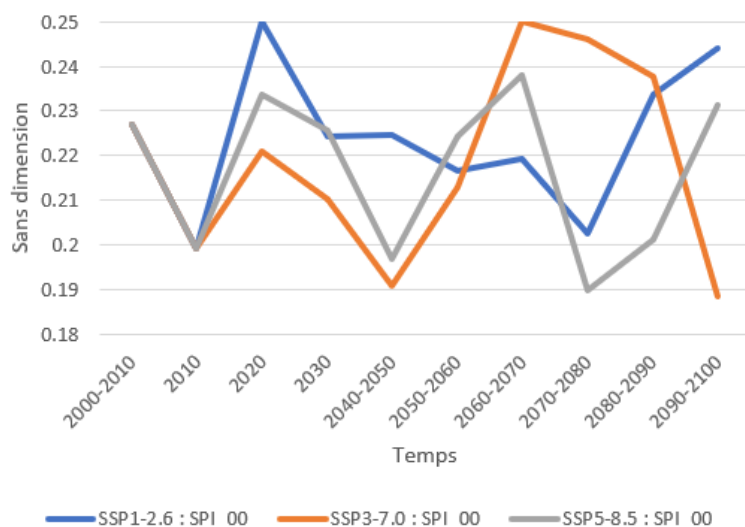
Le scénario SSP3-7.0 se distingue par une hausse prononcée des épisodes de sécheresse extrême au cours des périodes 2060–2070 et 2070–2080, atteignant les valeurs les plus élevées parmi l'ensemble des scénarios avant de connaître une diminution marquée au cours des dernières décennies du siècle. À l'inverse, le scénario SSP5-8.5 est caractérisé par une forte variabilité tout au long du siècle, avec un pic important dès le milieu du siècle, autour de 2030, ainsi que des niveaux élevés durant la période 2060–2070, suivis d'une baisse notable entre 2070 et 2080.

Ces trajectoires contrastées suggèrent que les épisodes de sécheresse extrême s'intensifient particulièrement dans le scénario d'émissions intermédiaires à élevées (SSP3-7.0) au cours de la seconde moitié du siècle, tandis que le scénario à très fortes émissions (SSP5-8.5) se caractérise par une plus grande instabilité interannuelle. De telles évolutions sont susceptibles d'amplifier les impacts de la sécheresse dans la région, en fragilisant les écosystèmes, en réduisant la disponibilité en eau et en accentuant la vulnérabilité des communautés locales, notamment lors des périodes de sécheresse maximale.

⁴ Disponible à l'adresse <https://www.copernicus.eu/en>



Figure 5. Percentile de sécheresse extrême



Source : Données Copernicus de l'Union européenne.

Événements de précipitations extrêmes

Comme l'illustre la figure 6, l'évolution des événements de précipitations extrêmes varie sensiblement selon les scénarios d'émissions tout au long du siècle. Dans le scénario SSP5-8.5, correspondant à des émissions élevées, le percentile des précipitations extrêmes débute à un niveau relativement élevé au début des années 2000, puis connaît une diminution marquée et soutenue. Cette baisse s'accroît entre 2050 et 2060 et se maintient à des niveaux très faibles jusqu'à la fin du siècle.

Le scénario SSP3-7.0 présente une trajectoire comparable, avec une augmentation initiale et un pic observé autour de la période 2030–2040, suivis d'un déclin rapide. Dans ce scénario, les événements de précipitations extrêmes deviennent progressivement plus rares au cours de la seconde moitié du siècle. À l'inverse, le scénario SSP1-2.6, associé à de faibles émissions, affiche une dynamique plus résiliente, marquée par un pic durant la période 2070–2080, puis par une stabilisation à des niveaux modérés, suggérant un maintien relatif de la capacité à générer des épisodes de précipitations extrêmes.

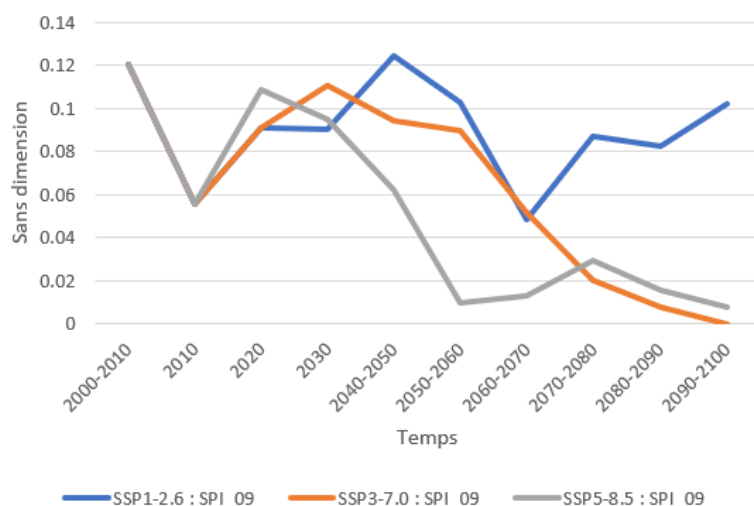
Dans les scénarios à fortes émissions, en particulier le SSP5-8.5, la diminution des percentiles extrêmes de précipitations indique une raréfaction des événements pluvieux intenses. Cette évolution traduit moins une réduction du volume total de précipitations qu'une modification de leur distribution et de leur intensité. De tels changements ont des répercussions hydrologiques majeures : la baisse de l'intensité des épisodes pluvieux peut limiter la recharge des nappes phréatiques et réduire les débits fluviaux, modifiant en profondeur le fonctionnement hydrologique régional et compromettant la sécurité hydrique des populations et des écosystèmes.

Comme mis en évidence dans l'analyse de la dynamique des systèmes, ces transformations hydrologiques interagissent avec d'autres facteurs de stress environnementaux, influant sur les risques d'inondation, la dynamique de l'humidité des sols et la productivité agricole. Ces



effets en cascade ont des répercussions significatives sur la résilience des communautés locales et la durabilité des moyens de subsistance, soulignant les interdépendances complexes entre la variabilité climatique et les systèmes socio-écologiques dont dépendent les populations.

Figure 6. Percentile des précipitations extrêmes



Source : Données Copernicus de l'Union européenne.

Température mensuelle moyenne

Comme l'illustre la figure 7, les projections de température montrent des trajectoires contrastées selon les trois scénarios d'émissions. Dans le scénario à faibles émissions (SSP1-2.6), les températures mensuelles moyennes demeurent relativement stables tout au long du siècle, oscillant entre environ 27,2 °C et 27,5 °C. Ce réchauffement limité et stabilisé reflète l'efficacité des efforts d'atténuation des changements climatiques, qui permettent de contenir l'augmentation des températures.

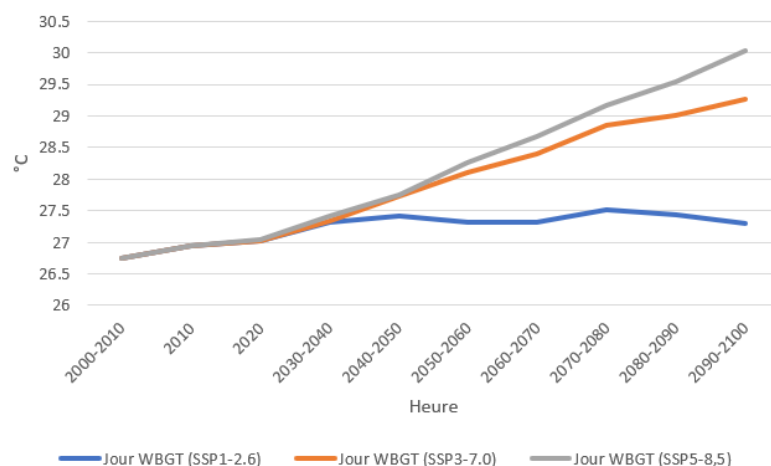
Le scénario à émissions intermédiaires (SSP3-7.0) se caractérise par une hausse progressive et soutenue des températures, passant d'environ 27 °C au début du siècle à près de 29,2 °C à l'horizon 2100. À l'inverse, le scénario à fortes émissions (SSP5-8.5) présente le réchauffement le plus marqué, avec des températures qui augmentent de manière continue, passant d'environ 26,8 °C pour dépasser 30 °C d'ici la fin du siècle, soit une élévation de plus de 3,2 °C sur la période prise en considération.

Cette augmentation des températures dans les scénarios à fortes émissions constitue une menace majeure pour les écosystèmes et les communautés locales. La hausse des températures accélère les processus d'évapotranspiration, intensifie le stress hydrique et perturbe l'équilibre salin délicat indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes de mangroves. Elle réduit également la capacité des sols à retenir l'humidité, aggravant les conditions de sécheresse et générant des effets en cascade sur les plans environnemental et socio-économique. En outre, des températures plus élevées peuvent nuire à la productivité halieutique, diminuer les rendements agricoles, dégrader la qualité de l'eau et menacer



directement les moyens de subsistance des communautés dépendantes des ressources naturelles, notamment la pêche, l'aquaculture et l'agriculture.

Figure 7. Température mensuelle moyenne



Source : Données Copernicus de l'Union européenne.

Précipitations moyennes

La figure 8 présente les précipitations moyennes observées sur la période 2000–2020, tandis que la figure 9 illustre les projections pour le milieu du siècle (2040–2060), mettant en évidence des tendances et des évolutions significatives de la dynamique saisonnière des précipitations. Au cours de la période historique, la zone d'étude se caractérise par une saison des pluies bien marquée, s'étendant de juin à octobre, avec un pic de précipitations entre août et septembre, lorsque les cumuls mensuels atteignent environ 300 à 500 mm. À l'inverse, la saison sèche est tout aussi distincte et s'étend de novembre à mai.

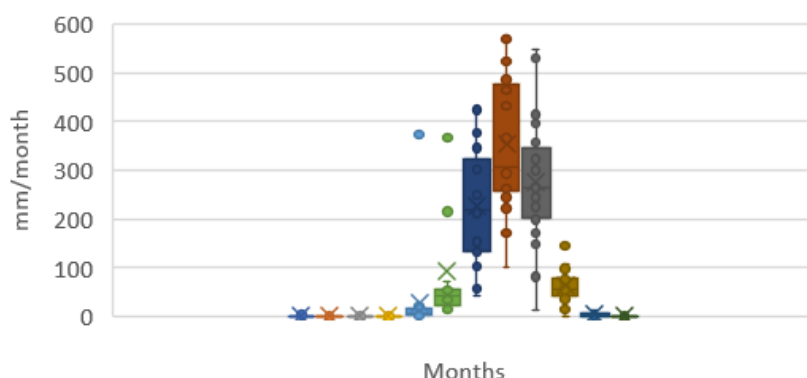
Les projections pour le milieu du siècle conservent cette structure saisonnière globale, mais révèlent néanmoins des changements notables. Si la saison des pluies demeure principalement concentrée entre juillet et octobre, les données indiquent une plus grande régularité des précipitations et une réduction de la variabilité durant les mois de pointe, comme en témoignent des fourchettes d'incertitude plus étroites. Cette évolution contraste fortement avec les fluctuations interannuelles marquées observées sur la période 2000–2020. En revanche, durant les mois de transition ainsi que pendant la saison sèche, l'incertitude associée aux précipitations tend à augmenter.

Ces modifications du régime pluviométrique ont des incidences majeures pour les systèmes socio-écologiques de la région, comme l'illustre le diagramme de boucles causales. Les changements dans le calendrier et l'intensité saisonnière des précipitations perturbent directement les cycles agricoles de plantation et de récolte, influent sur la disponibilité en eau douce pour les communautés locales et modifient l'équilibre salin délicat indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes de mangroves. Par ailleurs, l'augmentation de la variabilité des précipitations, notamment les fourchettes d'incertitude plus larges projetées pour le milieu du siècle, pourrait accentuer les défis d'adaptation auxquels sont confrontées les femmes et les populations vulnérables. Ces groupes dépendent fortement de régimes



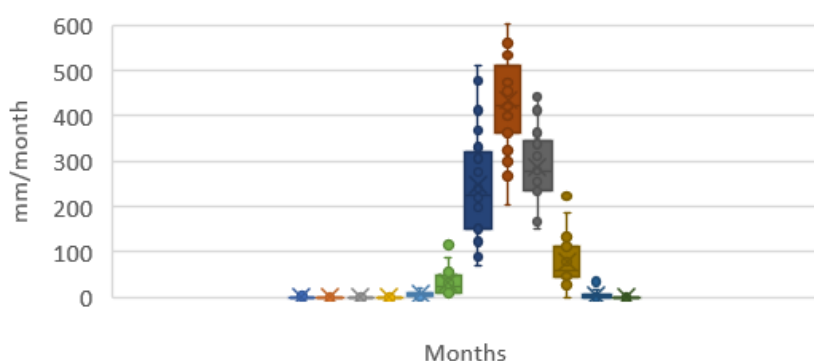
saisonniers prévisibles pour leurs principales activités de subsistance, en particulier la pêche, l'agriculture et la collecte de ressources naturelles.

Figure 8. Précipitations moyennes (2000-2020)



Source : Données Copernicus de l'Union européenne.

Figure 9. Précipitations moyennes (2040-2060)



Source : Données Copernicus de l'Union européenne.

Dans le cadre de l'analyse coûts-bénéfices, nous examinerons comment les variations des phénomènes météorologiques extrêmes selon les différents scénarios SSP se traduisent en coûts associés aux dommages aux infrastructures et en risques économiques. En analysant la fréquence et l'intensité des inondations, de même que les trajectoires SSP liées aux épisodes de précipitations extrêmes tout au long du cycle de vie du projet, il est possible de quantifier les impacts potentiels sur les infrastructures critiques et d'évaluer la valeur économique du reboisement des mangroves face à ces dommages d'origine climatique.

Cette approche permet d'estimer les coûts évités grâce à la protection contre les inondations, tout comme les bénéfices liés à la protection du littoral et au renforcement de la résilience, offrant ainsi une vision complète des services de protection fournis par les écosystèmes de mangroves restaurés dans différents scénarios climatiques futurs. En analysant l'évolution de paramètres clés tels que le ratio bénéfices-coûts (RBC), la valeur actuelle nette (VAN) et le taux de rendement interne (TRI) selon ces scénarios, nous obtenons une compréhension plus fine des répercussions économiques potentielles associées aux risques d'inondation.



2.4 Analyse coûts-bénéfices intégrée

La section suivante présente une analyse coûts-bénéfices (ACB) intégrée visant à évaluer la viabilité économique de la restauration des mangroves selon différents scénarios d'inondation et de trajectoires SSP. Cette analyse est structurée autour de trois sous-sections principales.

- Tout d'abord, la sous-section consacrée à la méthodologie décrit l'approche retenue ainsi que les principales hypothèses utilisées pour l'estimation des coûts et des bénéfices, permettant ainsi de comprendre de manière transparente la construction des résultats.
- Ensuite, la sous-section dédiée aux indicateurs présente et définit l'ensemble des indicateurs mobilisés dans l'analyse coûts-bénéfices, afin de clarifier la signification et la portée des éléments quantifiés.
- Enfin, la sous-section consacrée aux résultats expose les valeurs monétisées en comparant les coûts et les bénéfices associés aux différents niveaux de risque d'inondation et aux scénarios climatiques pris en considération. Cette analyse vise à éclairer les incidences économiques à long terme de l'adoption de stratégies fondées sur les infrastructures basées sur la nature, par rapport au maintien du statu quo.

2.4.1 Méthodologie

L'analyse coûts-bénéfices (ACB) s'appuie sur un modèle Excel couvrant une période de 27 ans (2024–2050) afin d'évaluer les bénéfices associés à la restauration des mangroves ainsi que les coûts évités. Le modèle commence par définir et projeter, sur une base annuelle, les principaux paramètres d'analyse, notamment l'exposition des actifs, les coûts et la valeur des services écosystémiques. Ces données sont ensuite mobilisées dans deux scénarios distincts : un scénario de statu quo, qui représente les conditions actuelles en l'absence d'intervention, et un scénario d'infrastructures fondées sur la nature (IFN), qui reflète les effets attendus de la restauration des mangroves (voir l'annexe B pour le détail des hypothèses de modélisation).

Pour chacun de ces scénarios, le modèle calcule les valeurs annuelles des indicateurs clés. À titre d'exemple, les coûts des dommages liés aux inondations sont estimés à partir de valeurs de référence représentant les conditions actuelles sans intervention, tandis que les valeurs associées au scénario IFN intègrent les effets d'une protection côtière renforcée grâce à la restauration des mangroves. Les coûts évités sont ensuite calculés comme la différence entre les valeurs du scénario de référence et celles du scénario IFN, permettant ainsi de quantifier les bénéfices directs de l'intervention. Les résultats présentés dans ce rapport correspondent à cette différence nette entre les deux scénarios.

Afin d'analyser l'influence des changements climatiques et de la fréquence des inondations sur les résultats, le scénario IFN est évalué selon deux trajectoires climatiques, à savoir SSP3-7.0 (émissions moyennes à élevées) et SSP5-8.5 (émissions élevées), ainsi que selon deux régimes d'inondation. Dans le scénario d'inondations sévères, les événements d'inondation extrême sont supposés se produire tous les deux ans, tandis que dans le

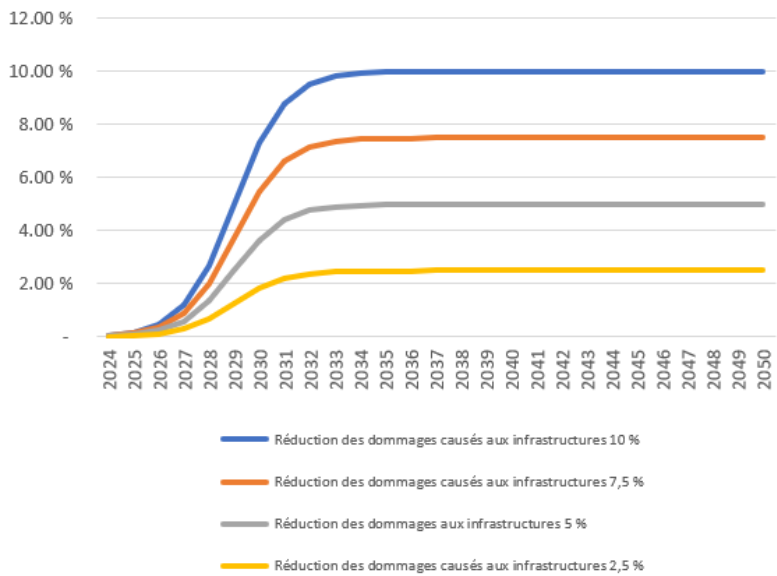


scénario d'inondations modérées, ils sont supposés survenir tous les cinq ans (voir l'annexe A pour la méthodologie de construction des scénarios d'inondation).

Les quatre combinaisons de scénarios ainsi obtenues sont ensuite analysées en fonction de quatre niveaux hypothétiques de réduction des dommages aux infrastructures, à savoir 2,5 %, 5 %, 7,5 % et 10 %, afin de refléter l'incertitude entourant l'efficacité protectrice des mangroves restaurées (figure 10). Ces pourcentages représentent la réduction proportionnelle des coûts liés aux dommages causés par les inondations que le projet pourrait permettre d'éviter. Le seuil de 2,5 % correspond à une hypothèse prudente de protection minimale, tandis que le seuil de 10 % représente une estimation optimiste de l'efficacité maximale de protection offerte par les mangroves.

Ces scénarios sont utilisés pour explorer différents niveaux possibles d'efficacité, car l'impact réel des mangroves sur la protection des infrastructures reste incertain. En pratique, on ne connaît pas à l'avance leur niveau exact d'efficacité. Plutôt que de supposer une seule valeur, on teste donc plusieurs niveaux d'efficacité pour tenir compte de cette incertitude. Cela permet de voir dans quelle mesure les résultats changent selon les performances des mangroves. Par exemple, que se passe-t-il si elles sont peu efficaces, moyennement efficaces ou très efficaces ? On obtient ainsi une gamme de résultats possibles, au lieu d'une seule estimation (tableau 1).

Figure 10. Efficacité de la protection avec une réduction de 2,5 % à 10 % des dommages causés aux infrastructures⁵



Source : Auteur.

Tableau 1. Réduction des dommages aux infrastructures évaluée en fonction de l'efficacité de la protection du projet de restauration des mangroves

Efficacité de la protection	Réduction des dommages aux infrastructures
Élevée	10 %
Moyenne/élevée	7,5 %
Moyenne/faible	5 %
Faible	2,5 %

Source : Auteur.

⁵ Ce graphique montre comment l'efficacité des mangroves à protéger les infrastructures évolue dans le temps, selon différentes hypothèses. Au début, entre 2024 et 2026, les mangroves n'apportent presque pas de protection mesurable. À partir de 2027, leur effet commence à apparaître, puis il augmente rapidement entre 2028 et 2031. Cela correspond à la période où les mangroves deviennent suffisamment développées pour réduire les dommages. Ensuite, à partir du début des années 2030, l'efficacité se stabilise, ce qui signifie que leur capacité de protection subsiste. Par exemple, on peut envisager un scénario où les mangroves permettent de réduire les dommages de 7,5 %. Dans ce cas, la protection augmente progressivement à partir de la fin des années 2020, atteint son niveau maximal au début des années 2030, puis reste stable. Ce scénario représente une possibilité parmi d'autres, qui dépend du niveau réel d'efficacité des mangroves sur le terrain. Ainsi, le graphique illustre différentes trajectoires possibles et montre que les mangroves peuvent devenir un moyen important et durable de protection des infrastructures, une fois qu'elles sont suffisamment développées.



Pris ensemble, ces indicateurs permettent au modèle de simuler le risque d'inondation selon différentes hypothèses de gravité, en précisant à la fois la probabilité de survenue d'événements d'inondation extrême et la fréquence à laquelle ils pourraient se produire.

Le modèle agrège les coûts et les bénéfices annuels sur l'ensemble de la durée du projet afin d'en calculer les valeurs cumulées, puis applique trois indicateurs financiers complémentaires. La valeur actuelle nette (VAN) convertit l'ensemble des flux futurs de coûts et de bénéfices en valeurs monétaires actuelles, permettant ainsi d'évaluer si le projet génère une valeur sociale, environnementale et économique nette. Une VAN positive indique que le projet est économiquement viable, tandis qu'une VAN négative signifie que les coûts excèdent les bénéfices et que le projet n'est pas justifié. Le ratio bénéfices-coûts (RBC) mesure, quant à lui, la relation entre les bénéfices et les coûts, tandis que le taux de rendement interne (TRI) indique le rendement annuel implicite de l'investissement. Ensemble, ces indicateurs offrent une évaluation économique complète de la faisabilité du projet.

L'ensemble des flux de trésorerie futurs est actualisé à leur valeur présente à l'aide d'un taux d'actualisation social annuel de 3,5 %, conformément aux recommandations du Green Book britannique pour l'évaluation des projets du secteur public (HM Treasury, 2020). Ce taux reflète le coût d'opportunité du capital et garantit la comparabilité des coûts et des bénéfices intervenant à différentes périodes.

Enfin, cette approche analytique, combinée à des analyses de sensibilité portant sur les scénarios climatiques SSP, la fréquence des inondations et les différents niveaux de réduction des dommages aux infrastructures, fournit un cadre robuste pour comprendre comment la restauration des mangroves crée de la valeur économique en réduisant les dommages liés aux inondations et en renforçant la résilience des territoires.

2.4.2 Indicateurs

Afin d'évaluer les coûts et les bénéfices du scénario de référence et du scénario IFN, une série d'indicateurs ont été identifiés dans le cadre du processus de cartographie du système afin de saisir les impacts directs et indirects des interventions. Ces indicateurs fournissent une image complète des incidences économiques, sociales et environnementales de la restauration des mangroves. Vous trouverez ci-dessous une brève définition de chaque indicateur utilisé dans l'analyse coûts-bénéfices :

Tableau 2. Liste et définitions des indicateurs de l'analyse coûts-bénéfices

Coûts directs	
Coûts de mise en œuvre (CAPEX)	Coûts initiaux liés à la mise en œuvre de la restauration des mangroves dans les APAC Kamite, Badala et Koureye ; l'APAC Kawawana ; et l'AMP KBK ainsi que l'AMP KBF.
Coûts d'entretien (OPEX)	Coûts permanents nécessaires à la conservation des mangroves au fil du temps, tels que la gestion communautaire par le biais de patrouilles et de récoltes durables, les structures de stabilisation des berges pour contrôler l'érosion, les registres de terrain permanents et les examens techniques annuels.



Coûts/pertes évités

Dommages évités aux infrastructures	Économies résultant de la réduction des dommages causés aux bâtiments résidentiels, aux bâtiments publics et aux routes grâce aux mesures d'atténuation des inondations mises en place par les IFN.
Coûts évités liés à la santé	Réduction des dépenses de santé grâce à la diminution des maladies respiratoires attribuables à la restauration des mangroves.

Bénéfices supplémentaires

Revenus de la pêche	Bénéfices liés à la préservation des nurseries de poissons et de la biodiversité dans le cadre de la restauration des mangroves, car des écosystèmes sains contribuent à la durabilité des pêcheries.
Revenus agricoles	Bénéfices liés à l'enrichissement de la fertilité des sols à travers l'accumulation de matière organique et l'amélioration de la disponibilité en eau grâce à une meilleure recharge des nappes phréatiques, ce qui se traduit par des rendements agricoles plus productifs et plus résilients. La production agricole comprend le riz, la production d'arachides, la transformation de l'huile et les haricots.
Recettes provenant de la pêche	Amélioration des récoltes de fruits de mer grâce à la restauration des habitats des nurseries de mangroves qui abritent des poissons, des crustacés et des mollusques ; amélioration de la qualité de l'eau grâce à la filtration naturelle des sédiments et des polluants ; et augmentation de la productivité des écosystèmes côtiers, ce qui se traduit par des rendements de pêche plus élevés et plus durables.
Approvisionnement en eau potable	Amélioration de l'approvisionnement en eau potable grâce à la filtration des sédiments et des contaminants, à la stabilisation des aquifères côtiers grâce à une recharge accrue des nappes phréatiques et à la protection de l'intégrité des bassins versants, garantissant ainsi des sources d'eau douce plus propres et plus fiables.
Approvisionnement alimentaire	Production alimentaire supplémentaire grâce aux systèmes soutenus par les mangroves, qui est conservée pour la consommation des ménages et la redistribution communautaire plutôt que vendue sur les marchés.
Approvisionnement en bois	Augmentation de l'approvisionnement en bois à travers l'extension de la superficie forestière, permettant une récolte durable de bois de chauffage et de matériaux de construction grâce à des cycles de repousse gérés et à la gestion communautaire.
Création d'emplois	Nouveaux emplois créés grâce à la mise en œuvre du projet de restauration des mangroves.
Séquestration du carbone	Valeur du coût social attribuée au dioxyde de carbone capturé et stocké par les écosystèmes restaurés, contribuant à l'atténuation des changements climatiques.

Source : Auteur.



2.4.3 Résultats

Cette sous-section présente d'abord les résultats cumulés de l'analyse coûts-bénéfices intégrée pour chaque combinaison de scénario climatique SSP et de scénario de fréquence des inondations, couvrant ainsi l'ensemble des hypothèses prises en considération pour la période 2024–2050. Tous les montants monétaires sont exprimés en valeur actuelle et actualisés à un taux de 3,5 %, conformément à la méthodologie décrite précédemment.

Dans un premier temps, les performances des infrastructures fondées sur la nature (IFN) sont comparées selon les différents scénarios climatiques et régimes d'inondation, à l'aide d'indicateurs clés de performance, notamment le rapport bénéfices-coûts (RBC) et la valeur actuelle nette (VAN). Cette comparaison met en évidence l'influence des coûts évités liés aux dommages aux infrastructures sur les variations de performance des IFN, et permet d'évaluer la valeur ajoutée générée pour les communautés et leur résilience.

Dans un second temps, l'analyse s'élargit à la composition globale des bénéfices et des coûts évités, au-delà de la seule protection des infrastructures, afin d'appréhender l'impact total du projet sur l'ensemble des catégories de bénéfices. Enfin, une analyse ciblée des effets différenciés selon le genre est menée, en examinant les bénéfices spécifiques et les coûts évités pour les femmes, et en quantifiant la valeur ajoutée créée pour les membres féminins des communautés.

L'évaluation de la performance globale des IFN repose sur l'analyse conjointe de la valeur actuelle nette (VAN) et du rapport bénéfices-coûts (RBC). Les variations observées de ces indicateurs selon les scénarios climatiques et de fréquence des inondations s'expliquent principalement par les différences de coûts évités liés aux dommages causés aux infrastructures. Les autres bénéfices, tels que les économies en matière de santé ou les revenus issus des services écosystémiques, demeurent constants dans l'ensemble des scénarios. En conséquence, la VAN et le RBC évoluent proportionnellement à l'ampleur des dommages liés aux inondations que la restauration des mangroves permet d'éviter dans chaque configuration.

Le tableau 3 présente les résultats pour quatre niveaux d'efficacité de protection, correspondant à des réductions des dommages aux infrastructures de 2,5 %, 5 %, 7,5 % et 10 %, évalués selon deux scénarios de fréquence des inondations : un scénario modéré, avec des inondations tous les cinq ans, et un scénario sévère, avec des inondations tous les deux ans. Les résultats mettent en évidence une forte corrélation positive entre l'efficacité de la protection et les retombées économiques du projet.

Dans le scénario d'inondations modérées, la VAN varie de 6,4 milliards de FCFA pour une efficacité minimale de 2,5 % à 12,4 milliards de FCFA pour une efficacité maximale de 10 %, soit un quasi-doublement de la valeur économique. Dans le scénario d'inondations sévères, les rendements sont nettement plus élevés, la VAN passant de 9,3 milliards de FCFA pour une efficacité de 2,5 % à 24,1 milliards de FCFA pour une efficacité de 10 %. Cet écart souligne l'augmentation significative de la valeur de la protection offerte par les mangroves à mesure que la fréquence des inondations s'intensifie, et met en évidence le rôle central de l'adaptation fondée sur les écosystèmes dans les zones côtières à haut risque.



Le rapport bénéfices-coûts confirme systématiquement la viabilité économique de la restauration des mangroves dans l'ensemble des scénarios. Dans l'hypothèse la plus prudente, combinant une fréquence modérée des inondations et une efficacité de protection de 2,5 %, le RBC atteint 2,27, indiquant que chaque franc CFA investi génère 2,27 FCFA de bénéfices sur l'ensemble du cycle de vie du projet. Ce ratio augmente fortement avec l'efficacité de la protection, atteignant un maximum de 5,71 dans le scénario d'inondations sévères avec une réduction des dommages de 10 %. Dans ce cas, chaque FCFA investi génère 5,71 FCFA de bénéfices sociétaux, confirmant la solidité des retours économiques associés à la restauration des mangroves dans des contextes fortement exposés aux inondations.

Les performances économiques du projet s'améliorent de manière systématique dans les scénarios caractérisés par une fréquence plus élevée des inondations, et ce quel que soit le niveau d'efficacité de protection retenu. Cette tendance indique que les bénéfices de la restauration des mangroves augmentent à mesure que les risques d'inondation s'intensifient. Ainsi, même dans une hypothèse prudente de réduction des dommages limitée à 2,5 %, les coûts cumulés évités passent de 1,9 milliard de FCFA dans le scénario d'inondations modérées à 4,9 milliards de FCFA dans le scénario sévère. Cette dynamique renforce la viabilité économique du projet et souligne son rôle clé dans le renforcement de la résilience territoriale.

Le tableau 4 analyse la performance économique de la restauration des mangroves selon deux scénarios climatiques, SSP5-8.5 (émissions élevées) et SSP3-7.0 (émissions intermédiaires), pour les quatre niveaux d'efficacité de protection. Comme le montre l'analyse climatique, ces scénarios se distinguent par des profils temporels contrastés de risque d'inondation. Le scénario SSP5-8.5 intensifie les risques d'inondation principalement vers la fin du siècle, concentrant les événements majeurs dans les dernières décennies. À l'inverse, le scénario SSP3-7.0 génère des inondations plus fréquentes dès le milieu du siècle (2024–2050), ce qui permet à la restauration des mangroves de produire des bénéfices immédiats et cumulés en termes de dommages évités sur cette période critique.

Dans l'ensemble des niveaux d'efficacité de protection, les valeurs actuelles nettes associées au scénario SSP3-7.0 dépassent systématiquement celles du scénario SSP5-8.5. Cette différence reflète l'avantage économique d'une prévention des dommages plus précoce et plus fréquente. Pour une réduction des dommages de 10 %, la VAN atteint 14,1 milliards de FCFA dans le scénario SSP3-7.0, contre 10,6 milliards de FCFA dans le scénario SSP5-8.5, soit un écart d'environ 33 %. Même avec une efficacité minimale de 2,5 %, l'écart demeure significatif, avec une VAN de 6,9 milliards de FCFA pour SSP3-7.0 contre 6,0 milliards de FCFA pour SSP5-8.5. Il convient de souligner que, même dans le scénario le plus conservateur (SSP5-8.5 combiné à une réduction des dommages de 2,5 %), la VAN reste positive, confirmant la viabilité économique du projet dans l'ensemble des configurations climatiques.

Le rapport bénéfices-coûts corrobore ces résultats. Dans le scénario SSP5-8.5 avec une faible efficacité de protection de 2,5 %, le RBC atteint 2,18, indiquant que chaque FCFA investi génère plus du double de son coût en bénéfices. Ce ratio augmente sensiblement dans le scénario SSP3-7.0, atteignant 3,76 pour une efficacité de protection de 10 %, ce qui signifie que chaque FCFA investi permet de générer près de 3,76 FCFA de bénéfices sous forme de dommages évités et d'avantages socio-économiques.



Dans l'ensemble, ces résultats démontrent que l'investissement dans la restauration des mangroves en Casamance offre des performances économiques robustes, quels que soient les scénarios climatiques et de fréquence des inondations pris en considération. Le lien étroit entre l'efficacité de la protection, les régimes d'inondation et les rendements économiques souligne l'importance stratégique de cibler les investissements de restauration dans les zones les plus vulnérables et exposées à des risques climatiques à court et moyen terme. Le succès du projet repose toutefois sur un engagement durable des communautés locales, sur des pratiques de gestion adaptative garantissant des taux de survie élevés des mangroves restaurées, ainsi que sur des structures de gouvernance inclusives permettant une participation équitable des acteurs locaux à la prise de décision et au partage des bénéfices.



Tableau 3. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur des scénarios de fréquence des inondations, chiffres en millions actualisés à 3,5 %

Réduction des dommages causés aux infrastructures	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
Fréquence des inondations	Modérée	Sévère	Modérée	Sévère	Modérée	Sévère	Modérée	Sévère
Coûts directs								
Coûts de construction	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Coûts d'exploitation et d'entretien	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1
Coûts totaux	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1
Coûts évités								
Dommages évités aux infrastructures	7 979,7	19 630,0	5 984,8	14 722,5	3 989,9	9 815,0	1 994,9	4 907,5
Coûts évités liés à la santé	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8
Bénéfices supplémentaires								
Revenus de la pêche	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9
Revenus agricoles	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0
Recettes provenant de la pêche	28,0	28,0	28	28	28,0	28,0	28,0	28,0
Approvisionnement en eau potable	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5
Approvisionnement alimentaire	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1
Approvisionnement en bois	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Création d'emplois	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4



Réduction des dommages causés aux infrastructures	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
Séquestration du carbone	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3
Total des bénéfices et des coûts évités	17 575,8	29 226,0	15 580,8	24 318,5	13 585,9	19 411,0	11 591,0	14 503,5
Indicateurs clés de performance								
Valeur actuelle nette (VAN)	12 459,7	24 109,9	10 464,7	19 202,4	8 469,8	14 294,9	6 474,8	9 387,4
Rapport bénéfices-coûts (RBC)	3,44	5,71	3,05	4,75	2,66	3,79	2,27	2,83
Taux de rendement interne (TRI)	138,1 %	217,2 %	128,8 %	191,7 %	117,7 %	163,3 %	103,9 %	130,0 %

Source : Auteur.

Tableau 4. Tableau récapitulatif de l'analyse coûts-bénéfices intégrée basée sur les scénarios SSP, chiffres en millions actualisés à 3,5 %

	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
	SSP5-8,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP3-7,0	SSP5-8,5	SSP3-7,0
Coûts directs								
Coûts de construction	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Coûts d'exploitation et d'entretien	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1	5 046,1
Coûts totaux	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1	5 116,1
Coûts évités								



	Réduction des dommages 10 %		Réduction des dommages 7,5 %		Réduction des dommages 5 %		Réduction des dommages 2,5 %	
Dommages évités aux infrastructures	6 142,9	9 658,3	4 607,2	7 243,7	3 071,5	4 829,1	1 535,7	2 414,6
Coûts évités liés à la santé	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8	919,8
Bénéfices supplémentaires								
Revenus de la pêche	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9	592,9
Revenus agricoles	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0	338,0
Recettes provenant de la pêche	28,0	28,0	28	28	28,0	28,0	28,0	28,0
Approvisionnement en eau potable	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5	173,5
Approvisionnement alimentaire	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1	1 851,1
Approvisionnement en bois	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Création d'emplois	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4	2 803,4
Séquestration du carbone	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3	2 889,3
Total des bénéfices et des coûts évités	15 739,0	19 254,3	14 203,2	16 839,7	12 667,5	14 425,2	11 131,8	12 010,6
Indicateurs clés de performance								
VAN	10 622,8	14 138,2	9 087,1	11 723,6	7 551,4	9 309,0	6 015,6	6 894,5
RBC	3,08	3,7	2,78	3,29	2,48	2,82	2,18	2,35
TRI	137,1 %	162,3 %	126,6 %	146,7 %	114,9 %	129,4 %	101,5 %	109,7 %

Source : Auteur.



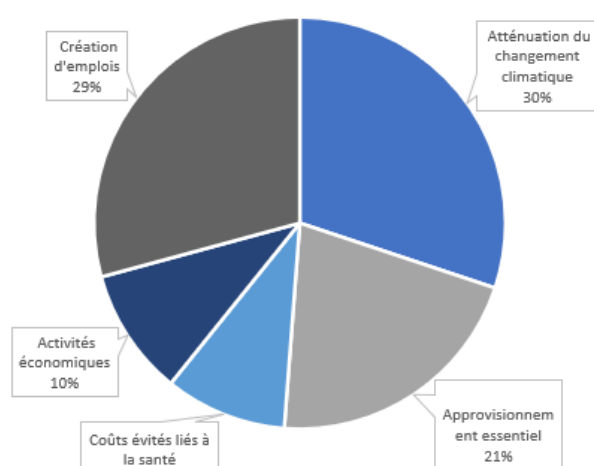
Au-delà de la prévention des dommages aux infrastructures, la restauration des mangroves génère un large éventail de bénéfices qui renforcent la résilience et la prospérité des communautés côtières. Les neuf bénéfices identifiés ainsi que les coûts évités peuvent être regroupés en cinq catégories d'impacts majeurs (figure 11).

Premièrement, la création d'emplois liés aux activités de mise en œuvre et de restauration représente 29 % des bénéfices totaux. Deuxièmement, l'atténuation des changements climatiques par la séquestration du carbone contribue à hauteur de 30 % des bénéfices, soulignant le rôle clé du projet dans la compensation des émissions de CO₂. Troisièmement, les approvisionnements essentiels, incluant la production alimentaire saisonnière, l'exploitation durable du bois et l'amélioration de la filtration de l'eau potable, représentent conjointement 21 % des bénéfices.

Quatrièmement, les activités économiques — telles que l'augmentation des revenus agricoles, l'amélioration des rendements des produits de la mer et la hausse des revenus issus de la pêche — contribuent à hauteur de 10 %, reflétant le renforcement des marchés locaux pour les produits agricoles et halieutiques. Enfin, l'amélioration de la santé et du bien-être, grâce notamment à la filtration des polluants et à la réduction de l'incidence de certaines maladies, représente également 10 % des bénéfices totaux.

Dans l'ensemble, ces résultats montrent que le soutien aux moyens de subsistance, la création d'emplois et la gestion environnementale constituent les principaux impacts de la restauration des mangroves au-delà de la seule prévention des dommages aux infrastructures. Les gains économiques, l'amélioration de l'approvisionnement en ressources et les bénéfices pour la santé viennent renforcer davantage la valeur globale de l'investissement dans les infrastructures fondées sur la nature.

Figure 11. Répartition des bénéfices (à l'exclusion des coûts évités liés aux dommages causés aux infrastructures)



Source : Auteur.

Un examen détaillé des bénéfices et des coûts évités met en évidence plusieurs impacts majeurs.



La **création d'emplois** constitue l'un des résultats les plus significatifs du projet, les activités de restauration générant environ 2,8 milliards de francs CFA. Les communautés locales sont directement impliquées dans les travaux de plantation, de suivi et d'entretien, ce qui leur permet d'acquérir des compétences pratiques en gestion de pépinières et en restauration des mangroves. Cet engagement favorise une gouvernance partagée des ressources naturelles et renforce la cohésion sociale au sein des communautés.

Les **activités économiques** enregistrent une augmentation cumulée d'environ 958 millions de francs CFA, résultant de la revitalisation de la pêche (592 millions de francs CFA), de l'amélioration de la production agricole (338 millions de francs CFA) et de l'augmentation de la récolte de fruits de mer (28 millions de francs CFA). L'enrichissement des sols et l'amélioration de la recharge des nappes phréatiques soutiennent des rendements agricoles plus stables, contribuant à la sécurisation des revenus des ménages. Parallèlement, l'expansion des habitats de nurserie offerts par les mangroves accroît la survie des juvéniles, bénéficiant directement aux pêcheurs artisanaux. La synergie entre les chaînes de valeur terrestres et maritimes permet aux coopératives locales de transformer et de commercialiser les excédents agricoles et halieutiques, faisant des mangroves restaurées de véritables moteurs de croissance économique durable.

L'**approvisionnement en ressources essentielles** est également renforcé, pour une valeur totale estimée à 2 milliards de francs CFA. Les ménages bénéficient de 1,8 milliard de francs CFA en denrées alimentaires destinées à la consommation directe, réduisant ainsi leur dépendance vis-à-vis des marchés. L'exploitation durable du bois contribue de manière marginale aux besoins en combustible et en matériaux de construction, tandis que l'amélioration de la qualité de l'eau génère 173 millions de francs CFA en eau potable plus sûre. En diminuant le temps consacré à la collecte quotidienne des ressources, ces bénéfices libèrent du temps pour l'éducation et d'autres activités génératrices de revenus.

Les écosystèmes de mangroves agissent également comme des filtres naturels de l'air, capturant les particules atmosphériques et réduisant la concentration de polluants responsables de maladies respiratoires. L'amélioration de la qualité de l'air se traduit par une diminution de l'incidence de ces maladies dans les communautés riveraines, réduisant le nombre de consultations médicales et les dépenses de santé associées. Sur l'ensemble des 27 années du projet, ces bénéfices sanitaires ont permis d'éviter environ 919 millions de francs CFA de coûts de santé. Des populations en meilleure santé maintiennent des niveaux plus élevés de productivité et de fréquentation scolaire, renforçant ainsi la résilience communautaire.

Enfin, la restauration des mangroves contribue de manière significative à l'**atténuation des changements climatiques** et au financement carbone. La valeur de la séquestration du carbone est estimée à 2,8 milliards de francs CFA, ouvrant des perspectives sur les marchés volontaires du carbone. Dans l'analyse coûts-bénéfices, cette séquestration est monétisée à partir d'un coût social du carbone de 50 USD par tonne d'équivalent CO₂, reflétant la valeur économique des dommages climatiques évités. Cette approche permet de saisir les bénéfices sociétaux globaux du projet, qui dépassent l'échelle locale pour contribuer à l'amélioration du bien-être mondial par la réduction des impacts des changements climatiques.



Bénéfices et coûts évités pour les femmes : analyse fondée sur le genre

Au Sénégal, les femmes dépendent fortement des écosystèmes de mangroves pour leurs moyens de subsistance, notamment à travers la récolte de coquillages et d'huîtres, tout en étant exposées à des vulnérabilités disproportionnées. Le déclin d'environ 50 % des mangroves depuis les années 1980 a considérablement fragilisé leur sécurité économique et accentué la pauvreté. Par ailleurs, les dispositifs de conservation limitent souvent l'accès des femmes aux ressources tout en les excluant des processus décisionnels liés à la gouvernance, aux droits de récolte et au développement communautaire. Leur capacité d'adaptation aux changements climatiques est en outre contrainte par un accès limité aux connaissances techniques, aux équipements et aux financements ainsi que par leur marginalisation persistante dans les structures décisionnelles. Dans ce contexte, renforcer la participation des femmes à une gouvernance inclusive des investissements dans les infrastructures fondées sur la nature constitue un levier essentiel pour améliorer à la fois la conservation des écosystèmes et la résilience des femmes face aux changements climatiques (PMO-Natur'ELLES).

L'analyse différenciée selon le genre montre que les femmes tirent 735 millions de francs CFA de bénéfices directs du projet, soit 15,7 % de la valeur totale générée (4,6 milliards de francs CFA). Ces bénéfices proviennent de cinq catégories principales : les coûts évités liés à la santé, les revenus agricoles, les opportunités dans la pêche, la récolte de fruits de mer et la création d'emplois (voir tableau 5). Si ces résultats mettent en évidence des gains économiques réels pour les femmes, ils soulignent également la nécessité de renforcer leur participation économique à l'échelle de la Casamance par un meilleur accès aux ressources, au pouvoir décisionnel et aux opportunités commerciales.

Les **soins de santé** constituent la principale source de bénéfices pour les femmes, représentant 60,7 % des bénéfices différenciés selon le genre, soit 446 millions de francs CFA. Les changements climatiques accroissent fortement le fardeau sanitaire en accentuant les obstacles d'accès aux soins et en augmentant la pression financière sur les ménages. Dans les zones mal desservies, les femmes doivent parcourir entre 23 et 75 kilomètres pour accéder à un centre de santé, un trajet rendu plus difficile par les inondations et la dégradation des infrastructures de transport (International Budget Partnership, n.d.). La restauration des mangroves contribue à réduire ces coûts en améliorant la qualité de l'air grâce à la filtration des polluants, diminuant ainsi l'incidence des maladies respiratoires et les dépenses médicales associées.

Les **revenus agricoles** représentent 12,9 % des bénéfices différenciés selon le genre, soit 95 millions de francs CFA. Les femmes constituent près de 70 % de la main-d'œuvre agricole au Sénégal et assurent environ 80 % de la production alimentaire nationale, tout en restant souvent marginalisées dans les décisions relatives aux cultures et aux ressources (Alliance of Bioversity International & CIAT, 2024). La restauration des mangroves améliore la fertilité des sols et la disponibilité en eau, favorisant une production agricole plus fiable et une diversification des revenus pour les femmes rurales.

Dans la **pêche**, les femmes jouent un rôle central dans la transformation et la commercialisation des produits halieutiques. Les revenus issus de la pêche artisanale représentent 12,2 % des bénéfices différenciés selon le genre, soit 89 millions de francs CFA.

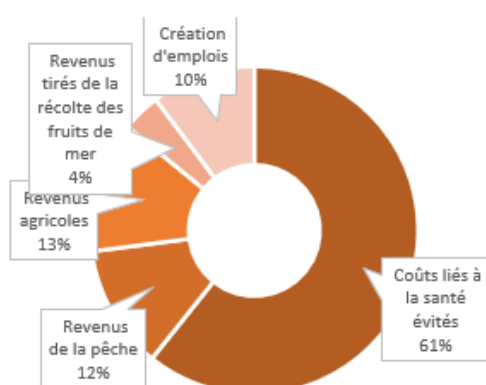


Bien que la participation directe des femmes à la pêche formelle demeure limitée par des contraintes socio-économiques et culturelles, la restauration des mangroves améliore les habitats de reproduction et la survie des juvéniles, créant de nouvelles opportunités économiques pour les femmes tout au long de la chaîne de valeur.

La **pêche et la récolte de fruits de mer** contribuent à hauteur de 3,8 % des bénéfices différenciés selon le genre, soit 28 millions de francs CFA. Ces activités, traditionnellement gérées par les femmes, offrent une diversification essentielle des revenus et illustrent leur expertise technique, de la récolte à la transformation et à la commercialisation.

Enfin, la **création d'emplois** liés aux activités de restauration génère environ 75 millions de francs CFA, soit 10,3 % des bénéfices différenciés selon le genre. La participation des femmes à la mise en place de pépinières, à la plantation et à l'entretien des mangroves renforce leurs revenus, développe des compétences locales en restauration écologique et favorise leur autonomisation économique. Elle contribue également à une meilleure appropriation communautaire des actions de conservation et à des taux de survie plus élevés des mangroves restaurées grâce à un suivi régulier.

Figure 12. Composition des bénéfices supplémentaires et des coûts évités pour les femmes



Source : Auteur.

Tableau 5. Composition des bénéfices supplémentaires et des coûts évités pour les femmes

Bénéfices pour les femmes	CFA
Coûts évités liés à la santé	446 634 790
Revenus de la pêche	89 867 126
Revenus agricoles	95 204 772
Recettes provenant de la pêche	28 043 756
Création d'emplois	75 590 403
Total	735 340 848

Source : Auteur.



En conclusion, l'analyse différenciée selon le genre montre que les femmes au Sénégal tirent des bénéfices socio-économiques tangibles de la restauration des mangroves, lesquels s'élèvent à environ 735 millions de francs CFA en bénéfices directs. Toutefois, ces gains demeurent limités par des inégalités structurelles profondes qui entravent la capacité des femmes à exploiter pleinement les opportunités offertes par ces interventions. L'atelier du diagramme de boucles causales avec les femmes de Baïla a également souligné l'importance des mangroves comme lieu de renforcement des liens sociaux lors de la récolte des coquillages. C'est également ce groupement de femmes qui a identifié l'abandon rural comme un risque.

Les coûts de santé évités constituent la principale catégorie de bénéfices, reflétant les vulnérabilités disproportionnées auxquelles les femmes sont exposées en matière de santé, exacerbées par les changements climatiques et la dégradation des écosystèmes. Par ailleurs, la sécurité des revenus des femmes reste fragilisée par un accès restreint aux ressources productives, un pouvoir décisionnel limité et une exclusion persistante des structures de gouvernance. Les normes patriarcales, les restrictions coutumières à la mobilité et la marginalisation des femmes au sein des institutions formelles constituent autant d'obstacles systémiques qui empêchent ces gains économiques de se traduire par des améliorations durables de l'autonomie et du bien-être des femmes.

Pour lever ces contraintes structurelles, plusieurs leviers d'action s'imposent : renforcer la participation effective des femmes aux instances de gestion communautaire, lever les barrières techniques et financières qui limitent leur engagement dans les activités agricoles et halieutiques, formaliser les droits d'accès et d'usage des ressources, et garantir une répartition équitable des bénéfices issus des projets de restauration. De tels investissements transformateurs contribueront non seulement à la préservation des écosystèmes de mangroves, mais aussi à l'avancement des objectifs plus larges d'égalité de genre et d'inclusion sociale, indispensables à un développement véritablement durable.



3.0 Conclusions

La restauration des mangroves en Casamance génère des rendements économiques élevés dans l'ensemble des scénarios climatiques et de fréquence des inondations analysés à l'horizon 2050. Dans les scénarios d'inondations modérées, la valeur actuelle nette (VAN) varie entre 6,4 et 12,4 milliards de francs CFA, tandis que les scénarios d'inondations sévères génèrent des VAN comprises entre 9,3 et 24,1 milliards de francs CFA, selon le niveau d'efficacité de la protection des infrastructures. Les ratios bénéfices-coûts dépassent systématiquement 2,0, avec des valeurs comprises entre 2,27 et 5,71, confirmant que chaque franc CFA investi génère entre 2,27 et 5,71 francs CFA de bénéfices sociétaux et de dommages évités. Les ratios les plus élevés sont observés dans les contextes caractérisés par une fréquence accrue des inondations et une protection plus efficace, démontrant que la restauration des mangroves offre des rendements croissants dans les zones côtières exposées à des risques climatiques élevés.

Dans le cadre des trajectoires d'émissions climatiques, le projet affiche également des performances robustes dans les scénarios SSP5-8.5 et SSP3-7.0. La VAN s'échelonne entre 6,0 milliards de francs CFA dans le scénario SSP5-8.5 avec une efficacité de protection de 2,5 %, et 14,1 milliards de francs CFA dans le scénario SSP3-7.0 avec une efficacité de 10 %. Même dans l'hypothèse la plus conservatrice, combinant le scénario SSP5-8.5 et une réduction des dommages de 2,5 %, le projet demeure économiquement viable, avec un ratio bénéfices-coûts de 2,18. Cette constance des performances confirme la robustesse de la restauration des mangroves en tant que stratégie d'adaptation aux changements climatiques, quels que soient les scénarios envisagés.

Au-delà de la protection contre les inondations, le projet génère des bénéfices et des coûts évités totalisant 9,5 milliards de francs CFA. L'atténuation des changements climatiques par la séquestration du carbone représente 30,1 % des bénéfices (2,8 milliards de francs CFA), calculés sur la base d'un coût social du carbone de 50 USD par tonne de CO₂. La création d'emplois constitue 29,2 % des bénéfices (2,8 milliards de francs CFA), principalement grâce aux activités communautaires de plantation et d'entretien, qui renforcent les capacités locales de restauration et la cohésion sociale. L'approvisionnement en ressources essentielles représente 21,1 % des bénéfices (2,0 milliards de francs CFA), incluant la sécurité alimentaire (1,8 milliard de francs CFA) et l'amélioration de l'accès à l'eau potable (173 millions de francs CFA). Les activités économiques contribuent à hauteur de 10,0 % (958 millions de francs CFA), via la pêche (592 millions de francs CFA), l'agriculture (338 millions de francs CFA) et la récolte de fruits de mer (28 millions de francs CFA). Enfin, l'amélioration de la santé représente 9,6 % des bénéfices (919 millions de francs CFA) sous forme de coûts de traitement évités. Ensemble, ces résultats démontrent que les infrastructures fondées sur la nature permettent simultanément de renforcer la protection côtière, de sécuriser les moyens de subsistance, d'atténuer les changements climatiques et de préserver la santé des écosystèmes.

Toutefois, les femmes ne captent qu'une part limitée des bénéfices totaux (15,7 %), en raison d'obstacles persistants tels que des droits d'accès restreints, une exclusion des processus décisionnels et un accès limité aux ressources financières et techniques. Les coûts de santé



évités constituent la principale composante des bénéfices pour les femmes (60,7 %, soit 446 millions de francs CFA), reflétant des vulnérabilités sanitaires disproportionnées liées à un accès restreint aux services de santé et à l'intensification des risques climatiques. Les revenus agricoles représentent 12,9 % des bénéfices (95 millions de francs CFA), traduisant l'amélioration des opportunités économiques liée à une meilleure fertilité des sols et à une disponibilité accrue des eaux souterraines. Les revenus issus de la pêche, incluant la pêche artisanale (12,2 %, 89 millions de francs CFA) et la récolte de fruits de mer (3,8 %, 28 millions de francs CFA), soulignent le rôle central des femmes dans les chaînes de valeur marines. Enfin, la création d'emplois liés aux activités de restauration représente 10,3 % des bénéfices féminins (75 millions de francs CFA).

Les résultats de cette évaluation fournissent des enseignements clés pour l'ensemble des parties prenantes impliquées dans la gestion et le développement des écosystèmes de la Casamance.

- **Pour les gestionnaires des aires marines et côtières**, la restauration des mangroves doit être reconnue comme un investissement stratégique d'adaptation, offrant une protection mesurable contre les inondations, une amélioration des moyens de subsistance et une sécurité accrue des ressources. Une gestion communautaire fondée sur la participation active à la conception et à la mise en œuvre de la restauration, associée à des mécanismes transparents et équitables de partage des bénéfices, est essentielle pour garantir à la fois la santé des écosystèmes et la résilience sociale.
- **Pour les agences environnementales et les autorités publiques**, ces résultats illustrent des voies concrètes de mise en œuvre et de suivi des programmes de restauration des mangroves, qui constituent une priorité du Plan national d'adaptation (PNA) du Sénégal. Le projet Natur'ELLES s'inscrit pleinement dans la vision nationale d'un littoral productif, diversifié, attractif, propre et résilient aux changements climatiques, telle que définie dans le Plan national d'adaptation pour la zone côtière (MEDD, 2022). La restauration des mangroves en Casamance contribue directement aux quatre piliers stratégiques du PNA : (1) protection et gestion du littoral par des solutions fondées sur la nature, (2) renforcement de l'adaptation communautaire par la diversification des moyens de subsistance et la réduction de la vulnérabilité des infrastructures, (3) amélioration de la gouvernance côtière par une collaboration multipartite et inclusive, et (4) renforcement de la production et du partage de connaissances, auquel la méthodologie SAVi contribue directement grâce à la génération de données localisées sur l'efficacité de l'adaptation.
- **Pour le secteur privé et les bailleurs de fonds**, la restauration des mangroves représente une opportunité économiquement attractive, reposant sur des sources de revenus multiples, notamment les crédits carbone vérifiés, la création d'emplois et l'amélioration de la productivité agricole et halieutique. Des mécanismes de financement fondés sur les résultats, tels que les paiements pour services écosystémiques, les marchés du carbone et les partenariats public-privé, peuvent soutenir la restauration à long terme tout en alignant les intérêts économiques avec le bien-être des communautés et des écosystèmes.



- **Pour les communautés locales**, la restauration des mangroves se traduit par des améliorations tangibles des moyens de subsistance, à travers des emplois rémunérés dans les activités de plantation et d'entretien, un meilleur accès aux ressources halieutiques et agricoles, et une diversification stratégique des revenus. Les femmes, en particulier, peuvent bénéficier d'opportunités accrues dans la récolte de coquillages, l'aquaculture, la transformation du poisson et les activités de restauration. Pour garantir une gestion réellement communautaire et inclusive, il est toutefois indispensable de mettre en place des mécanismes spécifiques visant à renforcer la participation des femmes aux structures de gouvernance, à sécuriser leurs droits d'accès aux ressources et à assurer une répartition équitable des bénéfices.

En définitive, la restauration des mangroves en Casamance constitue un investissement solide dans les infrastructures fondées sur la nature, offrant des retombées économiques substantielles, des bénéfices diversifiés et un fort potentiel d'adaptation aux changements climatiques. La robustesse du projet face à différents scénarios climatiques, combinée à ses effets positifs sur les moyens de subsistance, la santé et la réduction des émissions de carbone, plaide en faveur d'une restauration à grande échelle des mangroves comme pilier central des stratégies de résilience côtière et de développement durable au Sénégal.



Références

- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie - ANSD. (n.d.). *Fatick (term 10)*. Retrieved [16/10/2025, 19:51], from <https://www.ansd.sn/taxonomy/term/10>
- Alliance of Bioversity International and CIAT (2024). Youth and women key to Senegal's farming future. Retrieved from <https://alliancebioversityciat.org/stories/youth-women-key-senegal-farming-future#:~:text=The%20researchers%20say%20that%20the,agriculture%20as%20an%20appealing%20occupation>
- Alliance of Bioversity International and CIAT (2024). Youth and women key to Senegal's farming future. Retrieved from <https://alliancebioversityciat.org/stories/youth-women-key-senegal-farming-future#:~:text=The%20researchers%20say%20that%20the,agriculture%20as%20an%20appealing%20occupation>
- Bousso, M. (2022, November 22). *Fisheries and aquaculture in Senegal* (Report No. SG2022-0015). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Fisheries+and+Aquaculture+in+Senegal_Dakar_Senegal_SG2022-0015.pdf
- Carbon Brief. (2018). Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change. <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathwaysexplore-future-climate-change/>
- Chroust, G., & Finlayson, D. (2016). Anticipation and Systems Thinking: A Key to Resilient Systems. *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the ISSS - 2016 Boulder, CO, USA*, 1(1), Article 1. <https://journals.iss.org/index.php/proceedings60th/article/view/2857>
- City Population. (2023)- A. Bignona (Department, Senegal). Retrieved October 30, 2025, from https://www.citypopulation.de/en/senegal/admin/ziguinchor/SN1401_bignona/
- City Population. (2023)- B. Bounkiling (Department, Senegal). Retrieved October 30, 2025, from https://www.citypopulation.de/en/senegal/admin/ziguinchor/SN1401_bignona/
- CityPopulation (2023). *Foundiougne (Department, Senegal) — population statistics, charts, map and location*. Retrieved [16/10/2025, 19:49], from https://www.citypopulation.de/en/senegal/admin/fatick/SN0302_foundiougne
- Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA). (2023). *Rapport de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2022-2023*. https://www.dapsa.gouv.sn/sites/default/files/Rapport_EAA%202022_2023_v1.pdf
- HM Treasury. (2020). *The Green Book: Central government guidance on appraisal and evaluation*. <https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-government/the-green-book-2020>



- ICD Afrique. (2018, December). Fiche projet n° 36-ter : Femmes coquillages.
<http://www.icd-afrique.org/wp-content/uploads/2019/06/Fiche-Projet-n%C2%B0-36-ter-Femmes-Coquillages-decembre-2018.pdf>
- International Budget Partnership. (n.d.). Our strategy to shift the public resource system in Senegal, Retrieved from <https://internationalbudget.org/wp-content/uploads/senegal-strategy-doc.pdf>
- Jackson, M. C. (2019). *Critical systems thinking and the management of complexity: Responsible leadership for a complex world*. Wiley.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (Year). *Title of the report* (Report No. ..., if any). https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11838547_02.pdf
- Meadows, D. H., & Wright, D. (2011). *Thinking in systems: A primer* (Nachdr.). Chelsea Green Pub.
- Meinshausen, M., Nicholls, Z. R., Lewis, J., Gidden, M. J., Vogel, E., Freund, M., & Wang, R. H. (2020). The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, 13(8), 3571-3605.
<https://gmd.copernicus.org/articles/13/3571/2020/>
- Moallemi, E. A., Hosseini, S. H., Eker, S., Gao, L., Bertone, E., Szetey, K., & Bryan, B. A. (2022). Eight Archetypes of Sustainable Development Goal (SDG) Synergies and Trade-Offs. *Earth's Future*, 10(9). <https://doi.org/10.1029/2022EF002873>
- Nasir, N. N. (2025, February). *Flood frequency analysis using Gumbel and Log-Pearson Type-III distributions*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/394039711_Flood_Frequency_Analysis_Using_Gumbel_and_Log-Pearson_Type-III_Distributions
- Ocean Risk & Resilience Action Alliance. (2023). Senegal factsheet. Retrieved from https://oceanrisk.earth/wp-content/uploads/2023/05/Senegal_factsheet.pdf
- PMO Natur'ELLES en partenariat avec canada (n.a)
- Probst, G., & Bassi, A. (2014). *Tackling Complexity: A Systemic Approach for Decision Makers*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351287647>
- pS-Eau Sénégal. (2024, April). *Newsletter réseau Sénégal, secteur eau et assainissement*. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ps_eau_newsletter_reseau_senegal_avril_2024.pdf
- Rennert, K., Kingdon, C., & Prest, B. C. (2025, March 13). *Social cost of carbon 101* (Explainer). Resources for the Future. <https://www.rff.org/publications/explainers/social-cost-carbon-101/>



- Schönmann, A., & Haller, T. (2025). Commons and care in Senegal: Social security in the face of social and environmental change in Casamance. *Land*, 14(8), 1678. <https://doi.org/10.3390/land14081678>
- Sanneh, E. S. (2018). *Systems thinking for sustainable development: Climate change and the environment*. Springer.
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (Rev. and updated ed). Random House Business Books.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World* (HAR edition). McGraw-Hill Education.
- UNEP. (2014). *Using Models for Green Economy Policymaking*. United Nations Environment Program. https://archive.un-page.org/files/public/content-page/unep_models_ge_for_web.pdf
- Voulvoulis, N., Giakoumis, T., Hunt, C., Kioupi, V., Petrou, K. N., Souliotis, I., Vaghela, C., & Rosely, W. (2022). Systems thinking as a paradigm shift for sustainability transformation. *Global Environmental Change*, 75, 102544. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102544>
- Wetlands International West Africa Coast and Gulf of Guinea (WIACO), (2025). Sustainable solution for the rehabilitation of saline lands in the Saloum Delta Biosphere Reserve. Scientific Research Publishing. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=142033>



Annexe A. Résultats supplémentaires

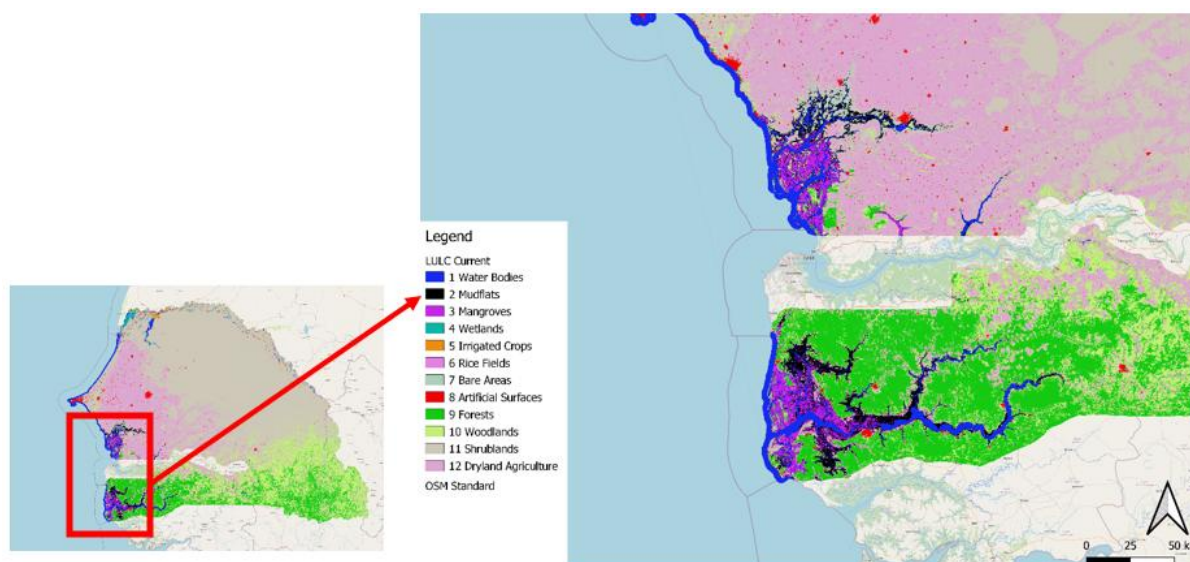
Analyse spatiale

L'analyse spatiale vise à évaluer les performances des IFN dans le contexte local en exploitant les données du système d'information géographique (SIG) et des modèles spatialement explicites. Ces outils, tels que le modèle InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Trade Offs⁶), nous permettent de quantifier, cartographier et évaluer les services écosystémiques fournis par les systèmes naturels, qui comprennent les services de régulation, d'approvisionnement, culturels et de soutien. Les modèles spatiaux aident à identifier où ces services sont générés et comment ils évolueraient dans différents scénarios d'utilisation des terres. Ces informations spatiales sont essentielles pour déterminer la valeur des interventions IFN à différentes échelles, des zones urbaines individuelles à des paysages entiers, et fournissent des données cruciales pour l'analyse coûts-bénéfices intégrée.

Carte de la couverture terrestre

Nous avons utilisé une carte de la couverture terrestre de la NASA avec une résolution de 30 m (couvrant la période d'octobre 2022 à mai 2023) comme principale donnée d'entrée pour la suite de modèles InVEST.

Figure A1. Carte de la couverture terrestre



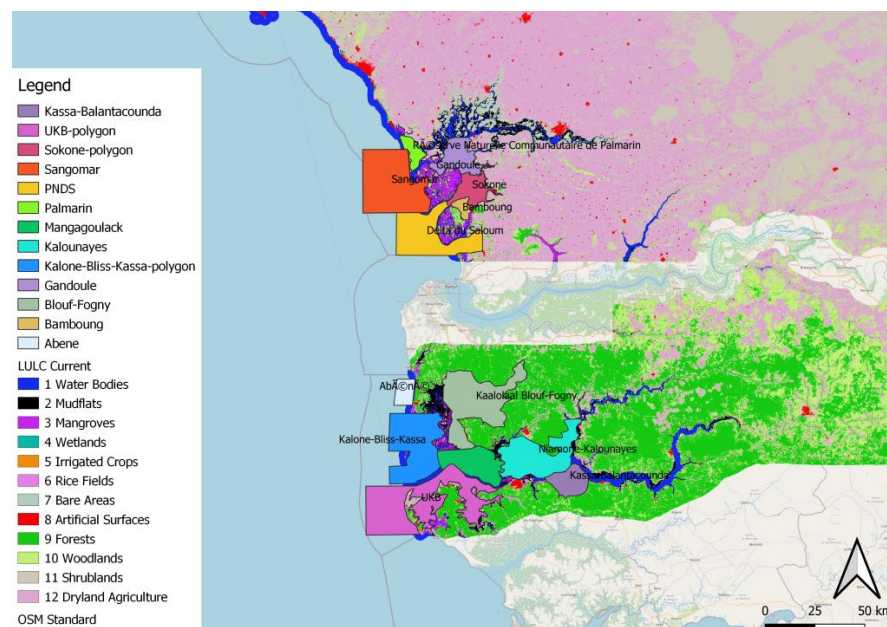
Source : InVEST.

⁶ Disponible à l'adresse <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>



Les zones étudiées dans le cadre de cette analyse sont indiquées dans la figure ci-dessous.

Figure A2. Zone d'étude

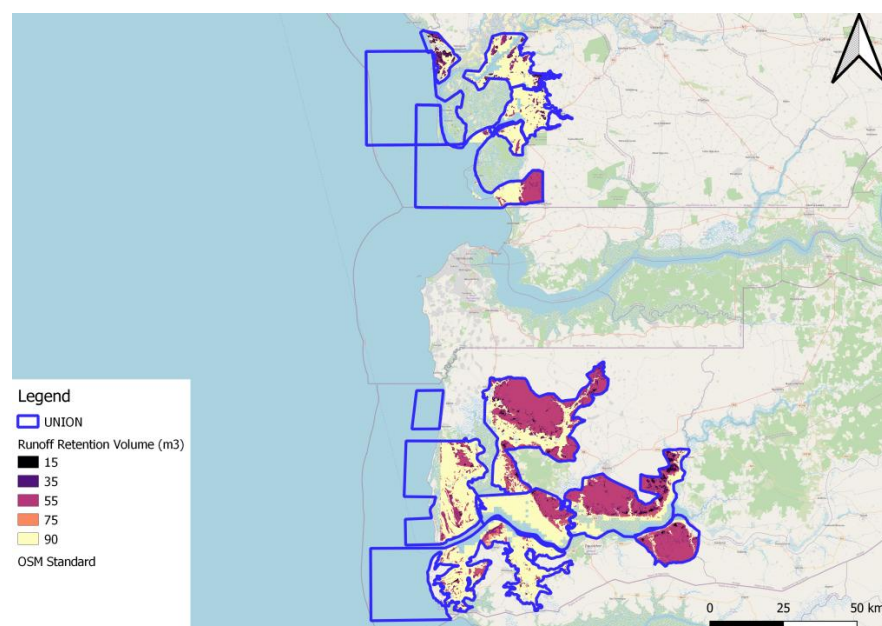


Source : InVEST.

Risque d'inondation

Le modèle calcule la réduction du ruissellement, c'est-à-dire la quantité d'eau de ruissellement retenue par pixel par rapport au volume de la tempête.

Figure A3. Zone à risque d'inondation



Source : InVEST.

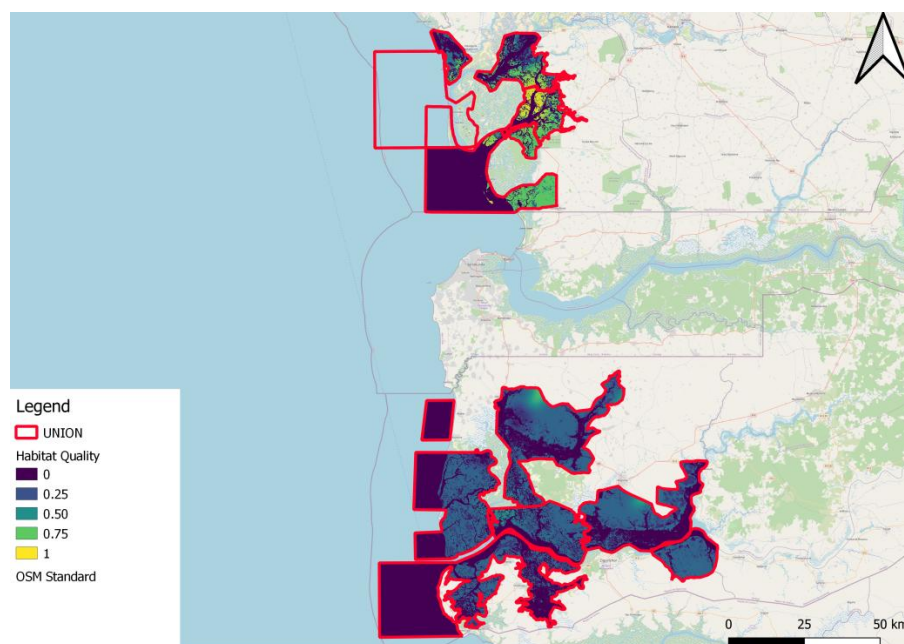


Le modèle InVEST Flood Risk indique que le volume de rétention dans le scénario actuel s'élève à 291 305 159 m³.

Qualité de l'habitat

Le modèle estime le niveau de qualité de l'habitat dans toute la zone étudiée.

Figure A4. Zone de qualité de l'habitat



Source : InVEST.

Le modèle InVEST Habitat Quality indique que la qualité moyenne de l'habitat dans la zone étudiée dans le scénario actuel est égale à 0,17, sur une échelle allant de 0 (niveau le plus bas de HQ) à 1 (niveau le plus élevé de HQ).

Exportation de sédiments

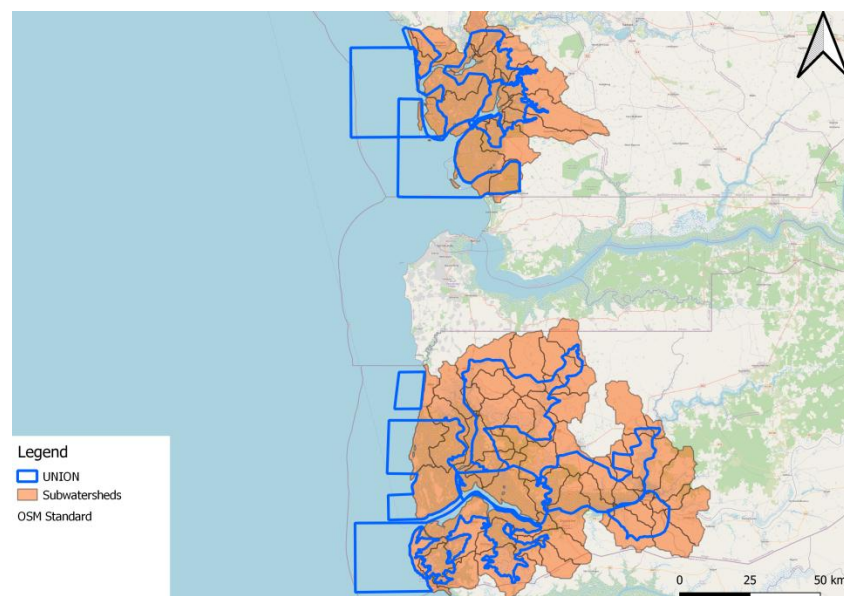
Le modèle estime le nombre de tonnes de sédiments exportés depuis la zone d'étude.

Le modèle InVEST d'exportation des sédiments indique que le nombre de tonnes de sédiments exportés dans la zone d'étude dans le scénario actuel s'élève à 205 610 tonnes.

Ce modèle ne génère aucun résultat spatial pertinent. Les modèles ont besoin des géométries des sous-bassins versants de la zone d'étude pour fonctionner, et les sédiments exportés sont modélisés pour ces zones.



Figure A5. Zone d'exportation des sédiments

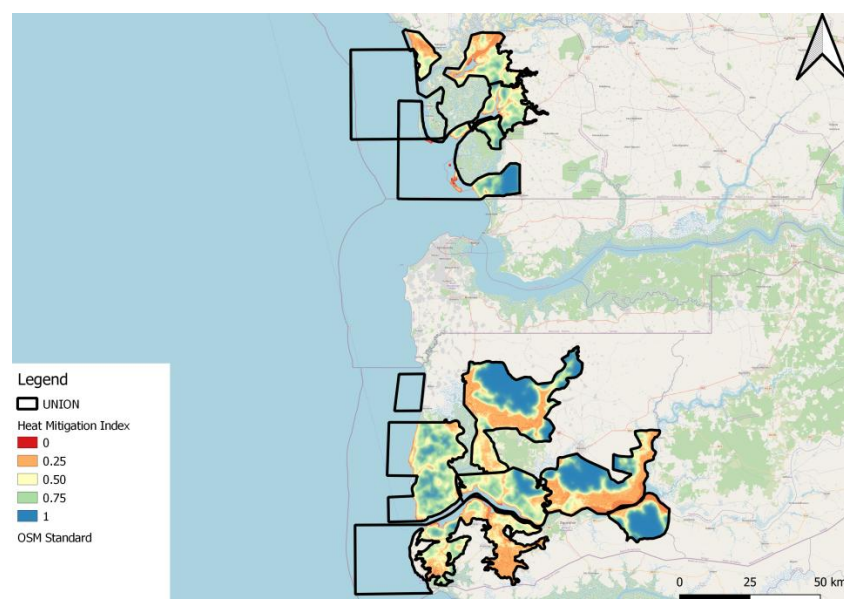


Source : InVEST.

Refroidissement

Le modèle InVEST Cooling indique que la température dans la zone d'étude dans le scénario actuel est égale à 32,58 °C, en tenant compte d'une température ambiante de 30,00 °C et d'un effet d'îlot de chaleur de 5,00 °C.

Figure A6. Zone du modèle de refroidissement



Source : InVEST.



Méthodologie

Tableau A1. Paramètres des scénarios d'inondations

Scénario d'inondations	Intensité moyenne (intensité 1 en X)	Intervalle de récurrence moyen	Fréquence annuelle
Sévères	1 fois tous les 30 ans	Tous les 2 ans	1 événement par an
Modérées	1 fois tous les 30 ans	Tous les 5 ans	1 événement par an

Source : Auteur.

Le tableau A1 définit deux scénarios d'inondations (sévéres et modérées) à l'aide de trois paramètres connexes pour décrire la fréquence et l'intensité prévues des inondations :

- **Intensité moyenne** (intensité 1 en X) : « 1 fois tous les 30 ans » signifie que l'ampleur de l'inondation en question, définie par un débit de pointe ou une profondeur d'eau spécifique, devrait statistiquement être atteinte ou dépassée en moyenne une fois tous les 30 ans. En termes hydrologiques, ce paramètre examine les enregistrements de débit à long terme et les adapte à une distribution de valeurs extrêmes, par exemple Gumbel ou Log-Pearson Type III (Nasir, N. N., 2025). On identifie ensuite le débit correspondant à la probabilité de dépassement annuel de 1/30 ($\approx 3,3\%$). Cette valeur de débit correspond à l'intensité d'une « crue trentenaire », qui représente l'amplitude de référence utilisée tout au long de l'analyse.
- **Intervalle de récurrence moyen** : il décrit la fréquence à laquelle les inondations se produisent réellement au fil du temps. Dans le scénario sévère, on suppose qu'une crue trentenaire se reproduit en moyenne tous les deux ans, ce qui reflète des facteurs tels que les changements climatiques qui rendent les grandes inondations plus fréquentes que ne le suggère leur rareté statistique. Dans le scénario modéré, on suppose que la même crue trentenaire se reproduit tous les cinq ans, ce qui représente une fréquence globale d'inondation plus faible.
- **Fréquence annuelle d'événements** : Elle traduit l'intervalle de récurrence en occurrences annuelles attendues au cours des années où des inondations se produisent. Pour les deux scénarios, le modèle suppose que chaque année où des inondations se produisent, il y aura exactement un événement d'inondation de l'intensité spécifiée.

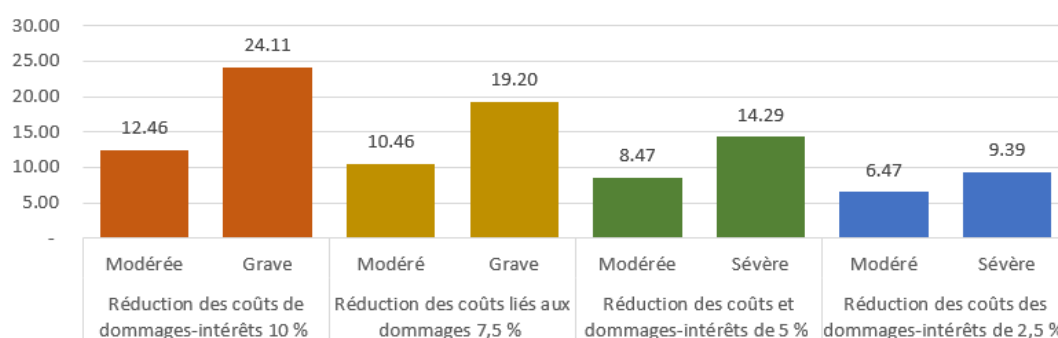
Résultats de l'analyse coûts-bénéfices

La figure A 27 présente les résultats de la valeur actuelle nette pour huit scénarios d'atténuation des inondations, en examinant comment la rentabilité de la restauration des mangroves varie en fonction de l'efficacité de la réduction des dommages aux infrastructures (10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %) et des scénarios de fréquence des inondations (modérée : tous les 5 ans ; sévère : tous les 2 ans).



La restauration des mangroves génère des rendements positifs dans tous les scénarios, allant de 6,47 milliards de CFA dans des conditions conservatrices (protection de 2,5 %, inondations modérées) à 24,11 milliards de CFA dans un scénario de protection de 10 % et d'inondations sévères. Les données révèlent une relation positive claire entre la fréquence des inondations et l'efficacité de la protection, la VAN doublant lorsque les scénarios d'inondation s'intensifient. Dans chaque scénario d'inondations, la VAN évolue proportionnellement à l'efficacité de la protection, ce qui démontre que le fait de cibler les zones à haut risque et fréquemment inondées avec des protocoles de restauration optimisés maximise considérablement la valeur économique du projet. Même le scénario le plus prudent reste économiquement viable, ce qui confirme que la restauration des mangroves offre des rendements solides dans divers contextes de mise en œuvre et scénarios climatiques futurs.

Figure A7. Valeur actuelle nette selon les scénarios d'inondation en milliards de CFA



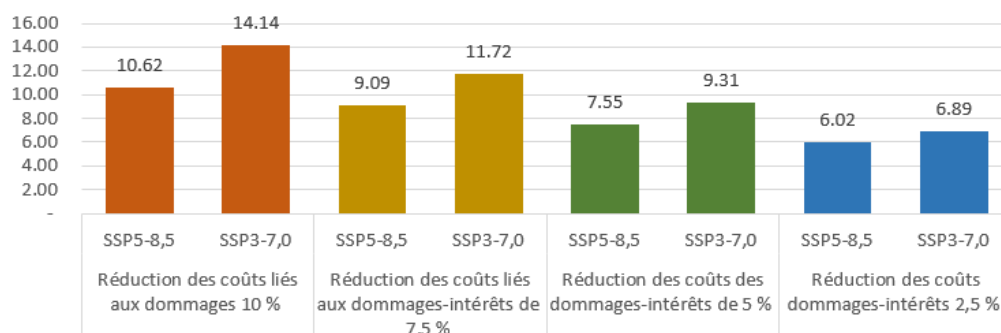
Source : Auteur.

La figure A 8 évalue la rentabilité de la restauration des mangroves selon deux scénarios climatiques contrastés, SSP5-8.5 (émissions élevées) et SSP3-7.0 (émissions intermédiaires), combinés à quatre niveaux d'efficacité de réduction des dommages aux infrastructures (10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %).

Le scénario SSP3-7.0 génère systématiquement une VAN plus élevée que le scénario SSP5-8.5 pour tous les niveaux d'efficacité de protection, ce qui reflète la survenue plus précoce et plus fréquente d'inondations au milieu du siècle (2024–2050), période pendant laquelle les bénéfices sont les plus importants en termes de valeur actuelle. Avec une réduction des dommages inférieure à 10 %, le SSP3-7.0 rapporte 14,14 milliards de CFA, contre 10,62 milliards de CFA pour le SSP5-8.5, soit un bénéfice de 33 %. Cette tendance se maintient pour les niveaux d'efficacité inférieurs : avec une protection de 2,5 %, le SSP3-7.0 atteint 6,89 milliards de CFA contre 6,02 milliards de CFA pour le SSP5-8.5. La convergence des valeurs de VAN à l'efficacité de protection la plus faible suggère que même dans des scénarios à fortes émissions avec une intensification retardée des inondations, la restauration des mangroves reste économiquement viable. Ces résultats confirment que les rendements du projet sont optimisés lorsque la fréquence des inondations atteint son pic pendant la phase de restauration active, et que les deux scénarios climatiques futurs justifient fortement l'investissement dans la restauration des mangroves.



Figure A8. Valeur actuelle nette selon les scénarios climatiques SSP5-8.5 vs SSP3-7.0 en milliards de CFA



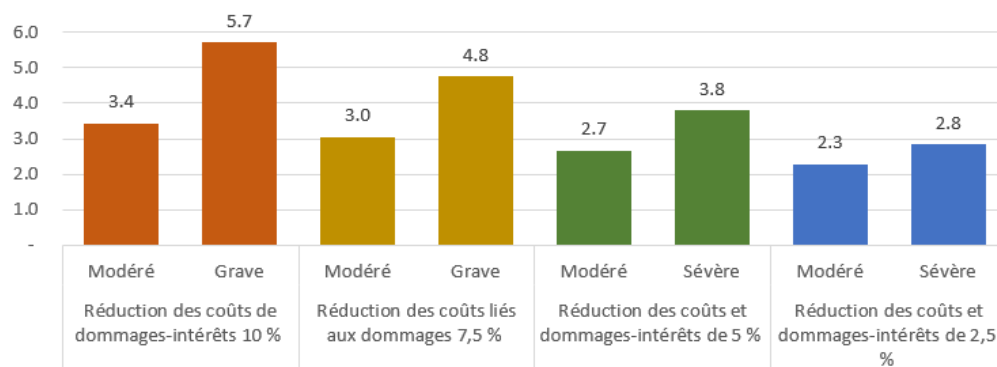
Source : Auteur.

La figure A9 présente les ratios bénéfices-coûts (RBC) mesurant le rendement de chaque unité monétaire investie dans la restauration des mangroves dans huit scénarios d'atténuation des inondations, avec des efficacités variables en matière de réduction des dommages aux infrastructures (10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %) pour chacun des scénarios de fréquence des inondations (modérée et sévère).

Le rapport bénéfices-coûts dépasse 2,0 dans tous les scénarios, ce qui confirme le fort rendement économique des investissements dans la restauration. Dans le scénario de protection de 10 % et d'inondations sévères, chaque CFA investi génère 5,7 CFA en dommages évités et en bénéfices pour l'écosystème. Le scénario présentant l'efficacité de protection la plus élevée dans le cas d'inondations modérées donne un résultat de 3,4, tandis que même le scénario le plus prudent (protection de 2,5 %, inondations modérées) donne un résultat de 2,3 CFA. Les scénarios d'inondations sévères produisent systématiquement des ratios bénéfices-coûts supérieurs de 40 à 50 % à ceux des scénarios modérés à des niveaux de protection équivalents, ce qui démontre que l'intensification des risques d'inondation améliore considérablement la rentabilité du projet. L'efficacité de la protection entraîne des améliorations proportionnelles des rendements, un doublement de l'efficacité augmentant le RBC d'environ 1,0 à 1,5 unité. Ces résultats indiquent que la restauration des mangroves représente un investissement public économiquement intéressant dans divers contextes climatiques et de vulnérabilité aux inondations, avec des rendements particulièrement intéressants dans les zones à haut risque et fréquemment inondées où la restauration peut permettre de réduire au maximum les dommages.



Figure A9. Rapport bénéfices-coûts dans différents scénarios d'inondation



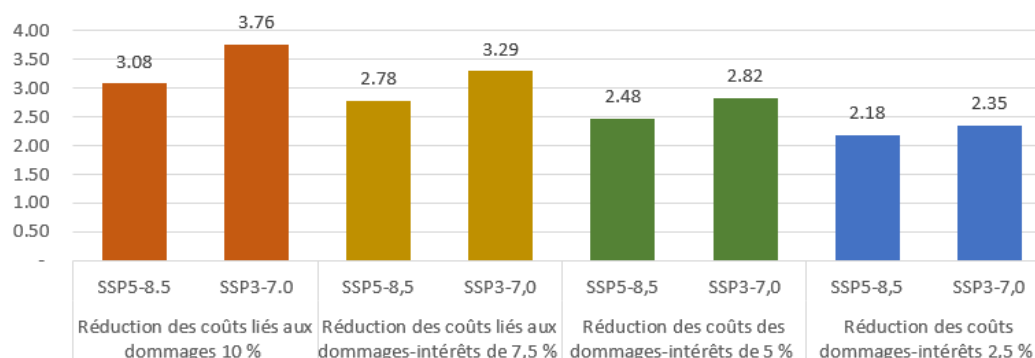
Source : Auteur.

La figure A10 évalue les rapports bénéfices-coûts de la restauration des mangroves selon deux scénarios d'émissions climatiques, SSP5-8,5 (émissions élevées) et SSP3-7,0 (émissions intermédiaires), combinés à quatre niveaux d'efficacité de réduction des dommages aux infrastructures (10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %).

Le scénario SSP3-7.0 offre systématiquement des ratios bénéfices-coûts plus élevés que le scénario SSP5-8.5 dans tous les scénarios d'efficacité de la protection, ce qui reflète l'intensification précoce des inondations pendant la phase active du projet, lorsque les dommages évités s'accumulent le plus fortement. Avec une réduction des dommages de 10 %, le scénario SSP3-7.0 atteint 3,76 contre 3,08 pour le scénario SSP5-8.5, ce qui représente une amélioration des rendements de 22 %. Ce bénéfice persiste à des niveaux d'efficacité inférieurs : avec une protection de 2,5 %, le scénario SSP3-7.0 génère un RBC de 2,35 contre 2,18 pour le scénario SSP5-8.5. Même dans le scénario à fortes émissions avec un pic d'inondation retardé, les RBC restent solides et supérieurs à 2,0 dans tous les cas, ce qui confirme la forte viabilité de l'investissement, quelle que soit la trajectoire climatique. Les améliorations de l'efficacité de la protection entraînent des gains proportionnels du RBC dans les deux scénarios, l'efficacité supérieure surpassant systématiquement la protection inférieure dans des scénarios climatiques équivalents. Ces résultats démontrent que la restauration des mangroves représente un investissement économique solide qui donne des résultats favorables même dans des scénarios climatiques à long terme divergents, offrant une valeur d'adaptation flexible pour les communautés côtières confrontées à de multiples possibilités climatiques.



Figure A10. Rapport bénéfices-coûts dans les scénarios SSP

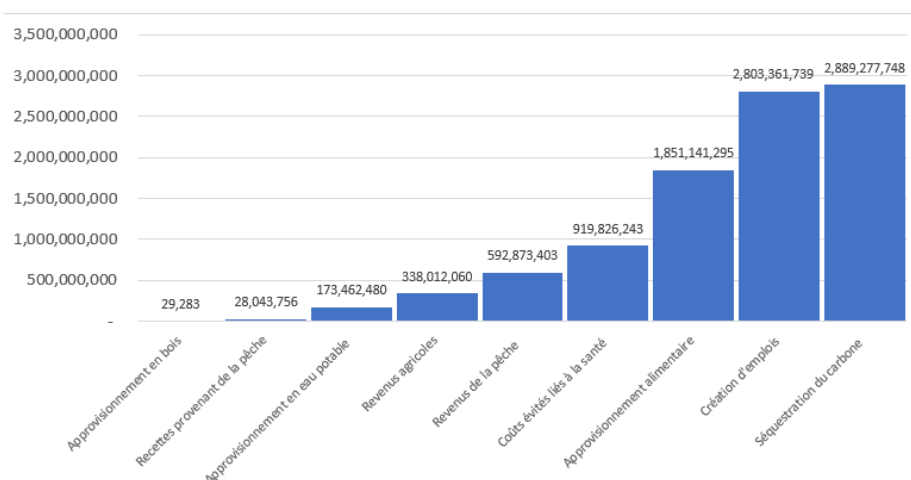


Source : Auteur.

La figure A 11 montre les bénéfices au-delà des dommages évités liés aux inondations. Les catégories d'avantages individuels les plus importantes sont la séquestration du carbone (2,89 milliards de CFA, soit 30,1 % du total), qui représente la valeur mondiale de l'atténuation des changements climatiques, et la création d'emplois (2,80 milliards de CFA, soit 29,2 % du total), qui reflète l'emploi direct pendant le reboisement et l'entretien continu. L'approvisionnement alimentaire, qui englobe la consommation des ménages en riz, poisson, légumes et autres denrées de base, constitue la troisième catégorie la plus importante avec 1,85 milliard de francs CFA (19,3 %), soutenant directement la sécurité alimentaire des communautés côtières. Les coûts évités liés à la santé s'élèvent à 920 millions de francs CFA (9,6 %), reflétant les améliorations en matière de prévention des maladies respiratoires et d'origine hydrique grâce à la filtration de l'air et de l'eau par les mangroves. Les revenus de la pêche contribuent à hauteur de 593 millions de francs CFA (6,2 %), les revenus agricoles s'élèvent à 338 millions de francs CFA (3,5 %) et l'approvisionnement en eau potable rapporte 173 millions de francs CFA (1,8 %) grâce à l'amélioration de la recharge et de la qualité des nappes phréatiques. Les revenus tirés de la pêche pour les femmes génèrent 28 millions de francs CFA (0,3 %), tandis que l'approvisionnement en bois (bois de chauffage et matériaux de construction) rapporte 29 283 francs CFA (0,003 %). Collectivement, ces bénéfices démontrent que les investissements dans les infrastructures basées sur la nature permettent à la fois d'atténuer les effets des changements climatiques, de garantir la sécurité des moyens de subsistance, de créer des emplois et de fournir des services écosystémiques essentiels, générant ainsi des rendements substantiels qui profitent à tous les niveaux de revenus et soutiennent en particulier les populations vulnérables dépendantes des ressources marines et terrestres.



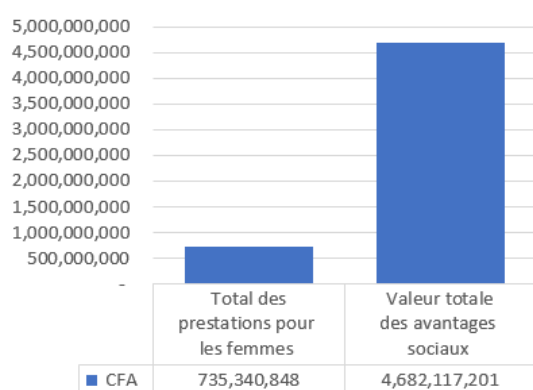
Figure A11. Répartition des bénéfices (à l'exclusion des coûts évités liés aux dommages aux infrastructures)



Source : Auteur.

La figure A 12 montre que les bénéfices communautaires totaux sont évalués à environ 4,68 milliards de francs CFA par an, les femmes en captant une part de 735 millions de francs CFA, soit 15,7 % du total. Cette répartition reflète la participation concentrée des femmes dans des activités de subsistance spécifiques, notamment la récolte de coquillages, la production agricole, la transformation des produits de la pêche et la création d'emplois, où elles exercent une autonomie considérable et génèrent des revenus substantiels. Bien qu'elles obtiennent des bénéfices absolus significatifs dépassant 735 millions de francs CFA, l'écart proportionnel entre les bénéfices dont bénéficient les femmes et ceux dont bénéficie l'ensemble de la communauté (différence de 16,4 points de pourcentage) souligne à quel point les inégalités structurelles, notamment l'accès limité des femmes au capital, au pouvoir décisionnel et à l'emploi formel dans des activités à plus forte valeur ajoutée, limitent leur capacité à tirer parti de ces bénéfices.

Figure A12. Bénéfices totaux pour les femmes par rapport aux bénéfices totaux (valeurs globales)



Source : Auteur.



Annexe B. Hypothèses de modélisation

Coûts directs

Coûts de mise en œuvre (CAPEX) - Zone de reboisement

La superficie reboisée correspond au nombre total d'hectares plantés chaque année sur les sites d'intervention en Casamance. Les objectifs de plantation ont été définis à partir des données de l'UICN et répartis entre six zones protégées : trois Aires du patrimoine communautaire autochtone — APAC Kamite, APAC Badala et APAC Koureye —, deux Aires marines protégées — AMP Kalone-Bliss-Kassa (AMP KBK) et AMP Kalolaal-Blouf-Fogny (AMP KBF) — ainsi que la zone de conservation plus vaste de l'APAC Kawawana.

En 2024, les objectifs de reboisement totalisent 64,2 hectares sur l'ensemble des sites : 2,5 ha dans l'APAC Kamite, 2,0 ha dans l'APAC Badala, 4,0 ha dans l'APAC Koureye, 13,3 ha dans l'APAC Kawawana, 10,9 ha dans l'AMP KBK et 31,5 ha dans l'AMP KBF.

En 2025, la superficie plantée atteint 73,0 hectares, répartis comme suit : 3,0 ha dans l'APAC Kamite, 5,0 ha dans l'APAC Badala, 5,0 ha dans l'APAC Koureye, 10,0 ha dans l'APAC Kawawana, 25,0 ha dans l'AMP KBK et 25,0 ha dans l'AMP KBF.

En 2026, le reboisement prévu atteint 70,0 hectares au total : 5,0 ha dans chacune des APAC Kamite, Badala et Koureye, 10,0 ha dans l'APAC Kawawana, 25,0 ha dans l'AMP KBK et 20,0 ha dans l'AMP KBF.

Coût unitaire de reboisement

Le coût unitaire de reboisement couvre l'ensemble des dépenses nécessaires à la création d'un hectare de forêt de mangrove. Il inclut la préparation des plants, la main-d'œuvre pour la plantation, la préparation et le défrichage du site ainsi que la livraison sur les sites de plantation, sur la base des informations fournies par l'UICN. Ce coût est standardisé à 350 000 CFA par hectare pour tous les sites et toutes les années.

Coût de mise en œuvre du reboisement

Les coûts de reboisement sont calculés en multipliant la superficie annuelle reboisée par le coût unitaire par hectare, soit 350 000 CFA/ha, selon les données de l'UICN.

- En 2024 : $64,2 \text{ ha} \times 350\,000 \text{ CFA/ha} = 22\,470\,000 \text{ CFA}$
- En 2025 : $73,0 \text{ ha} \times 350\,000 \text{ CFA/ha} = 25\,550\,000 \text{ CFA}$
- En 2026 : $70,0 \text{ ha} \times 350\,000 \text{ CFA/ha} = 24\,500\,000 \text{ CFA}$

Ces coûts annuels sont directement intégrés dans l'analyse coûts-bénéfices en tant que dépenses d'investissement (CAPEX) pour les activités de reboisement dans la zone d'intervention de la Casamance. Ils représentent des investissements dans la restauration



des écosystèmes et dans la création de moyens de subsistance communautaires pendant la phase initiale critique de restauration des mangroves.

Coûts d'entretien (OPEX)

Les coûts d'exploitation et d'entretien couvrent toutes les activités annuelles nécessaires au maintien des zones de mangrove restaurées et protégées. Ils incluent notamment la surveillance, l'entretien des plants, les patrouilles écosystémiques, la gestion communautaire, l'entretien adaptatif et l'engagement des parties prenantes dans toute la zone d'intervention de la Casamance.

Zone conservée

La superficie totale sous gestion de conservation correspond, chaque année, à la somme des hectares actifs dans six zones protégées, selon les données fournies par l'UICN : APAC Kamite, APAC Badala, APAC Koureye, APAC Kawawana, AMP Kalone-Bliss-Kassa et AMP Kalolaal-Blouf-Fogny.

En 2024, la superficie totale des zones protégées s'élève à 5 100 hectares : 200 ha dans chacune des APAC Kamite, Badala et Koureye, 1 000 ha dans l'APAC Kawawana, 2 000 ha dans l'AMP KBK et 1 500 ha dans l'AMP KBF.

En 2025, la gestion de la conservation s'étend à 8 700 hectares : 400 ha dans chacune des APAC Kamite, Badala et Koureye, 1 500 ha dans l'APAC Kawawana, 3 500 ha dans l'AMP KBK et 2 500 ha dans l'AMP KBF.

D'ici fin 2026, la zone conservée atteint 14 996 hectares, ce qui représente une expansion géographique importante : 606 ha dans l'APAC Kamite, 680 ha dans l'APAC Badala, 710 ha dans l'APAC Koureye, 2 000 ha dans l'APAC Kawawana, 6 000 ha dans l'AMP KBK et 5 000 ha dans l'AMP KBF.

Coût unitaire de conservation

Le coût annuel moyen pour entretenir et gérer activement un hectare de mangrove restaurée est fixé à 20 000 CFA par hectare et par an. Cette hypothèse, confirmée par l'UICN, est appliquée à toutes les zones protégées et à toutes les années.

Coûts annuels d'exploitation et d'entretien

Les coûts d'exploitation et d'entretien sont calculés en multipliant la superficie conservée par le coût unitaire par hectare et par an.

- En 2024 : $5\,100\text{ ha} \times 20\,000\text{ CFA/ha/an} = 102\,000\,000\text{ CFA}$
- En 2025 : $8\,700\text{ ha} \times 20\,000\text{ CFA/ha/an} = 174\,000\,000\text{ CFA}$
- En 2026 : $14\,996\text{ ha} \times 20\,000\text{ CFA/ha/an} = 299\,920\,000\text{ CFA}$



Ces coûts annuels reflètent l'expansion géographique des activités de conservation et les besoins continus liés à la gestion des écosystèmes. Les dépenses d'exploitation et d'entretien sont intégrées dans l'analyse coûts-bénéfices en tant que dépenses opérationnelles récurrentes (OPEX) essentielles au maintien de la santé des écosystèmes.

Coûts évités liés aux dommages causés par les inondations

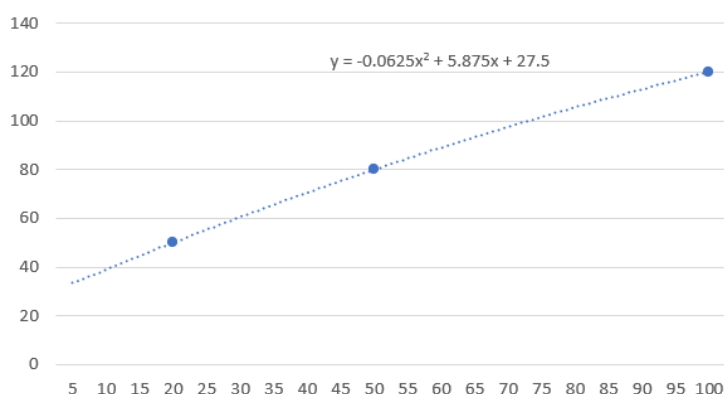
Dommages causés par les inondations aux bâtiments publics

Dans le scénario de référence, le coût des dommages causés par les inondations aux bâtiments publics dans les districts de Bignona et de Bounkiling ne survient qu'en cas d'inondation. Sur la base de la fréquence des inondations, l'analyse suppose une distribution homogène des événements d'inondation sur la période 2024–2050. Ainsi, si la fréquence retenue est d'une inondation tous les y ans, le marqueur d'occurrence des inondations passe à 1 tous les y ans pendant toute la période. Le paramètre de fréquence des inondations est choisi pour chaque simulation.

À partir de trois niveaux d'inondation, correspondant à des périodes de retour de 1:20, 1:50 et 1:100, une fonction a été extrapolée afin d'estimer la relation entre l'intensité de l'inondation et le nombre de bâtiments touchés. Pour les bâtiments publics, cette relation est représentée par la fonction polynomiale suivante :

$$f_1(x) = -0,0625x^2 + 5,875x + 27,5$$

Figure B1. Bâtiments publics



Source : Auteur.

Dans cette fonction, $f_1(x)$ représente le nombre de bâtiments publics touchés en cas d'inondation, et x représente l'intensité de l'inondation.

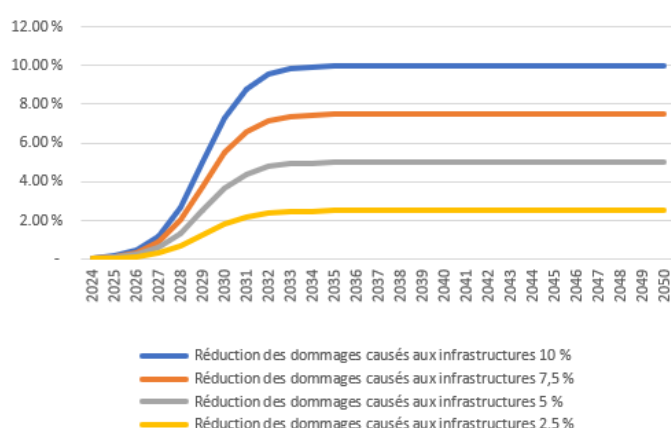
Une valeur de 450 000 CFA par mètre carré a été retenue pour les bâtiments publics, avec une hypothèse de dommages équivalente à 50 %. Le coût des dommages aux bâtiments publics en cas d'inondation est donc calculé comme suit :



Coût des dommages aux bâtiments publics en cas d'inondation = nombre de bâtiments publics touchés par inondation × taille moyenne des bâtiments publics touchés × valeur unitaire d'un bâtiment public × pourcentage de dommages retenu pour les bâtiments publics.

Dans le scénario IFN, quatre niveaux de réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures sont testés : 10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %. Ces niveaux reflètent différentes hypothèses sur l'efficacité des interventions pour réduire les dommages liés aux inondations. L'analyse suppose ensuite qu'il faut 10 ans pour atteindre pleinement ces niveaux de réduction, compte tenu du calendrier de mise en œuvre du projet.

Figure B2. Réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures



Source : Auteur.

Dommages causés par les inondations aux bâtiments résidentiels

Dans le scénario de référence, le coût des dommages causés par les inondations aux bâtiments résidentiels ne survient qu'en cas d'inondation. Sur la base de la fréquence des inondations, l'analyse suppose une répartition homogène des événements sur la période 2024–2050. Ainsi, si la fréquence retenue est d'une inondation tous les y ans, le marqueur de fréquence des inondations passe à 1 tous les y ans. Ce paramètre est choisi pour chaque simulation.

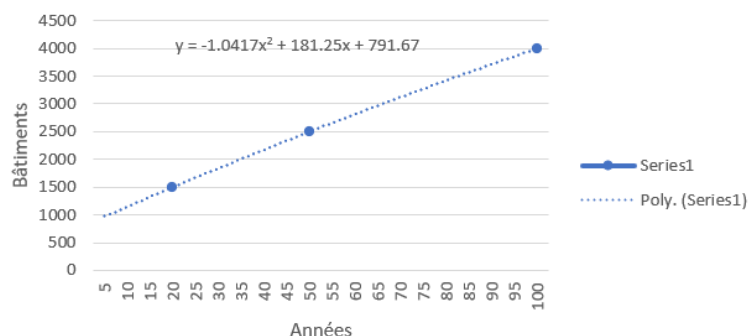
À partir de trois niveaux d'inondation, correspondant à des périodes de retour de 1:20, 1:50 et 1:100, une fonction a été extrapolée afin d'estimer la relation entre l'intensité de l'inondation et la superficie résidentielle touchée. Pour les bâtiments résidentiels, cette relation est représentée par la fonction polynomiale suivante :

$$f_1(x) = -1,0417x^2 + 181,25x + 791,67$$

Dans cette fonction, $f_1(x)$ représente la superficie des bâtiments résidentiels touchés en cas d'inondation, mesurée en nombre de bâtiments, et x représente l'intensité de l'inondation.



Figure B3. Bâtiments résidentiels



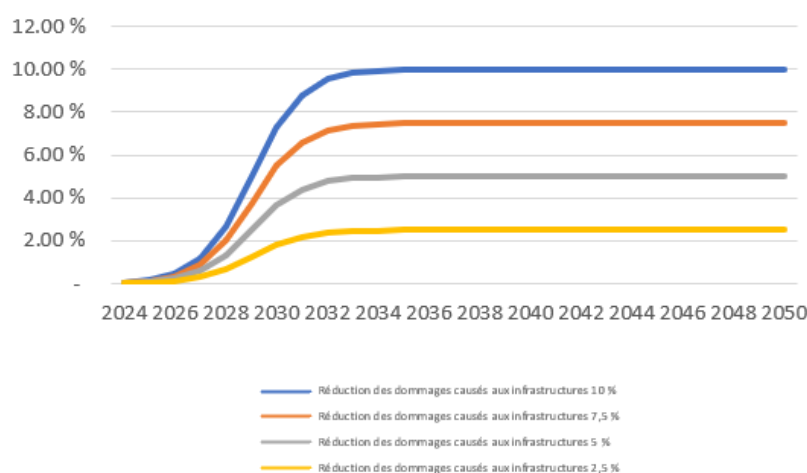
Source : Auteur.

Une valeur de 360 000 CFA par mètre carré a été retenue pour les bâtiments résidentiels, avec une hypothèse de dommages équivalente à 50 %. Le coût des dommages aux bâtiments résidentiels en cas d'inondation est donc calculé comme suit :

Coût des dommages aux bâtiments résidentiels en cas d'inondation = nombre de bâtiments résidentiels touchés par inondation × taille moyenne des bâtiments touchés × valeur unitaire d'un bâtiment résidentiel × pourcentage de dommages retenu pour les bâtiments résidentiels.

Dans le scénario IFN, quatre niveaux de réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures sont testés : 10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %. Ces niveaux reflètent différentes hypothèses sur l'efficacité des interventions pour réduire les dommages liés aux inondations. L'analyse suppose qu'il faut 10 ans pour atteindre pleinement ces niveaux de réduction, compte tenu du calendrier de mise en œuvre.

Figure B4. Réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures



Source : Auteur.



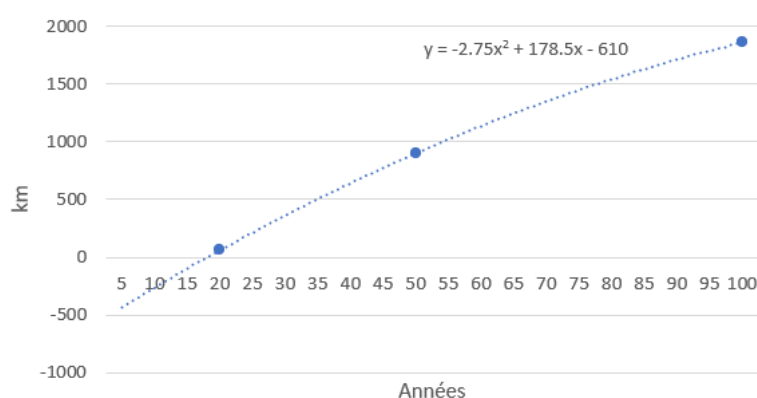
Domages causés par les inondations aux routes

Dans le scénario de référence, le coût des dommages causés par les inondations aux routes ne survient qu'en cas d'inondation. Sur la base de la fréquence des inondations, l'analyse suppose une répartition homogène des événements sur la période 2024–2050. Ainsi, si la fréquence retenue est d'une inondation tous les y ans, le marqueur de fréquence des inondations passe à 1 tous les y ans. Le paramètre de fréquence des inondations est choisi pour chaque simulation.

À partir de trois niveaux d'inondation, correspondant à des périodes de retour de 1:20, 1:50 et 1:100, une fonction a été extrapolée afin d'estimer la relation entre l'intensité de l'inondation et le nombre de kilomètres de routes touchées. Pour les routes, cette relation est représentée par la fonction polynomiale suivante :

$$f_1(x) = -2,75x^2 + 178,5x - 610$$

Figure B5. Routes



Source : Auteur.

Dans cette fonction, $f_1(x)$ représente le nombre de kilomètres de routes touchées en cas d'inondation, et x représente l'intensité de l'inondation.

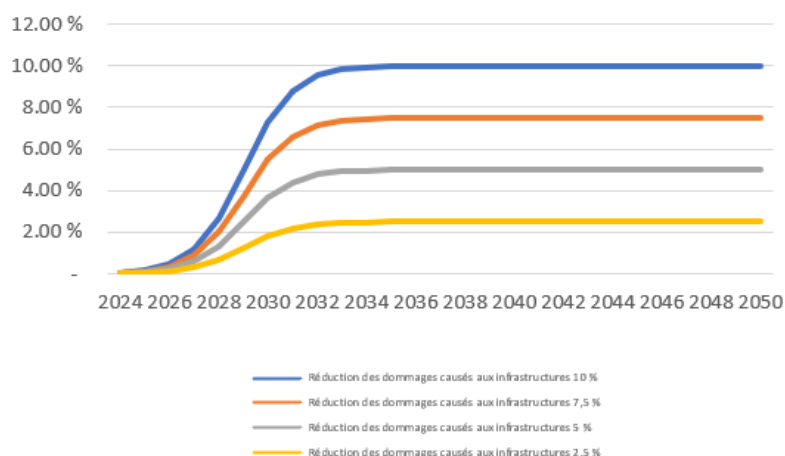
Une valeur de 350 000 CFA par kilomètre de route endommagée a été retenue. Le coût des dommages aux routes en cas d'inondation est donc calculé comme suit :

Coût des dommages aux routes endommagées en cas d'inondation = nombre de kilomètres de routes touchées par inondation $\times$ valeur unitaire d'un kilomètre de route endommagée.

Dans le scénario IFN, quatre niveaux de réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures sont testés : 10 %, 7,5 %, 5 % et 2,5 %. Ces niveaux reflètent différentes hypothèses sur l'efficacité des interventions pour réduire les dommages liés aux inondations. L'analyse suppose qu'il faut 10 ans pour atteindre pleinement ces niveaux de réduction, compte tenu du calendrier de mise en œuvre.



Figure B6. Réduction des dommages causés par les inondations aux infrastructures



Source : Auteur.

Coûts évités liés à la santé

Les coûts liés à la santé dans le scénario de référence sont calculés à partir des données d'une enquête ménagère exhaustive menée par l'Agence nationale de la statistique du Sénégal (ANSD) dans la région de Ziguinchor, couvrant les départements de Bignona et de Bounkiling.

Les dépenses de santé directes mensuelles par ménage s'élèvent en moyenne à 25 000 CFA. Ces dépenses sont annualisées dans le modèle et une part de 20 % des dépenses totales de santé est attribuée à des problèmes de santé liés au climat et à l'environnement. Cette hypothèse est cohérente avec les liens établis entre la dégradation des écosystèmes et certaines maladies respiratoires, hydriques et vectorielles dans les régions côtières.

L'analyse couvre 38 630 ménages à Bignona et Bounkiling, dont 37 730 ménages à Bignona et 900 ménages à Bounkiling, sur la base des données du recensement de l'ANSD. Ces ménages représentent une population totale de 287 503 personnes, calculée à partir d'une taille moyenne des ménages de 7,62 personnes. Les femmes représentent 49 % de cette population, soit 139 601 femmes dans la zone d'intervention.

Les coûts annuels de santé de référence sont calculés comme suit :

Les dépenses sanitaires directes moyennes d'un ménage sont estimées à 25 000 XOF par mois. Sur une année, la dépense sanitaire totale moyenne par ménage est donc calculée comme suit :

$$25\,000\text{ XOF} \times 12\text{ mois} = 300\,000\text{ XOF par ménage et par an.}$$

Il est ensuite supposé que 20 % de ces dépenses sanitaires sont liées à des problèmes de santé associés aux facteurs climatiques et environnementaux :



$300\,000 \text{ XOF} \times 20 \% = 60\,000 \text{ XOF}$ par ménage et par an.

Le nombre total de ménages concernés est obtenu en additionnant les ménages de Bignona et de Bounkiling :

$37\,730 \text{ ménages} + 900 \text{ ménages} = 38\,630 \text{ ménages}$.

Enfin, le coût annuel global des problèmes de santé liés aux facteurs climatiques et environnementaux est estimé en multipliant le nombre total de ménages par le coût annuel moyen par ménage :

$38\,630 \text{ ménages} \times 60\,000 \text{ XOF} = 2\,317\,800\,000 \text{ XOF}$ par an.

Pour les femmes, les coûts liés à la santé sont calculés comme suit :

Le nombre total de personnes est estimé en multipliant le nombre de ménages recensés par la taille moyenne d'un ménage :

$37\,730 \text{ ménages} \times 7,62 \text{ personnes par ménage} = 287\,502,6 \text{ personnes}$, soit environ 287 503 personnes.

Le nombre de femmes est ensuite estimé à partir du nombre moyen de femmes par ménage :

$37\,730 \text{ ménages} \times 3,7 \text{ femmes par ménage} = 139\,601 \text{ femmes}$.

La proportion de femmes dans la population totale est calculée comme suit :

$139\,601 \div 287\,502,6 \times 100 = 48,56 \%$.

Enfin, les coûts de santé attribuables aux femmes sont estimés en appliquant cette proportion aux coûts globaux liés aux problèmes de santé :

$2\,317\,800\,000 \text{ XOF} \times 48,56 \% = 1\,125\,440\,945 \text{ XOF}$ par an.

Dans le scénario IFN, la restauration des mangroves devrait réduire de 2,5 % les coûts de santé liés au climat, grâce à l'amélioration progressive de la santé des écosystèmes à mesure que les mangroves arrivent à maturité et que leurs fonctions écologiques se renforcent.

Revenus de la pêche

Les revenus de la pêche dans le scénario de référence sont estimés à partir des données régionales sur la production artisanale issues des enquêtes de l'ANSD couvrant les départements de Bignona et de Bounkiling dans la région de Ziguinchor. Ces données sont complétées par les registres administratifs des inspections locales de la pêche.

La valeur unitaire moyenne des produits de la pêche artisanale dans la zone d'intervention est estimée à 1 325 CFA par kilogramme. Cette valeur repose sur les données d'une enquête exhaustive auprès des ménages et sur les informations relatives aux prix du marché



collectées par SOCODEVI au moyen d'un questionnaire direct. Elle reflète les variations régionales des prix des espèces courantes, qui peuvent aller de 150 à 2 500 CFA par kilogramme selon les espèces et les conditions du marché.

La production de base de la pêche artisanale couvre deux départements :

- Bignona : 59 979 413 kg/an, selon les enquêtes statistiques de l'ANSD Sénégal
- Bounkiling : 96 477 kg/an, selon les registres des inspecteurs locaux des pêches

Le volume total de pêche artisanale régionale retenu dans l'analyse est de 6 007 589 kg/an. Ce total représente 10 % de la production régionale globale directement touchée par les conditions de l'écosystème dans la zone d'intervention et susceptible d'être améliorée grâce à la restauration des mangroves.

Sur la production totale de pêche artisanale, 95 % est destinée à la vente commerciale, tandis que 5 % est conservée pour la consommation de subsistance. Le volume de pêche commercialisable est donc estimé à 5 707 210 kg/an.

Les revenus annuels de référence de la pêche sont calculés comme suit :

$$5\,707\,210 \text{ kg/an} \times 1\,325 \text{ CFA/kg} = 7\,562\,052\,654 \text{ CFA/an.}$$

Les femmes jouent un rôle essentiel dans la transformation et la commercialisation du poisson tout au long de la chaîne de valeur de la pêche artisanale. L'analyse sensible au genre indique que les femmes gèrent 48 % des activités de transformation du poisson, soit 2 883 643 kg/an. Elles vendent directement 30 % du poisson transformé sur les marchés locaux et régionaux, ce qui représente 865 093 kg/an de ventes commerciales.

Les revenus des femmes issus de la pêche sont donc estimés comme suit :

$$865\,093 \text{ kg/an} \times 1\,325 \text{ CFA/kg} = 1\,146\,247\,981 \text{ CFA/an.}$$

Cette source de revenus illustre le rôle économique essentiel des femmes dans le secteur de la pêche, même si leurs bénéfices restent limités par un accès restreint au capital, aux informations sur les marchés et aux chaînes d'approvisionnement formelles.

Dans le scénario IFN, la restauration des mangroves devrait augmenter la productivité de la pêche artisanale de 3,0 %. Cette augmentation résulte de l'amélioration des habitats de reproduction des juvéniles, de la meilleure santé des écosystèmes et de l'expansion des zones de reproduction. L'analyse suppose un délai de 25 ans pour atteindre cette hausse de productivité, reflétant la nature progressive du rétablissement des populations de poissons et de la stabilisation des écosystèmes. Cette amélioration bénéficie directement aux communautés de pêcheurs artisanaux et aux femmes impliquées dans la transformation du poisson.



Revenus agricoles

Les revenus agricoles de référence sont calculés à partir d'une combinaison de données statistiques officielles, d'enquêtes de terrain et d'hypothèses documentées lorsque les données n'étaient pas disponibles. Les principales sources incluent les données régionales de production publiées par l'ANSD dans le rapport Situation économique et sociale de la région de Ziguinchor 2022–2023, les enquêtes par questionnaire menées dans les départements de Bignona et de Bounkiling ainsi que certaines hypothèses du modèle.

L'analyse porte sur quatre cultures principales : le riz, le maïs, les arachides oléagineuses et les haricots. Ces cultures représentent les principales sources de revenus agricoles des ménages.

Production et revenus du riz

La culture du riz génère des revenus de référence de 2 230 547 600 CFA/an. Les données de production proviennent de l'ANSD pour Bignona, avec une production de 130 806 tonnes, et des enquêtes de terrain pour Bounkiling, avec une production de 51 944 tonnes. Afin de refléter l'impact limité des conditions environnementales sur la production, une hypothèse de 20 % du volume total est retenue dans les calculs.

À Bignona, la production est calculée comme suit :

$130\,806 \text{ tonnes} \times 1\,000 = 130\,806\,000 \text{ kg}$. En appliquant l'hypothèse de 20 %, la production prise en considération est de 26 161 200 kg/an. Sur cette quantité, 20 % sont destinés à la vente, soit 5 232 240 kg/an. Avec un prix de vente de 400 CFA/kg, le revenu du riz à Bignona est de 2 092 896 000 CFA/an.

À Bounkiling, la production est calculée comme suit :

$51\,944 \text{ tonnes} \times 1\,000 = 51\,944\,000 \text{ kg}$. En appliquant l'hypothèse de 20 %, la production prise en considération est de 10 388 800 kg/an. Sur cette quantité, 10 % sont destinés à la vente, soit 1 038 880 kg/an. Avec un prix de vente moyen de 132,5 CFA/kg, le revenu du riz à Bounkiling est de 137 651 600 CFA/an.

Le revenu total du riz est donc :

$2\,092\,896\,000 + 137\,651\,600 = 2\,230\,547\,600 \text{ CFA/an}$.

Production et revenus du maïs

Le maïs constitue la deuxième source de revenus agricoles, avec 6 094 290 300 CFA/an. Les données de production proviennent de l'ANSD pour Bignona, avec 4 673 tonnes, et des enquêtes de terrain de SOCODEVI pour Bounkiling, avec 17 480 tonnes. La part de production commercialisée, soit 70 %, est issue des enquêtes auprès des ménages. Le prix de vente, fixé à 393 CFA/kg, est basé sur les données de l'ANSD.

Le calcul est le suivant :



4 673 tonnes + 17 480 tonnes = 22 153 tonnes, soit 22 153 000 kg/an. Sur cette quantité, 70 % sont destinés à la vente, soit 15 507 100 kg/an. Avec un prix de vente de 393 CFA/kg, le revenu agricole du maïs est de 6 094 290 300 CFA/an.

Production et revenus de l'arachide oléagineuse

Les arachides oléagineuses génèrent 9 143 595 000 CFA/an, ce qui en fait la principale culture de rente. Les données de production proviennent de l'ANSD pour Bignona, avec 32 800 tonnes, et des enquêtes pour Bounkiling, avec 510 tonnes. La part de production vendue, soit 90 %, repose sur une hypothèse basée sur le rapport EMTRAS. Le prix de vente, fixé à 305 CFA/kg, est basé sur le prix officiel publié par l'APS.

Le calcul est le suivant :

32 800 tonnes + 510 tonnes = 33 310 tonnes, soit 33 310 000 kg/an. Sur cette quantité, 90 % sont destinés à la vente, soit 29 979 000 kg/an. Avec un prix de vente de 305 CFA/kg, le revenu de l'arachide oléagineuse est de 9 143 595 000 CFA/an.

Production et revenus des haricots

Les haricots génèrent 38 850 000 CFA/an. Les données de production proviennent d'enquêtes pour Bounkiling, avec 510 tonnes, et d'une source secondaire, Open Data for Africa, pour Bignona, avec 600 tonnes. La part de production vendue, soit 5 %, est issue des enquêtes. Le prix de vente, fixé à 700 CFA/kg, repose sur une hypothèse.

Le calcul est le suivant :

510 tonnes + 600 tonnes = 1 110 tonnes, soit 1 110 000 kg/an. Sur cette quantité, 5 % sont destinés à la vente, soit 55 500 kg/an. Avec un prix de vente de 700 CFA/kg, le revenu des haricots est de 38 850 000 CFA/an.

Revenus agricoles de référence totaux

Les revenus agricoles de référence annuels pour les quatre catégories de cultures s'élèvent à 17 507 282 900 CFA/an.

Le calcul est le suivant :

2 230 547 600 + 6 094 290 300 + 9 143 595 000 + 38 850 000 = 17 507 282 900 CFA/an.

Revenus agricoles différenciés selon le sexe

Les femmes jouent un rôle essentiel dans les systèmes de production et de commercialisation agricoles, bien que leur participation varie selon les cultures. Les calculs appliquent d'abord la part de production gérée par les femmes, puis la part de production vendue par les femmes. Les hypothèses utilisées dans le modèle sont les suivantes : 54 % de la production est gérée par les femmes pour le riz, le maïs et les haricots ; 8 % pour l'arachide ; et 40 % de



la production gérée par les femmes est vendue. Ces données sont confirmées par les enquêtes de terrain.

Pour le riz, les femmes génèrent 2 557 655 136 CFA/an. À Bignona, le calcul est le suivant : $26\,161\,200\text{ kg} \times 54\% = 14\,127\,048\text{ kg}$ gérés par les femmes ; $14\,127\,048\text{ kg} \times 40\% = 5\,650\,819\text{ kg}$ vendus ; $5\,650\,819\text{ kg} \times 400\text{ CFA/kg} = 2\,260\,327\,680\text{ CFA/an}$. À Bounkiling, le calcul est le suivant : $10\,388\,800\text{ kg} \times 54\% = 5\,609\,952\text{ kg}$; $5\,609\,952\text{ kg} \times 40\% = 2\,243\,981\text{ kg}$ vendus ; $2\,243\,981\text{ kg} \times 132,5\text{ CFA/kg} = 297\,327\,456\text{ CFA/an}$.

Pour le maïs, les femmes génèrent 1 880 523 864 CFA/an. Le calcul est le suivant : $22\,153\,000\text{ kg} \times 54\% = 11\,962\,620\text{ kg}$ gérés par les femmes ; $11\,962\,620\text{ kg} \times 40\% = 4\,785\,048\text{ kg}$ vendus ; $4\,785\,048\text{ kg} \times 393\text{ CFA/kg} = 1\,880\,523\,864\text{ CFA/an}$.

Pour l'arachide oléagineuse, les femmes génèrent 325 105 600 CFA/an. Le calcul est le suivant : $33\,310\,000\text{ kg} \times 8\% = 2\,664\,800\text{ kg}$ gérés par les femmes ; $2\,664\,800\text{ kg} \times 40\% = 1\,065\,920\text{ kg}$ vendus ; $1\,065\,920\text{ kg} \times 305\text{ CFA/kg} = 325\,105\,600\text{ CFA/an}$.

Pour les haricots, les femmes génèrent 167 832 000 CFA/an. Le calcul est le suivant : $1\,110\,000\text{ kg} \times 54\% = 599\,400\text{ kg}$ gérés par les femmes ; $599\,400\text{ kg} \times 40\% = 239\,760\text{ kg}$ vendus ; $239\,760\text{ kg} \times 700\text{ CFA/kg} = 167\,832\,000\text{ CFA/an}$.

Les revenus agricoles totaux des femmes atteignent donc 4 931 116 600 CFA/an, soit environ 28 % du revenu agricole total de référence.

Dans le scénario IFN, la restauration des mangroves devrait augmenter la productivité agricole de 2,3 %, grâce notamment à l'amélioration de la qualité des sols, à une meilleure sédimentation et à un meilleur cycle des nutriments.

Revenus tirés de la récolte des huîtres

Dans le scénario de référence, les revenus annuels tirés de la récolte des huîtres par les femmes sont calculés à partir de la participation réelle, de la productivité quotidienne, des taux de vente et des prix du marché local. Les données proviennent du projet Natur'ELLES, de SOCODEVI et des enquêtes par questionnaire.

Le nombre de femmes activement engagées dans la récolte des huîtres est estimé à 222, dont 111 à Bignona et 111 à Bounkiling. La productivité journalière repose sur les données du projet Natur'ELLES : chaque femme récolte en moyenne 6 pots par jour, avec un poids moyen de 500 g par pot. Cela correspond à une production journalière de 3 kg par femme.

Le nombre moyen de jours de récolte est estimé à 90 jours par an. La récolte annuelle par femme est donc :

$$3\text{ kg/jour} \times 90\text{ jours} = 270\text{ kg/an/femme.}$$

La part de la production destinée à la vente est estimée à 98 %. La quantité vendue par femme est donc :



$270 \text{ kg} \times 98 \% = 265 \text{ kg/an/femme}$.

Le prix de vente des huîtres transformées est estimé à 1 500 CFA/kg, sur la base des données issues des questionnaires et de l'inspection de pêche. Le revenu annuel individuel est donc calculé comme suit :

$265 \text{ kg} \times 1\,500 \text{ CFA/kg} = 396\,900 \text{ CFA/an/femme}$.

Le revenu total généré par l'ensemble des femmes est estimé à :

$222 \text{ femmes} \times 396\,900 \text{ CFA/an} = 88\,111\,800 \text{ CFA/an}$.

Dans le scénario IFN, l'amélioration des conditions de l'habitat des mangroves et des estuaires devrait augmenter de 10 % les revenus des femmes provenant de la récolte de coquillages, notamment des huîtres, grâce à la restauration des bancs d'huîtres et à un meilleur accès au marché.

Approvisionnement en eau potable

Les volumes d'approvisionnement en eau potable et les recettes sont estimés à partir des données de consommation disponibles pour Bignona et Bounkiling ainsi qu'à partir du tarif de l'eau potable utilisé dans le modèle.

La consommation quotidienne moyenne est estimée à 2 950 000 litres/jour. Cette valeur comprend 2 500 000 litres/jour à Bignona, selon les données de SEN'EAU Ziguinchor, et 450 000 litres/jour à Bounkiling, selon Ps-Eau.

La consommation annuelle est calculée comme suit :

$2\,950\,000 \text{ litres/jour} \times 365 \text{ jours/an} = 1\,076\,750\,000 \text{ litres/an}$.

Le tarif de l'eau potable utilisé est de 250 CFA/m³, basé sur les actualités du secteur de l'eau et de l'assainissement au Sénégal d'avril 2024. Les recettes annuelles globales sont calculées dans le modèle comme suit :

$2\,950\,000 \times 250 \text{ CFA} = 737\,500\,000 \text{ CFA/an}$.

Ainsi, le scénario de référence estime les recettes annuelles liées à l'approvisionnement en eau potable à 737 500 000 CFA/an.

Dans le scénario IFN, la restauration des mangroves et des écosystèmes devrait entraîner une augmentation nette de 5 % de l'eau potable disponible, grâce à une meilleure recharge, à une réduction des pertes et à une stabilisation des rendements des sources. Ce scénario permet de quantifier l'impact de la restauration des mangroves non seulement sur les services écosystémiques, mais aussi sur la sécurité hydrique des communautés et le potentiel de revenus municipaux dans le temps.



Approvisionnement alimentaire

Dans le scénario de référence, les valeurs annuelles de l'approvisionnement alimentaire sont calculées à partir des revenus récents du secteur et des proportions de vente issus des données locales disponibles, notamment les enquêtes par questionnaire, les hypothèses du modèle et les données nationales de l'ANSD, dont le rapport EMTRAS.

Pour la pêche, les revenus annuels s'élèvent à 7 562 052 654 CFA/an. En supposant que 95 % de la production est destinée à la vente, la part non vendue, conservée pour la consommation directe, représente 5 %. L'approvisionnement alimentaire lié à la pêche est donc estimé à :

$$7\,562\,052\,654 \times 5 \% = 398\,002\,771 \text{ CFA/an.}$$

Pour le riz à Bignona, le revenu annuel tiré du riz s'élève à 2 092 896 000 CFA/an. En considérant que 10 % de la production est destinée à la vente, la valeur de l'approvisionnement non vendu est estimée à :

$$2\,092\,896\,000 \div 10 \% \times 90 \% = 18\,836\,064\,000 \text{ CFA/an.}$$

Pour Bounkiling, avec une production destinée à la vente de 1 038 880 kg/an et une hypothèse de 10 % destinée à la vente, la valeur d'approvisionnement est de 9 349 920 CFA/an. L'approvisionnement total lié au riz est donc estimé à 18 845 413 920 CFA/an.

Pour le maïs, avec un revenu annuel de référence de 6 094 290 300 CFA/an et 70 % de la production destinée à la vente, la part non vendue représente 30 %. L'approvisionnement lié au maïs est donc estimé à :

$$6\,094\,290\,300 \div 70 \% \times 30 \% = 2\,611\,838\,700 \text{ CFA/an.}$$

Pour l'arachide huilière, la valeur vendue est estimée à 9 143 595 000 CFA/an. En supposant que 90 % de la production est destinée à la vente, la part non vendue représente 10 %. L'approvisionnement lié à l'arachide huilière est donc estimé à :

$$9\,143\,595\,000 \div 90 \% \times 10 \% = 1\,015\,955\,000 \text{ CFA/an.}$$

Pour les haricots, les revenus annuels provenant de la vente sont estimés à 38 850 000 CFA/an. D'après l'enquête par questionnaire, 5 % de la production est destinée à la vente, tandis que la part non vendue représente 95 %. L'approvisionnement lié aux haricots est donc estimé à :

$$38\,850\,000 \div 5 \% \times 95 \% = 738\,150\,000 \text{ CFA/an.}$$

Pour la récolte de fruits de mer, les revenus annuels s'élèvent à 88 111 800 CFA/an. En supposant que 98 % de la production est destinée à la vente, la part non vendue représente 2 %. L'approvisionnement lié aux fruits de mer est donc estimé à :

$$88\,111\,800 \div 98 \% \times 2 \% = 1\,798\,200 \text{ CFA/an.}$$



En additionnant toutes les catégories, la valeur totale de référence de l'approvisionnement alimentaire est estimée à 23 611 158 591 CFA/an.

Dans le scénario IFN, les infrastructures fondées sur la nature devraient augmenter la valeur globale de l'approvisionnement alimentaire de 3,0 % par rapport au niveau de référence, une fois que l'écosystème aura atteint sa maturité.

Approvisionnement en bois

Dans le scénario de référence, l'approvisionnement en bois de chauffage des ménages est estimé sur la base des données disponibles pour le département de Bounkiling, issues de la Situation économique et sociale régionale de Sédhiou 2020–2021 publiée par l'ANSD.

La production annuelle de bois de chauffage est estimée à 7 470 stères/an, avec un prix de marché de 500 CFA/stère. La valeur annuelle totale de la production de bois est donc calculée comme suit :

$$7\,470 \text{ stères/an} \times 500 \text{ CFA/stère} = 3\,735\,000 \text{ CFA/an.}$$

La part utilisée pour l'approvisionnement des ménages est estimée à 20 % de la production totale, selon une hypothèse confirmée par SOCODEVI. La valeur annuelle de l'approvisionnement des ménages est donc :

$$3\,735\,000 \text{ CFA/an} \times 20 \% = 747\,000 \text{ CFA/an.}$$

Ainsi, l'approvisionnement annuel en bois de chauffage directement disponible pour les ménages est estimé à 747 000 CFA/an dans le scénario de référence.

Dans le scénario IFN, les pratiques de gestion durable telles que les boisés communautaires et les zones tampons agroforestières devraient augmenter l'approvisionnement en bois de chauffage de 2,5 % par rapport au scénario de référence, de manière linéaire sur 25 ans.

Création d'emplois

Dans le scénario IFN, la dotation en personnel du projet et la rémunération tenant compte des questions de genre sont dérivées des profils de coûts de reboisement et de conservation, sur la base des estimations et des données d'enquête de SOCODEVI.

Pour la phase de reboisement, qui couvre la période 2024–2026, l'analyse suppose que 40 % de l'ensemble des coûts de construction, c'est-à-dire de plantation, sont versés sous forme de salaires locaux. Cette estimation est confirmée par les données collectées sur le terrain et par les structures types de projets similaires.

Les salaires liés au reboisement sont estimés comme suit :

- 2024 : $22\,470\,000 \text{ CFA} \times 40 \% = 8\,988\,000 \text{ CFA}$
- 2025 : $25\,550\,000 \text{ CFA} \times 40 \% = 10\,220\,000 \text{ CFA}$



- 2026 : $24\,500\,000 \text{ CFA} \times 40 \% = 9\,800\,000 \text{ CFA}$

Le total des salaires liés au reboisement sur trois ans est donc de 29 008 000 CFA.

Pour les opérations de conservation et de maintenance, l'analyse suppose que 55 % des coûts annuels d'exploitation et de maintenance sont versés sous forme de salaires, sur la base d'enquêtes auprès des ménages et des normes du secteur.

Les salaires liés aux opérations et à la maintenance sont estimés comme suit :

- 2024 : $102\,000\,000 \text{ CFA} \times 55 \% = 56\,100\,000 \text{ CFA}$
- 2025 : $174\,000\,000 \text{ CFA} \times 55 \% = 95\,700\,000 \text{ CFA}$
- 2026 : $299\,920\,000 \text{ CFA} \times 55 \% = 164\,956\,000 \text{ CFA}$

Au total, les salaires liés aux opérations et à la maintenance représentent 316 756 000 CFA sur trois ans.

Le montant total des salaires versés pour les emplois directs générés par les cycles de reboisement et d'entretien annuel s'élève donc à 345 764 000 CFA en Casamance.

Analyse de genre liée à l'emploi

En Casamance, 536 femmes participent aux activités de restauration, d'après les données de terrain de SOCODEVI. À

Le salaire direct estimé pour le reboisement est calculé à partir d'un taux de 5 000 CFA/personne/an. Pour 536 femmes, cela correspond à 2 677 762 CFA par an.

Pour les activités de conservation, avec l'expansion des zones de conservation, le nombre de femmes engagées dans l'entretien passe à 758 en Casamance. En appliquant le même taux salarial de 5 000 CFA/personne/an, le salaire estimé pour le groupe de femmes engagées dans la conservation en Casamance est de 3 791 189 CFA par an.

Ces estimations fournissent une quantification directe des revenus salariaux des femmes pour les activités de reboisement et de conservation. Elles reflètent également le ciblage délibéré du projet vers les groupes de femmes et les comités locaux.

Séquestration du carbone

La restauration des mangroves en Casamance apporte des bénéfices significatifs en matière d'atténuation des changements climatiques grâce à la séquestration annuelle du carbone. L'analyse quantifie les taux de séquestration pour les jeunes peuplements en régénération et pour les forêts de mangroves matures, en appliquant les principes du coût social du carbone et du coût du carbone basé sur le marché afin d'estimer leur valeur économique monétisée.

En 2024, le taux de séquestration des jeunes mangroves est estimé à 14,6 tonnes de CO₂/ha/an, selon les données fournies par Tayo. Avec une superficie reboisée de 64 ha, la séquestration annuelle est calculée comme suit :



$$14,6 \times 64 = 937 \text{ tonnes de CO}_2/\text{an.}$$

Pour valoriser cette séquestration, le prix de référence du carbone retenu est de 50 USD/tonne de CO₂, selon Brookings. Le taux de change appliqué est de 557 CFA/USD, au 02/07/2025 à 14h36. Le coût social du carbone en CFA est donc :

$$50 \text{ USD} \times 557 \text{ CFA/USD} = 27\,865 \text{ CFA/tonne de CO}_2.$$

La valeur monétaire estimée est la suivante :

- 2024 : $937 \text{ tCO}_2 \times 27\,865 \text{ CFA} = 26\,118\,021 \text{ CFA}$
- 2025 : $1\,752 \text{ tCO}_2 \times 27\,865 \text{ CFA} = 48\,823\,080 \text{ CFA}$
- 2026 : $1\,680 \text{ tCO}_2 \times 27\,865 \text{ CFA} = 46\,812\,000 \text{ CFA}$

À long terme, après 2026, le taux de séquestration des mangroves matures est estimé à 33 tonnes de CO₂/ha/an. La superficie totale reboisée entre 2024 et 2026 atteint 207 ha. La séquestration annuelle totale est donc estimée à :

$$33 \times 207 = 6\,831 \text{ tonnes de CO}_2/\text{an.}$$

La valeur monétaire à pleine maturité est estimée à :

$$6\,838 \text{ tCO}_2/\text{an} \times 27\,865 \text{ CFA} = 190\,526\,801 \text{ CFA/an.}$$

© 2026 International Institute for Sustainable Development
Publié par l'Institut international du développement durable