Restauration expérimentale du littoral de l'île d'El Bassila (îles Kneiss, Tunisie) par réimplantation du taxon identifié sur le terrain comme *Salicornia arabica* : évaluation préliminaire d'une solution fondée sur la nature contre l'érosion côtière

Réalisé par : Mhiri, S., Ben Mbarek, N., Keskes, S., Aloulou, C., Ghannoudi, A., & Taktak, S. – Association de Continuité des Générations – dans le cadre du projet Préserver les Îles Kneiss (PIK), avec l'appui du PMF/FEM – PNUD Tunisie – 2025-2026

Résumé

L'archipel des îles Kneiss, situé dans le golfe de Gabès (Tunisie), constitue un site d'importance écologique internationale. Il bénéficie notamment des statuts de site Ramsar et d'aire spécialement protégée d'importance méditerranéenne (ASPIM), et il est reconnu pour son importance avifaunistique. Toutefois, ses habitats côtiers sont soumis à l'érosion, au changement climatique et à diverses pressions anthropiques. Cette étude décrit une intervention expérimentale de restauration écologique fondée sur la réimplantation d'un taxon halophyte local identifié sur le terrain comme *Salicornia arabica*, dont l'identification taxonomique doit être confirmée.

À la suite d'un suivi écologique réalisé sur l'île d'El Bassila, une association spatiale qualitative a été observée entre la présence du taxon étudié et une meilleure stabilité apparente du trait de côte. Cette observation a conduit à une expérimentation pilote, puis à une intervention à plus grande échelle dans le cadre du projet PIK - Préserver les îles Kneiss. Menées selon une approche participative associant les communautés locales, les opérations ont porté sur 1 600 m² d'habitats côtiers et ont consisté à transplanter 1 766 plants dans trois zones prioritaires.

Les données disponibles sont préliminaires. Dans la parcelle expérimentale P9, 93,7 % des plants ont été considérés comme repris lors du premier suivi. Ce résultat indique une bonne survie initiale dans cette parcelle, mais ne permet pas encore de démontrer une réduction de l'érosion ni une restauration écologique durable. La poursuite d'un suivi comparatif à moyen et à long terme est nécessaire pour mesurer la survie, l'expansion de la couverture végétale, l'évolution des sédiments et du trait de côte, ainsi que les effets sur la biodiversité. L'intervention constitue ainsi une approche potentiellement compatible avec les principes des solutions fondées sur la nature, sous réserve de cette validation.

1. Introduction

L'archipel des îles Kneiss, situé dans le golfe de Gabès, à environ 65 km de Sfax, est l'un des principaux sites naturels de la côte tunisienne en raison de sa richesse écologique. La réserve naturelle, classée en 1993, couvre 5 850 ha. Le site Ramsar « Îles Kneiss avec leurs zones intertidales », inscrit le 7 novembre 2007, couvre une superficie plus vaste de 22 027 ha (Ramsar Sites Information Service, 2007). La zone fait également l'objet d'initiatives visant à renforcer sa protection et sa gestion marine et côtière.

À l'échelle internationale, les îles Kneiss figurent sur la Liste des aires spécialement protégées d'importance méditerranéenne (ASPIM) depuis 2003 et sont reconnues comme une zone d'importance majeure pour la conservation des oiseaux. Leur inscription comme site Ramsar en 2007 souligne également l'importance du complexe insulaire et intertidal pour la conservation de la biodiversité et des zones humides.

L'archipel est composé de quatre îlots principaux : El Bassila, le plus grand, El Hjar, El Laboua et El Gharbia. Ils abritent des habitats côtiers et intertidaux d'une grande valeur écologique.

Les îles Kneiss sont soumises à plusieurs pressions qui menacent leur équilibre écologique. Les effets du changement climatique, notamment l'élévation du niveau de la mer et l'érosion côtière, entraînent la régression d'habitats naturels tels que les marais salés, les vasières et les herbiers marins. À ces facteurs s'ajoutent des pressions anthropiques, notamment certaines pratiques de pêche, la fréquentation non contrôlée des îlots, les pollutions marines et les déchets transportés par les courants, qui perturbent la faune et dégradent les écosystèmes. Malgré les statuts de protection du site, les moyens de surveillance et de gestion restent limités. Il est donc nécessaire de renforcer les actions de conservation, de restauration écologique et de gestion participative afin d'assurer sa préservation à long terme.

Les marais salés, les herbiers marins et les vasières constituent des refuges, des zones d'alimentation et, pour certaines espèces, des zones de reproduction. Ils peuvent fournir des services écosystémiques importants, notamment la stabilisation des sédiments, l'atténuation de l'érosion, l'amélioration de la qualité de l'eau et le stockage de carbone dans la biomasse et les sols. Toutefois, l'ampleur de ces services n'a pas été quantifiée dans le cadre de la présente étude. La restauration de ces habitats peut contribuer à renforcer la résilience des écosystèmes côtiers, à préserver la biodiversité et à soutenir les activités socio-économiques des communautés littorales, notamment la pêche artisanale et l'écotourisme.



Figure 1 : carte de localisation des îles Kneiss

2. Taxon halophyte utilisé pour la restauration : identification et fonctions écologiques potentielles

Le matériel végétal transplanté a été identifié sur le terrain comme Salicornia arabica. Il s'agit d'une halophyte succulente adaptée aux milieux salés, notamment aux marais salés, aux sebkhas et aux franges intertidales soumises à des conditions de salinité élevée et à des épisodes d'immersion périodique.

Grâce à ses adaptations physiologiques et morphologiques à la salinité, Salicornia arabica peut se maintenir dans des substrats soumis à des contraintes hydriques et salines importantes. Son système racinaire, associé au développement de la partie aérienne, contribue potentiellement à la fixation et à la stabilisation superficielle du substrat. La végétation peut également réduire localement la vitesse des écoulements, favoriser la rétention de particules fines et contribuer ainsi à l'accumulation progressive des sédiments autour des plantules.

Ces mécanismes suggèrent un potentiel rôle de Salicornia arabica dans la limitation de l'érosion et la stabilisation des zones intertidales dégradées. Toutefois, l'ampleur et l'efficacité de ces fonctions écologiques doivent être évaluées et quantifiées dans les conditions spécifiques du site, notamment à travers le suivi de la survie et de la croissance des plantules, de la dynamique sédimentaire et de l'évolution du trait de côte.

La réimplantation de ce taxon local peut donc être envisagée comme une intervention de restauration fondée sur les processus écologiques. Elle pourrait favoriser la recolonisation végétale, la structuration des habitats halophiles et, à terme, certains services écosystémiques. Ces bénéfices restent cependant à démontrer au moyen d'indicateurs comparatifs portant sur la dynamique sédimentaire, la position du trait de côte, la couverture végétale, la biodiversité et le carbone stocké.

3. Approche méthodologique

Depuis plusieurs années, l'Association de la Continuité des Générations (ACG), acteur local impliqué dans le suivi et la gestion du site des îles Kneiss, réalise un suivi écologique régulier de l'île d'El Bassila, notamment de son avifaune et de ses habitats côtiers. Les observations de 2022 ont signalé plusieurs secteurs présentant un recul apparent du littoral. Une comparaison qualitative a suggéré une association spatiale entre la présence du taxon étudié et une meilleure stabilité apparente du trait de côte : les secteurs peu ou non végétalisés semblaient plus érodés que certains secteurs colonisés. Cette observation ne suffit toutefois pas à établir une relation causale.

Ces observations ont conduit à formuler l'hypothèse selon laquelle le taxon halophyte étudié contribue à la rétention des sédiments et peut limiter localement l'érosion côtière. Cette hypothèse a servi de base à une intervention expérimentale de restauration s'inscrivant dans une logique de solution fondée sur la nature.

Afin de mieux documenter cette hypothèse, une campagne de suivi de la végétation terrestre a été menée en 2023 sur l'île d'El Bassila. Elle a montré que le taxon étudié était principalement présent sur des franges littorales soumises à l'influence des marées. Cette distribution est compatible avec un rôle dans la dynamique sédimentaire, mais elle ne démontre pas à elle seule un effet de stabilisation ou d'accrétion.

Sur cette base, une expérimentation pilote de transplantation a été menée sur une parcelle test située dans un secteur dégradé présentant des conditions écologiques comparables à celles des sites sources. La reprise initiale observée a fourni une première indication de faisabilité technique. Elle ne permettait toutefois pas encore d'évaluer l'efficacité de l'intervention sur l'érosion ni sa durabilité.

À la suite de ces résultats initiaux, l'ACG a lancé une intervention à plus grande échelle, avec l'appui technique de Mme Nabiha Ben Mbarek, dans le cadre du projet PIK - Préserver les îles

Kneiss, financé par le Programme de microfinancements du Fonds pour l'environnement mondial (SGP/GEF).

La première phase du projet a consisté en un diagnostic écologique des zones dégradées de l'île d'El Bassila. Cette étude a permis d'identifier, de caractériser et de cartographier trois secteurs prioritaires de la façade sud-est de l'île, fortement exposés à l'érosion et retenus comme sites d'intervention. Les travaux ont ensuite été mis en œuvre selon un protocole privilégiant les processus naturels et limitant autant que possible les interventions artificielles.

3.1. Déroulement des travaux de restauration

Les travaux ont suivi un protocole commun visant à limiter le stress de transplantation et à maintenir des conditions proches du fonctionnement naturel du marais intertidal.

Les principales étapes étaient les suivantes :

(i) Le nettoyage préalable des sites afin d'éliminer les déchets plastiques et les autres déchets solides ;

(ii) La sélection de populations sources du taxon halophyte étudié présentant une bonne vigueur et un état sanitaire satisfaisant ;

(iii) Le prélèvement manuel des plants avec leur motte racinaire, afin de préserver l'intégrité du système racinaire ;

(iv) Le transport rapide des plants vers les zones d'intervention, afin de réduire le stress hydrique ;

(v) La préparation des sites par le creusement de trous de plantation d'environ 30 cm de profondeur ;

(vi) La transplantation selon une densité adaptée aux caractéristiques écologiques et à la dynamique sédimentaire présumée des secteurs traités. Aucun apport d'eau douce n'a été effectué ; l'alimentation en eau a été assurée exclusivement par les marées, conformément au fonctionnement naturel du site. Pour assurer la reproductibilité, la version finale du protocole devra préciser l'espacement entre les plants, la taille des mottes, les dates de plantation et les critères de sélection des sites sources.

Un suivi écologique post-intervention a été engagé afin d'évaluer la survie et la croissance des plants, l'évolution de la couverture végétale, leur capacité de propagation, ainsi que la dynamique des sédiments et du trait de côte. Ces variables doivent être mesurées sur des

parcelles plantées et des parcelles témoins comparables, à des dates répétées, afin de distinguer l'effet de l'intervention de la variabilité naturelle du milieu.

En raison du caractère insulaire de l'île d'El Bassila, l'ensemble des interventions a été planifié en fonction du calendrier des marées afin de garantir un accès sécurisé aux sites et des conditions optimales pour la mise en œuvre des travaux.

3.2. Équipe de terrain, matériel et équipements

Les opérations ont mobilisé une équipe pluridisciplinaire réunissant l'Association de la Continuité des Générations (ACG), les écogardes intervenant sur le site, l'experte chargée de l'accompagnement technique, ainsi que des représentants de la communauté locale, notamment des pêcheurs artisanaux, des femmes et des jeunes. Les travaux ont été réalisés à l'aide de récepteurs GPS, de pelles, de seaux de transport, d'un appareil photographique et de fiches de suivi destinées à documenter les opérations et les observations écologiques.

L'ensemble des activités a été mené selon une approche participative favorisant le partage des connaissances, le renforcement des capacités locales et l'implication des acteurs du territoire dans la gestion durable des écosystèmes côtiers. Les membres de la communauté locale ont participé au nettoyage des sites, à la transplantation et au suivi des plantations. Cette participation constitue un résultat social important du projet ; sa contribution à la pérennité de la restauration devra être évaluée dans la durée.

4. Résultats

4.1. Caractérisation des zones d'intervention

Entre novembre 2025 et avril 2026, 1 600 m² d'habitats côtiers dégradés de l'île d'El Bassila ont fait l'objet d'interventions de restauration. Au total, 1 766 plants du taxon halophyte étudié ont été transplantés dans trois zones présentant des caractéristiques écologiques distinctes. Ces superficies doivent être considérées comme des surfaces mises en restauration, et non comme des habitats déjà restaurés au sens d'un rétablissement écologique démontré.

- **Zone 1**

La première zone couvre 1 000 m² et comprend neuf parcelles dans lesquelles 1 281 plants ont été transplantés. La parcelle P9, située dans une dépression régulièrement soumise aux marées, a été retenue pour observer le comportement des plants en conditions d'immersion

fréquente. Lors du premier suivi disponible, 93,7 % des plants y ont été classés comme repris. Ce résultat indique une bonne survie initiale dans cette parcelle ; la date exacte du suivi, le délai écoulé depuis la plantation et la définition opérationnelle de la « reprise » devront être précisés pour permettre l'interprétation et la comparaison des résultats.

- **Zone 2**

Dans la deuxième zone, 225 plants ont été implantés sur 300 m², sous la forme d'une bande végétalisée d'environ 120 m de longueur. L'objectif est de tester la capacité de cette bande à contribuer à la stabilité du trait de côte sur un substrat rocheux et sablo-gréseux exposé à l'érosion. Aucun résultat quantitatif sur l'évolution du trait de côte n'est encore présenté.

- **Zone 3**

La troisième zone, d'une superficie de 300 m², a accueilli 260 plants. Son substrat argileux à forte rétention d'eau permet de tester l'influence de conditions plus humides sur la survie, la croissance et le développement des plants. Les résultats de ce test devront être présentés séparément de ceux des autres zones.

4.2. Synthèse des résultats

Les résultats actuellement disponibles décrivent principalement les réalisations opérationnelles du projet et la survie observée en juin des plantules réimplantés en novembre et avril 2026. Au total, 1 600 m² ont été mis en restauration et 1 766 plants ont été transplantés dans trois zones prioritaires. Les pertes observées demeurent très limitées, avec un taux de mortalité de 3,20 % pour la Zone 1 et de 3,07 % pour la Zone 3. Ces résultats traduisent un excellent taux de reprise des plantules de *Salicornia arabica* et témoignent de l'efficacité de la méthode de réimplantation mise en œuvre dans ces deux secteurs. **Les Zones 1 et 3** présentent des performances remarquables avec des taux de survie supérieurs à 96 %, traduisant une excellente adaptation des plantules aux conditions locales et confirmant la pertinence du choix des sites de réimplantation. **La Zone 2** affiche un taux global de réussite de 75,11 % inférieur à celui des deux autres zones. Cette différence s'explique essentiellement par les caractéristiques physiques du substrat, la présence de sable consolidé dans certaines parcelles expérimentales, qui constitue un milieu beaucoup moins favorable à l'installation des plantules.

5. Discussion et perspectives

Les résultats de ce suivi (juin 2026) apportent une preuve de concept opérationnelle majeure : la transplantation de Salicornia arabica à l'échelle des sites cibles des îles kneiss est techniquement réalisable et permet d'atteindre un taux de reprise exceptionnel à court terme. La réussite observée en Zone 1 (mortalité de 3,20 %) et en Zone 3 (mortalité de 3,07 %) confirme la pertinence des méthodes de réimplantation en deux vagues (novembre et avril 2026).

Toutefois, la performance plus modérée enregistrée en Zone 2 (taux de réussite global de 75,11 %) met en évidence le rôle critique des contraintes édaphiques. La présence de sable consolidé dans certaines parcelles expérimentales de la Zone 2 constitue un obstacle physique majeur à l'enracinement profond et à l'alimentation hydrique des jeunes plantules. Ce constat souligne l'importance d'intégrer un diagnostic pédo-sédimentaire préalable systématique pour adapter les techniques de préparation du sol ou cibler prioritairement les substrats meubles favorisant la fixation.

Sur le plan écosystémique, bien que la survie initiale observée sur les 1 766 plants et les 1 600 m² mis en restauration soit très encourageante, elle ne démontre pas encore, à ce stade, une réduction mesurable de l'érosion marine, ni une accrétion sédimentaire stabilisée ou un rétablissement complet des fonctions écologiques de l'habitat. Ces effets à moyen et long terme nécessitent une évaluation pluriannuelle comparative s'appuyant sur des parcelles témoins non restaurées.

En matière de qualification, l'intervention s'inscrit pleinement dans la démarche des Solutions fondées sur la Nature (SfN) : elle s'appuie sur une espèce halophyte indigène, répond à un défi environnemental majeur (érosion du trait de côte et dégradation des zones humides littorales) et implique directement les communautés locales (pêcheurs, femmes et jeunes). Néanmoins, conformément au Standard mondial de l'UICN (2020/2026), la consolidation de ce statut de SfN exige :

1. La mesure quantitative et continue des bénéfices nets pour la biodiversité et le piégeage du carbone ;
2. L'analyse des compromis et de la viabilité socio-économique à long terme ;

3. La mise en œuvre d'un cadre de gouvernance inclusive et adaptative.

L'approche participative constitue l'un des piliers stratégiques du projet. L'implication des hommes, des femmes et des jeunes dans la réimplantation et le suivi terrain favorise l'appropriation locale et garantit la pérennité de l'expérience.

Conclusion

L'intervention menée sur l'île d'El Bassila des îles Kneiss démontre la faisabilité technique et l'efficacité à l'échelle opérationnelle de la transplantation de Salicornia arabica pour la restauration des écosystèmes côtiers fragiles. Avec 1 766 plantules transplantées sur 1 600 m² et des taux de survie remarquables dépassant 96 % dans deux des trois zones d'intervention (mortalité < 3,2 %), ces résultats initiaux valident le protocole de réimplantation et confirment le potentiel de l'espèce pour la stabilisation du littoral.

Le taux de réussite de 75,11 % enregistré en Zone 2 identifie clairement le substrat de sable consolidé comme un facteur limitant, apportant un enseignement précieux pour le calibrage des futures extensions.

Afin de transformer cette réussite technique initiale en un impact environnemental et social durable, les priorités pour la suite du projet s'articulent autour de 3 axes :

- **Suivi sur le terrain :** Comparer les zones plantées à des zones non plantées pour mesurer la pousse des plantes et l'arrêt de l'érosion du sable.
- **Mesure des impacts :** Évaluer la régénération de la faune locale et la capacité de repousse naturelle des salicornes dans les zones d'arrachage.
- **Implication locale :** Former et organiser un groupe de pêcheurs, femmes et jeunes pour surveiller et entretenir régulièrement les plantations.

Références de vérification scientifique

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., et al. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology, 27(S1), S1-S46. https://doi.org/10.1111/rec.13035.

Key Biodiversity Areas Partnership (2026). Fiche du site « Îles Kneiss » (site 6949), Tunisie.

Ramsar Sites Information Service (2007). « Îles Kneiss avec leurs zones intertidales », site Ramsar no 1704, Tunisie.

UICN (2026). IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for assessing, implementing, and monitoring scalable, high-integrity NbS. Deuxième édition. UICN, Gland.