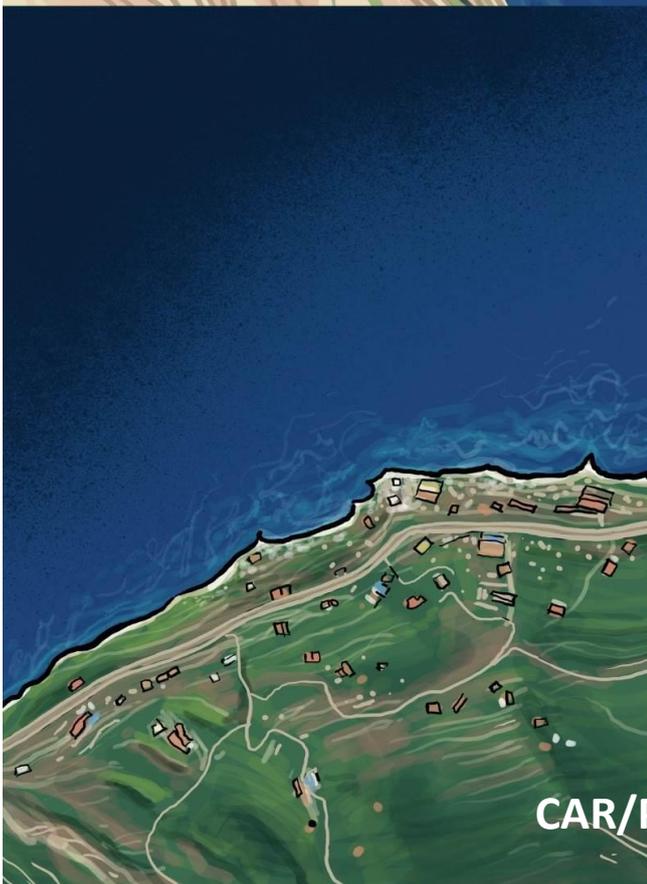


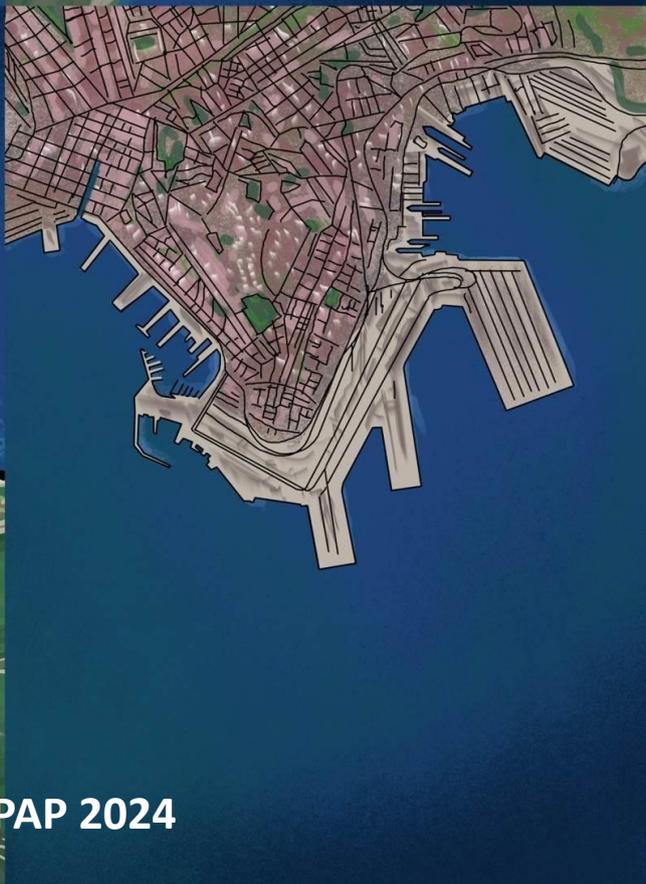


**Solutions fondées sur la nature  
pour l'adaptation au changement climatique  
selon les typologies du littoral  
en Méditerranée**

**PROJET FINAL**



**CAR/PAP 2024**



## **TABLE DES MATIÈRES:**

<b>1 LES SfN POUR LES CÔTES MÉDITERRANÉENNES</b>	<b>1</b>
1.1 LA ZONE CÔTIÈRE DE LA MER MÉDITERRANÉE	1
1.2 INTRODUCTION AUX SfN	2
1.3 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	6
1.4 LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LES SfN	8
<b>2 LA TYPOLOGIE DU LITTORAL</b>	<b>9</b>
2.1 LES CÔTES ENTIÈREMENT ARTIFICIELLES	11
2.2 LES CÔTES MODÉRÉMENT ARTIFICIELLES	11
2.3 LES CÔTES URBANISÉES DE FAIBLE DENSITÉ	11
2.4 LE LITTORAL EN TRANSITION	11
<b>3 LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SPÉCIFIQUES</b>	<b>12</b>
3.1 LES ZONES HUMIDES ET LES ESTUAIRES	12
3.1.1 LES MARAIS SALANTS	14
3.1.2 LES ÉTANGS CÔTIERS D'EAU DOUCE	14
3.2 LES HABITATS MARINS CÔTIERS	16
3.3 LES FORÊTS ET LES ZONES BOISÉES CÔTIÈRES	18
3.4 LES DUNES CÔTIÈRES	21
3.5 LES FALAISES CÔTIÈRES	23
3.6 LES AQUIFÈRES CÔTIERS	24

<b>4. LES DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX DE LA ZONE CÔTIÈRE</b>	<b>25</b>
4.1 LA PERTE DE BIODIVERSITÉ	25
4.2 LES CHANGEMENTS D'UTILISATION DES SOLS	27
4.3 LES INONDATIONS COMPOSÉES	28
4.4 L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER	29
4.5 L'ÉROSION CÔTIÈRE	30
4.6 LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	31
4.7 LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS	33
4.8 LES VAGUES DE CHALEUR MARINE	33
4.9 LES FEUX DE FORÊT	34
<b>5. LES SOLUTIONS</b>	<b>35</b>
5.1 LA PROTECTION DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SPÉCIFIQUES	36
5.2 LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SPÉCIFIQUES	40
5.3 LES PLANS CÔTIERS	45
5.4 LES SOLUTIONS INNOVANTES POUR L'AGRICULTURE	48
5.5 L'ATTÉNUATION DE L'ÉROSION CÔTIÈRE	52
5.6 LE RÉENSAUVAGEMENT	52
5.7 LES SOLUTIONS URBAINES FONDÉES SUR LA NATURE	54
5.7.1 LA GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES	57
5.7.2 LA PROTECTION DES VIEUX ARBRES	59
5.7.3 LES ZONES NON GÉRÉES INTENTIONNELLEMENT	62
5.7.4 LES TOITS VERTS, BRUNS ET BIODIVERSIFIÉS	64
5.8 LES SOLUTIONS DE PRÉVENTION DES FEUX DE FORÊT	66
5.9 LA SCIENCE CITOYENNE ET LES SfN	67
<b>6. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>70</b>

# 1. LES SfN POUR LES CÔTES MÉDITERRANÉENNES

## 1.1 LA ZONE CÔTIÈRE DE LA MER MÉDITERRANÉE

Le bassin méditerranéen est largement reconnu comme l'une des mers les plus appréciées et admirées au monde. Il comprend un vaste ensemble d'écosystèmes côtiers et marins qui offrent d'importants avantages à ses communautés côtières. Parmi ces divers écosystèmes sont notamment les lagunes d'eau saumâtre, les estuaires, les plaines côtières, les zones humides, les côtes rocheuses, les herbiers, les communautés coralligènes, les systèmes frontaux, les remontées d'eau riches en éléments nutritifs (*upwellings*), les monts sous-marins et les systèmes pélagiques (PNUE/PAM, 2012). La mer Méditerranée occupe un bassin d'environ 2,6 millions de km<sup>2</sup>, avec un littoral s'étendant sur 46 000 km et des profondeurs variables, avec une moyenne de 1 500 m.

Le vaste bassin hydrographique de la Méditerranée, qui s'étend sur plus de 5 millions de kilomètres carrés, abrite une biodiversité remarquable qui compte parmi les plus riches au monde. Le bassin regorge d'une flore et d'une faune abondantes, et la diversité de ses habitats est tout simplement extraordinaire. Sur le plan climatique, la Méditerranée connaît des températures chaudes, les précipitations étant concentrées en hiver, des étés secs et une multitude de microclimats, les variations de température suivant un gradient nord-sud notable. Cependant, cette région est confrontée à des défis et à des transformations sans précédent. La zone côtière de la Méditerranée, une mosaïque d'écosystèmes marins et terrestres que l'on retrouve souvent aux frontières écologiques connues sous le nom d'« écotones », connaît des perturbations de son équilibre fragile. Ces perturbations, dues à la croissance démographique, aux changements d'usage des terres et des mers, à la pollution et aux espèces envahissantes, sont encore exacerbées par les effets du changement climatique.

Le paysage géopolitique unique de la Méditerranée englobe des parties de l'Europe, de l'Asie du Sud-Ouest et de l'Afrique du Nord, ce qui en fait une région densément peuplée et politiquement complexe. Aujourd'hui, 21 pays dont la population totale dépasse les 500 millions d'habitants bordent la mer Méditerranée, chacun ayant son propre caractère et son propre littoral (PNUE/PAM et le Plan Bleu, 2020). Bien que l'importance écologique de la région soit de plus en plus reconnue, les écosystèmes méditerranéens continuent de faire face à des menaces. Des systèmes de planification fragmentés et des structures de gouvernance disjointes ont entravé la formulation de réponses cohérentes pour relever ces défis. Les politiques et les organismes existants régissent divers secteurs en Méditerranée et ne disposent souvent pas des approches holistiques et intersectorielles essentielles à la mise en œuvre efficace de solutions fondées sur la nature (SfN en abrégé) (PNUE/PAM, 2012).

L'avenir des côtes de la mer Méditerranée repose sur une interaction complexe de facteurs environnementaux, sociaux et économiques : à l'avenir, le changement climatique, la conservation de la biodiversité, le tourisme, les ressources en eau, la pollution marine, l'urbanisation, la préservation du

patrimoine culturel et les énergies renouvelables façonneront le paysage côtier. La voie à suivre passe par la durabilité, la résilience et la volonté de préserver le patrimoine naturel et culturel de la région. La coopération internationale entre les différents pays de la Méditerranée est essentielle pour relever les défis communs, et il est tout aussi impératif d’impliquer les communautés locales dans la gestion côtière et les efforts de conservation.

Notre environnement offre une multitude de moyens de protéger, de restaurer et de régénérer les systèmes naturels, en renforçant leur potentiel d’atténuation et d’adaptation au changement climatique, de conservation et d’amélioration de la biodiversité, de contrôle de l’érosion, etc. Cette publication vise à mettre en lumière ces solutions, en plaidant pour une compréhension approfondie de l’état actuel des choses et pour l’exploitation du plein potentiel de la nature afin de relever les défis complexes auxquels le bassin méditerranéen est confronté.

## 1.2 INTRODUCTION AUX SfN

Les défis de la perte de biodiversité et du changement climatique sont étroitement liés. La reconnaissance du fait que ces défis doivent être relevés conjointement, la nature proposant des solutions aux problèmes découlant du changement climatique, marque un changement crucial dans notre approche des questions environnementales. Selon la définition de l’Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), les solutions fondées sur la nature (SfN) englobent **les actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes pour relever les défis de société de manière efficace, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité.**

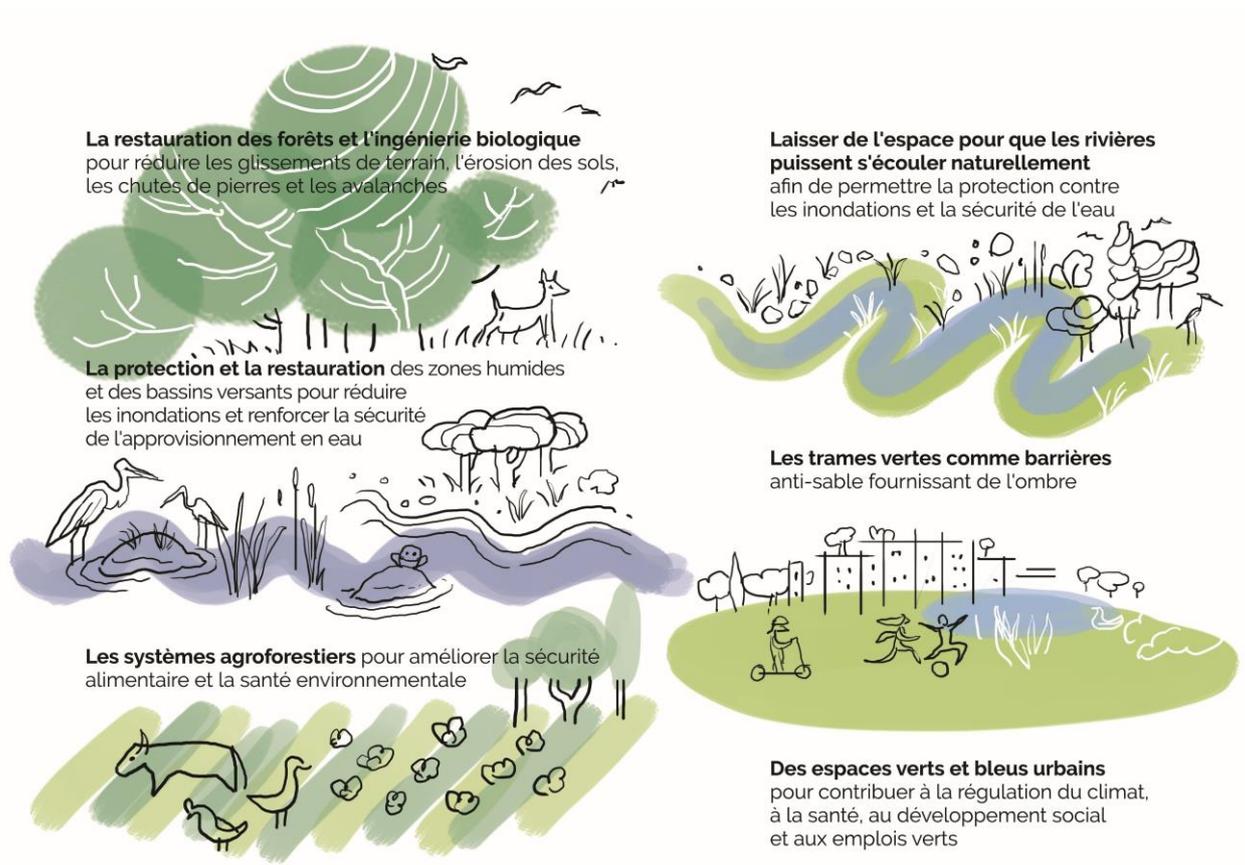
Les SfN jouent un rôle essentiel dans le renforcement de la résilience aux catastrophes et au climat. Ces solutions s’attaquent aux problèmes sociétaux d’une manière qui profite à la fois aux populations humaines et au monde naturel. Les habitats naturels peuvent servir de SfN puissantes pour l’atténuation du changement climatique, que ce soit en séquestrant le carbone et en contribuant aux objectifs de zéro émission nette, ou en fournissant une adaptation aux impacts du changement climatique, comme la réduction des conséquences des inondations, la protection des côtes contre l’élévation du niveau de la mer ou la création d’espaces plus frais et plus verts dans les villes. Il est important de noter que tous les habitats, des forêts denses aux zones humides côtières, peuvent jouer le rôle de SfN et contribuer à relever les défis interdépendants du changement climatique et de la perte de biodiversité.

Bien que la définition des SfN soit encore en évolution, cette étude adopte une vision large, considérant toute action de conservation de la nature comme une forme de solution fondée sur la nature. Cette perspective est ancrée dans la reconnaissance de l’urgence du défi que représente la perte de biodiversité et celle des bénéfices multiples généralement produits par les actions de conservation. Néanmoins, la marche vers un consensus concernant la définition précise et la portée des SfN doit encore progresser. Une

communication efficace est essentielle pour surmonter les obstacles souvent rencontrés lors de la transposition de la recherche scientifique en politique et en pratique. Cela implique de combler le fossé entre le langage académique et la compréhension du grand public, de simplifier les outils et les modèles complexes et de mettre en évidence la valeur intrinsèque de la nature dans les modèles économiques. Les évaluations scientifiques réussies qui influencent l'élaboration des politiques adoptent une approche pluridisciplinaire, impliquent les décideurs et les parties prenantes et expriment clairement les implications pour le bien-être humain. Une communication efficace, à la fois directe et par l'intermédiaire des médias, joue un rôle important pour garantir que les connaissances scientifiques conduisent à des actions significatives.

Les initiatives SfN stratégiques et bien exécutées produisent une multitude de biens publics, y compris des avantages précieux pour la biodiversité qui peuvent accélérer les progrès vers les objectifs de conservation tout en améliorant la santé et le bien-être humains. Toutefois, il est essentiel de souligner que toute intervention ayant un effet négatif sur le climat, la biodiversité ou les communautés locales, même si elle est bénéfique à d'autres égards, ne peut être considérée comme une véritable SfN. L'ampleur de la mise en œuvre des SfN nécessaire pour faire toute la différence exige des investissements de la part des gouvernements, ainsi que des changements dans les cadres législatifs et politiques afin d'encourager la participation du secteur privé et l'implication intense de la société civile.

Les mots d'Albert Einstein, « **regardez la nature en profondeur et vous comprendrez tout mieux** », résonnent dans le contexte des SfN. Afin de reproduire les initiatives SfN réussies et de maximiser leurs résultats, il est impératif de décrire leurs performances socio-économiques et environnementales. La coopération locale, les partenariats, l'engagement politique et le soutien de la société sont des moteurs essentiels de ce processus de réplication. En outre, un financement et des ressources humaines spécifiques sont indispensables pour garantir le transfert efficace des résultats des SfN vers d'autres zones côtières et marines. La mise en réseau des projets SfN, facilitée par diverses parties prenantes, renforce encore leur intégration et leur utilisation dans l'ensemble du bassin méditerranéen.



**Figure 1 : Les bénéfices apportées par les solutions fondées sur la nature pour l'homme et la biodiversité**

Il existe de nombreux exemples pratiques de solutions fondées sur la nature, abordant un large éventail de défis :

- l'agriculture régénératrice et les approches agroécologiques renforcent la sécurité alimentaire, la santé et les moyens de subsistance durables ;
- les infrastructures vertes, telles que la végétation indigène se propageant sur les remblais routiers, contrôlent l'érosion des sols et diminuent le ruissellement de l'eau ;
- la restauration des bassins versants à l'échelle du paysage améliore la qualité et la disponibilité de l'eau au niveau régional ;
- les espaces verts urbains et les arbres atténuent les vagues de chaleur, gèrent les eaux pluviales et réduisent la pollution ;
- la conservation ou la restauration des écosystèmes côtiers protège les communautés et les infrastructures contre les ondes de tempête et l'érosion.

Le concept de SfN a connu une riche histoire, enracinée dans les sciences écologiques et environnementales, évoluant au fil du temps pour répondre aux défis mondiaux cruciaux. Les fondements des SfN remontent aux premiers mouvements de conservation qui ont reconnu l'importance de la préservation des écosystèmes naturels pour leur valeur intrinsèque et leurs avantages pour l'humanité. À la fin du XX<sup>e</sup> siècle, le concept de services écosystémiques a pris de l'importance. Ce cadre a mis en évidence les avantages tangibles que les écosystèmes procurent à l'homme, tels que l'eau propre, la pollinisation et la

régulation du climat. Il souligne l'idée que des écosystèmes sains sont essentiels au bien-être de l'homme. La notion la plus ancienne de ces interconnexions remonte au 4<sup>e</sup> siècle avant J.-C., lorsque Théophraste a supposé que le changement climatique local était un effet de l'abattage des arbres autour de Philippes (près de Kavala en Grèce), provoquant l'assèchement des eaux et le réchauffement climatique.

Des organisations telles que l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et The Nature Conservancy (TNC) ont introduit le concept d'adaptation fondée sur les écosystèmes (EbA) en tant qu'élément essentiel des stratégies d'adaptation au climat dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). La gestion écosystémique (EbM) est apparue comme une approche holistique qui considère les populations humaines et les systèmes économiques comme des parties intégrantes des écosystèmes. Elle se concentre sur la gestion des écosystèmes afin de maintenir les services qu'ils fournissent, en reconnaissant que des écosystèmes sains sont essentiels au bien-être humain.

Les effets du changement climatique ont conduit à une reconnaissance croissante des approches fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique. Les particularités naturelles telles que les mangroves et les récifs coralliens ont retenu l'attention pour leur rôle dans la protection des côtes contre les tempêtes et l'élévation du niveau de la mer dans le monde entier. Les accords et conventions internationaux, notamment la Convention sur la diversité biologique (CDB) et la CCNUCC, ont reconnu l'importance des écosystèmes et de la biodiversité pour relever les défis mondiaux. Les objectifs d'Aichi en matière de biodiversité et l'Accord de Paris ont tous deux reconnu l'importance des SfN. En 2020, l'UICN a publié sa norme mondiale sur les SfN, qui fournit un cadre pour la conception et la vérification des interventions SfN. Cette norme vise à guider les praticiens dans la mise en œuvre de SfN qui répondent efficacement aux défis sociétaux. En 2021, les Nations unies ont lancé la Décennie pour la restauration des écosystèmes, soulignant le rôle des SfN dans la restauration des écosystèmes dégradés par l'action de l'homme. Cette initiative promeut les SfN en tant qu'approche clé pour lutter contre le changement climatique et améliorer la biodiversité.

Les SfN ont été reconnues et acceptées par le grand public comme une approche efficace pour l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à celui-ci, la conservation de la biodiversité et le développement durable. Elles ont été intégrées dans les politiques et la planification de divers secteurs, notamment l'urbanisme, l'agriculture et la réduction des risques de catastrophe. Les SfN représentent une évolution vers des approches plus holistiques et durables, soulignant l'importance de travailler avec la nature pour créer un avenir résilient et harmonieux.

Le lien entre la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) et les SfN réside dans leur objectif commun de promouvoir le développement durable et la résilience dans les zones côtières, et dans l'utilisation fréquente des SfN par la GIZC dans le cadre de son approche de la gestion de la durabilité côtière.

### 1.3 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le dernier rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) (2023) souligne l'impact profond du changement climatique causé par l'homme sur notre planète, en particulier dans les zones vulnérables, telles que les régions côtières de basse altitude, les estuaires, les zones arides et les zones de pergélisol. D'après ce rapport, le changement climatique a également contribué à la désertification et exacerbé la dégradation des sols. Le changement climatique entraîne de graves conséquences sur les écosystèmes et les moyens de subsistance des populations.

Le changement climatique exacerbe les risques de catastrophes dans de nombreuses régions. L'importance des approches de réduction des risques de catastrophes fondées sur les écosystèmes (RRC-Éco) et l'adaptation au changement climatique est de plus en plus reconnue. Ces approches s'appuient sur des solutions naturelles, telles que les zones humides et les écosystèmes côtiers, pour créer des zones tampon protectrices, soutenir la sécurité alimentaire et hydrique et renforcer la résilience face aux catastrophes. Elles offrent de multiples avantages socio-économiques, notamment le stockage du carbone, la conservation de la biodiversité et la réduction de la pauvreté. Les écosystèmes côtiers, y compris les zones humides et les herbiers marins, stockent d'importantes quantités de carbone organique, connu sous le nom de *carbone bleu côtier*. Ce carbone est séquestré et stocké pendant des milliers d'années dans ces environnements, ce qui les rend essentiels pour atténuer le changement climatique et préserver la biodiversité. En résumé, le rapport du GIEC souligne l'urgence d'une action mondiale pour atténuer les effets du changement climatique, en particulier dans les zones côtières vulnérables. Les approches écosystémiques et la préservation des écosystèmes côtiers jouent un rôle déterminant dans le renforcement de la résilience et l'atténuation des conséquences du changement climatique.

Selon le rapport du réseau d'experts méditerranéens sur les changements climatiques et environnementaux (MedECC), la rapidité du changement climatique dans le bassin méditerranéen est supérieure aux moyennes mondiales, principalement en raison des émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Dans cette région, les températures sur terre et sur mer dépassent le niveau préindustriel de 1,5 °C, c'est-à-dire, elles sont 0,4 °C supérieures au changement moyen mondial. Le réchauffement moyen futur au niveau de la région **dépassera la valeur moyenne mondiale de 20 % sur une base annuelle et de 50 % en été.**



**Figure 2 : Les inondations torrentielles dans la zone côtière d'une ville méditerranéenne.**

Les températures de surface de la mer en Méditerranée devraient continuer à augmenter au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, selon une hausse de 1 à 4 °C selon les scénarios d'émissions. Cette tendance au réchauffement a des répercussions sur les écosystèmes marins et la biodiversité. L'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) provoque une acidification de l'eau de mer, ce qui peut nuire à la vie marine ainsi qu'aux écosystèmes. Cette tendance négative devrait persister.

Les tendances observées des précipitations terrestres montrent une variabilité, avec une diminution notable des précipitations hivernales sur les parties centrales et méridionales du bassin depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Les modèles projettent une diminution constante des précipitations au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, notamment pendant la saison chaude et en hiver, pour la majeure partie de la Méditerranée, à l'exception des régions septentrionales. Le taux moyen de diminution des précipitations terrestres est estimé à 4 % par degré de réchauffement climatique, ce qui entraîne une réduction comprise entre 4 et 22 % d'ici la fin du siècle. Les projections climatiques futures indiquent également un changement vers un régime de précipitations présentant une plus grande variabilité interannuelle, une intensité plus forte et des précipitations plus extrêmes. D'après ces projections, les épisodes de sécheresse seront de plus en plus longs, en particulier en été et dans les pays du sud.

Les observations et les projections des modèles climatiques indiquent une tendance vers des conditions plus sèches dans le bassin méditerranéen, notamment pendant la saison chaude et dans les zones méridionales. Sur la mer Méditerranée, la perte nette d'eau douce augmente depuis les dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle. La cause principale est l'augmentation de l'évaporation due au réchauffement local. Cette tendance devrait se poursuivre en raison d'une baisse des précipitations et des ruissellements fluviaux et d'une augmentation de l'évaporation. Au XX<sup>e</sup> siècle, la surface et le volume des glaciers des hautes montagnes de la Méditerranée ont fortement diminué. La déglaciation s'est accélérée au cours des dernières décennies. La masse des glaciers dans la région méditerranéenne devrait continuer à diminuer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, jusqu'à la disparition complète de la plupart des glaciers de montagne d'ici à la fin du siècle.

### 1.4 LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LES SfN

L'intégration de solutions fondées sur la nature (SfN) dans la gestion côtière s'aligne sur les objectifs de développement durable (ODD), en particulier ceux qui sont axés sur l'action climatique, la conservation de la biodiversité et les infrastructures résilientes, afin de promouvoir le développement durable le long des côtes méditerranéennes tout en améliorant les services écosystémiques et la résilience des communautés. La mise en œuvre des SfN dans les régions côtières méditerranéennes contribue à la réalisation des ODD en favorisant la conservation de la biodiversité, en renforçant la résilience des côtes aux impacts du changement climatique et en promouvant des moyens de subsistance durables pour les communautés côtières.



Figure 3 : Les ODD et les SfN dans la zone côtière méditerranéenne.

## 2. LA TYPOLOGIE DU LITTORAL

La région méditerranéenne a été habitée sans interruption au cours des 3 000 dernières années et son littoral est la zone qui a subi le plus de pressions dues à la défense contre les ondes de tempête et à l'histoire de son habitation par les populations. Au cours des 500 dernières années, la majeure partie de l'arrière-pays a été fortement transformée au niveau des bassins versants, et il est donc très rare d'y trouver des terres vierges. Les hautes montagnes et/ou les déserts autour de la mer sont les seuls territoires qui restent inoccupés, tandis que certaines des zones actuellement semi-arides étaient autrefois des vallées fertiles qui ont prospéré grâce aux activités humaines.

En raison de tout ce qui précède, les processus côtiers, à la fois sur terre et dans le littoral, sont considérablement transformés par rapport à leur physiographie naturelle et aux fonctions de l'écosystème. Le XX<sup>e</sup> siècle, en particulier, a connu une augmentation de l'intervention humaine dans la mesure où la plupart des typologies côtières peuvent être classées, *sensu stricto*, en tant que systèmes côtiers couplés homme-nature (CHANS).

D'autre part, dans le cadre de la Convention de Barcelone, le Protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) reconnaît l'importance de sauvegarder quatre écosystèmes côtiers distincts : les zones humides et les estuaires, les habitats marins, les forêts côtières et les zones boisées, ainsi que les dunes. Il est essentiel de noter que l'ensemble de la zone côtière fonctionne comme une vaste zone de transition :

**Les écotones**, zones de transition entre les écosystèmes terrestres et marins, sont essentiels pour la biodiversité et la santé des écosystèmes dans les zones côtières. Ces zones d'importance écologique ont plusieurs fonctions et présentent des avantages essentiels : elles offrent un large éventail d'habitats et de micro-environnements, ce qui en fait des points chauds de la biodiversité. Ces zones de transition permettent la coexistence d'espèces provenant de différents écosystèmes, contribuant ainsi à la diversité globale des espèces. De nombreuses espèces, en particulier celles dont le cycle de vie est complexe, utilisent les écotones comme corridors de migration. Ces zones facilitent le déplacement des espèces entre les environnements terrestres et marins, soutenant ainsi leurs cycles de vie et leur diversité génétique. Les estuaires et les lagunes côtières servent d'habitats d'alevinage essentiels pour de nombreuses espèces marines, y compris des poissons et des crustacés de valeur marchande. Ces zones offrent un abri, de la nourriture et des conditions adéquates pour les premiers stades des organismes marins.

Les effets déjà perceptibles du changement climatique indiquent que la préparation des terres et des eaux côtières à l'intensification des phénomènes météorologiques deviendra une question fondamentale. Les inondations côtières et l'érosion des zones côtières de basse altitude seront accélérées ou déviées à des degrés divers si le fonctionnement naturel des écosystèmes et de leurs ressources peut exercer leur forte résilience naturelle. L'inverse sera vrai pour les environnements stressés où l'artificialisation a conduit à des perturbations totales des flux de ressources naturelles. Dans ces derniers scénarios, le système sera facilité

par l'intervention humaine sur les ressources naturelles à un coût économique et environnemental plus élevé. Il est donc très intéressant de classer la typologie du littoral face à cette situation afin d'établir au mieux quelle est la solution fondée sur la nature la plus adaptée. L'artificialisation des zones côtières n'est pas terminée et diverses typologies peuvent être reconnues dans les zones où l'utilisation des terres correspond aux besoins humains et a été adaptée du naturel à l'humain dans une certaine mesure.



**Figure 4 : La typologie du littoral méditerranéen impacté par les activités humaines : A) les côtes urbanisées de faible densité, B) les côtes modérément artificielles, C) les côtes entièrement artificielles et D) le littoral en transition.**

Pour comprendre et gérer la dynamique côtière, il faut reconnaître les interactions biologiques et physiques qui sous-tendent les processus côtiers. Ces interactions comprennent la biostabilisation par rapport à la biodestabilisation, la régulation des gaz à effet de serre, la biostabilisation racinaire, le dépôt sédimentaire, la régulation de l'humidité, la régulation des cycles biogéochimiques, la rugosité du lit, la régulation de la chimie de l'océan, l'ombrage de la canopée et l'atténuation des vagues/courants.

## 2.1. LES CÔTES ENTIÈREMENT ARTIFICIELLES

Les côtes entièrement artificielles se caractérisent par une **intervention humaine intensive**, où les terres côtières naturelles et les ressources hydriques sont remplacées ou fortement gérées pour l'utilisation humaine. Cette intervention implique souvent la création de grandes installations portuaires, de zones industrielles ou d'infrastructures énergétiques. Ces côtes reposent sur une résilience technique et nécessitent un entretien continu afin de maintenir leurs fonctions. Cependant, elles sont confrontées à des défis tels que la dégradation de l'environnement, la dépendance à l'égard des systèmes humains et l'efficacité limitée des SfN en raison de leur artificialisation étendue.

## 2.2. LES CÔTES MODÉRÉMENT ARTIFICIELLES

Les côtes modérément artificielles subissent **fréquemment des interventions humaines**, mais dans une moindre mesure par rapport aux côtes entièrement artificielles. Ces zones sont souvent associées au développement du tourisme et à l'urbanisation à des fins tertiaires. Bien que les activités humaines telles que la gestion de l'eau et du littoral soient prédominantes, un certain degré de résilience naturelle est encore présent. Cependant, ces côtes sont confrontées à des défis tels que la nécessité d'un entretien continu et les impacts négatifs potentiels des activités industrielles.

## 2.3. LES CÔTES URBANISÉES DE FAIBLE DENSITÉ

Les côtes urbanisées de faible densité connaissent une urbanisation plus faible que les zones fortement urbanisées. Alors que l'étalement urbain constitue une menace pour les écosystèmes naturels, le développement urbain à faible densité peut offrir des possibilités de promouvoir les corridors écologiques. Malgré les défis, il est possible de mettre en œuvre les SfN, en particulier dans les zones où l'étalement urbain est intégré aux forêts, ou lorsque les pratiques de planification permettent de préserver les caractéristiques naturelles.

## 2.4. LE LITTORAL EN TRANSITION

Le littoral en transition reflète l'interaction entre la dynamique côtière naturelle et les influences humaines, y compris les facteurs de stress **naturels et artificiels** tels que les risques naturels ou les impacts technologiques. Ces zones sont souvent gérées comme des systèmes côtiers couplés homme-nature, ce qui offre des possibilités d'appliquer les SfN dans le cadre du processus de restauration côtière.

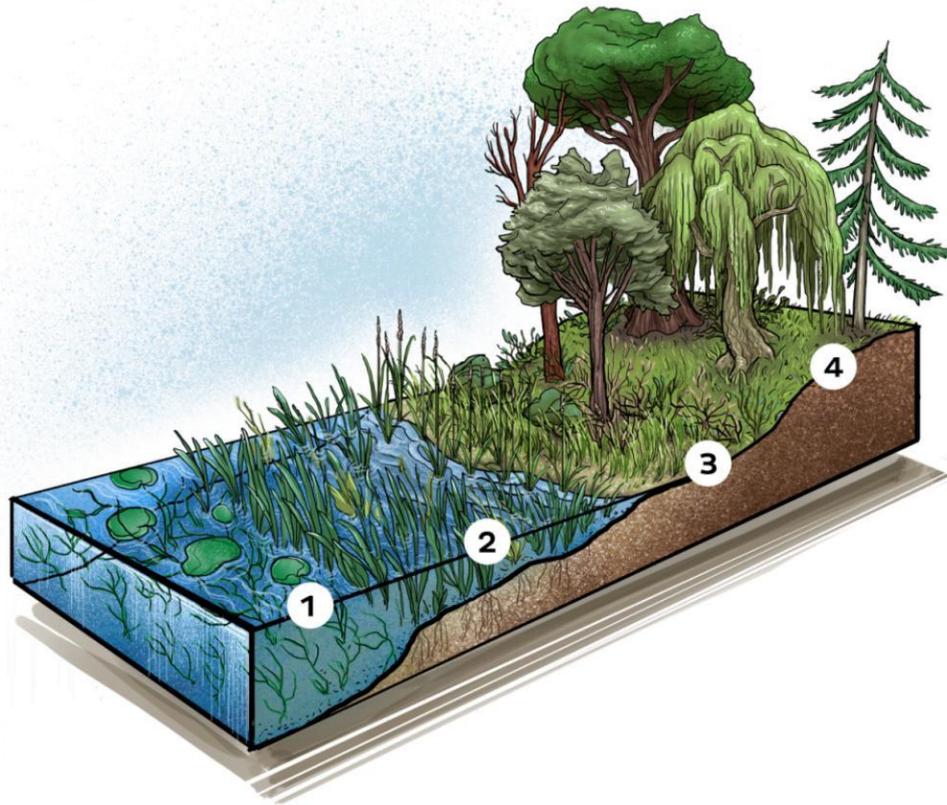
Dans le contexte de la typologie des systèmes côtiers couplés homme-nature, chaque type de côte peut englober des **fragments d'écosystèmes côtiers spécifiques**, soulignant l'interaction complexe entre les activités humaines et l'environnement naturel au sein de divers paysages côtiers.

### **3. LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SPÉCIFIQUES**

#### **3.1 LES ZONES HUMIDES ET LES ESTUAIRES**

Les zones humides méditerranéennes constituent un sous-ensemble unique de zones humides mondiales, caractérisées par un mélange d'influences européennes, africaines et asiatiques. Situées dans un point chaud de la biodiversité, ces zones humides connaissent des variations saisonnières avec des hivers généralement doux et humides et des étés chauds et secs. Ce cycle climatique, combiné à leur position stratégique au carrefour des routes des oiseaux migrateurs, fait des zones humides des habitats cruciaux pour une flore et une faune variées (Sarà et al., 2023). Près de 50 % des zones humides côtières ont disparu au cours du siècle dernier en raison d'une combinaison de facteurs, notamment les pressions humaines, l'élévation du niveau de la mer, le réchauffement et les phénomènes climatiques extrêmes. Les zones humides côtières sont vitales pour la biodiversité et jouent un rôle tampon contre l'érosion côtière et les inondations.

Elles abritent de nombreuses espèces endémiques adaptées à leurs conditions uniques. Les communautés végétales, adaptées à la salinité de la région et aux fluctuations de l'eau, non seulement soutiennent la faune et la flore, mais contribuent également à stabiliser le sol et à réguler le microclimat (Taylor et al., 2021). Au-delà de leur valeur écologique, les zones humides ont des implications économiques et sociales importantes. Agissant comme des purificateurs d'eau naturels, elles permettent d'économiser des milliards de dollars en coûts de traitement de l'eau chaque année. Leurs sols fertiles soutiennent l'agriculture, tandis que les diverses espèces de poissons qu'elles abritent assurent la subsistance de millions de personnes, soutenant ainsi les économies locales et nationales. Les zones humides revêtent également une importance culturelle et spirituelle dans de nombreuses sociétés, jouant un rôle dans les mythes, les traditions et les cérémonies locales (Verschuuren, 2018). En outre, elles offrent des possibilités de loisirs, favorisant l'écotourisme et les activités de plein air telles que l'observation des oiseaux et la pêche.



**Figure 5 : Zonage des zones humides : 1) Les zones intertidales, 2) Les zones subtidales, 3) Les zones de marais salants et 4) Les zones forestières.**

Malgré leur immense valeur, les zones humides sont confrontées à des menaces multiples. Leur urbanisation et leur conversion en régions agricoles ou leur accueil d'infrastructures réduisent leur étendue spatiale. La pollution, provenant de sources ponctuelles et diffuses, dégrade la qualité de l'eau, affectant à la fois la flore et la faune. L'altération des régimes hydriques, qu'elle soit due à la construction de barrages ou à l'extraction d'eau, perturbe leur fonctionnement naturel. Le changement climatique, avec ses impacts multiples, aggrave encore ces menaces. L'élévation du niveau de la mer, la modification des régimes de précipitations et l'augmentation de la température peuvent modifier de manière irréversible les écosystèmes des zones humides. Leur dégradation entraîne non seulement une perte de biodiversité, mais peut également exacerber le changement climatique en raison de la libération du carbone stocké. Alors que le bassin méditerranéen n'occupe que 1,6 % de la surface terrestre mondiale, il a été témoin d'environ 50 % de la perte de zones humides (Geijzendorffer, 2019). L'extraction non durable de l'eau pour l'agriculture, l'urbanisation et le développement du tourisme sont les principaux coupables. Le changement climatique aggrave encore ces menaces, la hausse des températures entraînant une augmentation des taux d'évaporation et une modification des régimes de précipitations, ce qui a une incidence sur l'hydrologie et l'intégrité des zones humides.

Les zones humides sont en effet un carrefour de services écosystémiques. Comme le souligne Mitsch (2015), les zones humides sont décrites comme les « reins du paysage » et sont également qualifiées de « supermarchés biologiques » en raison des rôles majeurs qu'elles jouent dans le paysage en fournissant des services écosystémiques uniques.

### **3.1.1. LES MARAIS SALANTS**

Les marais salants sont des écosystèmes côtiers situés dans la zone intertidale supérieure, caractérisés par la prédominance d'une végétation halophyte, principalement composée d'herbes et de graminées tolérantes au sel. Ces environnements uniques jouent un rôle capital dans le maintien de diverses formes de vie sauvage et de processus écologiques. Dans la zone côtière méditerranéenne, les marais salants sont particulièrement importants en raison de leur biodiversité et de leurs fonctions écologiques. Ils constituent des habitats importants pour de nombreuses espèces d'oiseaux, de poissons et d'invertébrés, leur offrant des sites de nidification, des aires d'alimentation et des zones de refuge. En outre, les marais salants contribuent à la protection des côtes en servant de rempart contre l'érosion et en atténuant l'énergie des vagues. Leur capacité à piéger les sédiments et les nutriments contribue également à améliorer la qualité de l'eau et à promouvoir la productivité des écosystèmes marins adjacents.

Les marais salants se caractérisent par des plates-formes presque horizontales se distinguant par une couverture essentiellement continue de plantes vasculaires tolérantes au sel, notamment des graminées, des joncs et des arbustes. Dans les zones de transition inférieures adjacentes aux vasières, les espèces annuelles peuvent dominer la canopée du marais, tandis que les zones terrestres supérieures des marais salants sont généralement dominées par des espèces vivaces. Les estrans adjacents abritent souvent des invertébrés aux adaptations très spécialisées, tandis que la richesse des espèces d'invertébrés dans les marais salés végétalisés varie considérablement et est sensible aux conditions locales. Ces écosystèmes servent d'habitats essentiels à un large éventail d'espèces, notamment les oiseaux nicheurs, les oiseaux nourriciers et les oiseaux percheurs – dont beaucoup sont migrateurs – ainsi que les poissons et les invertébrés aquatiques et marins (Hudson, 2023).

### **3.1.2 LES ÉTANGS CÔTIERS D'EAU DOUCE**

Les étangs côtiers temporaires, également connus sous le nom de « mares vernaies méditerranéennes » ou de « mares éphémères », constituent des environnements fascinants et importants sur le plan écologique. Ces dépressions peu profondes, inondées de façon saisonnière, subissent une transformation cyclique, se remplissant d'eau pendant la saison des pluies et s'asséchant souvent complètement pendant la saison sèche.

Les mares temporaires méditerranéennes se distinguent par leur caractère dynamique. Elles sont définies par la Convention de Ramsar (2002) comme les petites masses d'eau peu profondes couvrant moins de 10 hectares. Elles sont isolées des sources d'eau permanentes, ce qui les rend uniques et intrigantes sur le plan écologique. Ces étangs sont très sensibles aux changements saisonniers et réagissent au rythme des cycles naturels.

La caractéristique principale de ces étangs est leur comportement cyclique. Pendant la saison des pluies, généralement en automne et en hiver, les précipitations et le ruissellement des zones environnantes remplissent ces dépressions d'eau. La profondeur et l'étendue de l'inondation peuvent varier considérablement, mais même dans leur état le plus complet, ces étangs sont relativement peu profonds. Cependant, à l'approche de la saison sèche, l'eau se retire progressivement, et bon nombre de ces étangs peuvent s'assécher complètement, ne laissant derrière eux qu'un souvenir de leur existence aquatique. Malgré leur caractère temporaire, les étangs côtiers du littoral méditerranéen sont des « points chauds » de la biodiversité. Ces écosystèmes uniques abritent un large éventail d'espèces végétales et animales spécialement adaptées aux conditions changeantes des étangs.

Les amphibiens, en particulier les grenouilles et les crapauds, font partie des habitants les plus remarquables de ces mares. Les étangs temporaires constituent un habitat de reproduction essentiel pour plusieurs espèces d'amphibiens. La nature éphémère de ces mares offre un environnement sans prédateurs pour les larves d'amphibiens, leur permettant de se développer sans la menace constante de la prédation par les poissons. Pour les oiseaux migrateurs voyageant entre l'Europe et l'Afrique, les étangs temporaires méditerranéens servent de points d'arrêt essentiels. Ces étangs fournissent des ressources vitales pour les oiseaux, leur offrant une source de nourriture et de repos pendant leurs longs voyages. La combinaison d'insectes aquatiques, de petits crustacés et de plantes aquatiques rend ces étangs attrayants pour un large éventail d'espèces d'oiseaux.

Bien que les mares temporaires méditerranéennes soient inestimables en matière de biodiversité et de fonctions écologiques, elles sont confrontées à plusieurs défis concernant leur conservation. L'une des principales menaces pesant sur ces écosystèmes est la perte d'habitat due à l'urbanisation, à l'agriculture et au développement des infrastructures. Au fur et à mesure que les activités humaines empiètent sur ces zones, les étangs sont drainés ou comblés, ce qui perturbe leurs cycles naturels. Les espèces végétales envahissantes, souvent introduites accidentellement ou volontairement, peuvent supplanter les plantes indigènes et perturber l'équilibre délicat de ces écosystèmes. Les animaux envahissants, tels que les poissons prédateurs, peuvent décimer les populations d'amphibiens. La pollution provenant du ruissellement agricole et d'autres sources peut avoir un impact négatif sur la qualité de l'eau dans ces étangs, affectant à la fois la vie aquatique et les plantes qui dépendent d'une eau propre.

### 3.2 LES HABITATS MARINS CÔTIERS

Bien que la mer Méditerranée ne couvre que 0,82 % de la surface océanique mondiale, elle contribue à environ 4 à 18 % des espèces marines connues dans le monde (SoED, 2020). Parmi les divers écosystèmes qui prospèrent dans la mer, *Posidonia oceanica* est un gardien vital de la santé écologique de la région. Cette espèce de plante à fleurs endémique de la Méditerranée, souvent appelée « herbe de Neptune », est l'herbier dominant de la mer Méditerranée.

Ces prairies, bien qu'elles ne couvrent qu'une fraction de la vaste étendue de la Méditerranée, ont accompli quelque chose de remarquable : elles ont stocké, selon les estimations, entre 11 et 42 % des émissions totales de CO<sub>2</sub> des pays méditerranéens depuis la révolution industrielle. À l'échelle mondiale, les herbiers marins sont responsables de plus de 10 % du carbone enfoui dans l'océan, bien qu'ils n'occupent que 0,2 % des fonds marins de la planète (Fourqurean et al., 2012). Selon certaines estimations, les herbiers marins capturent le carbone jusqu'à 35 fois plus vite que les forêts tropicales humides ([www.wwf.org.uk](http://www.wwf.org.uk)). Cette **capacité** exceptionnelle **de séquestration du carbone** fait de *Posidonia oceanica* un acteur essentiel dans la lutte contre le changement climatique.

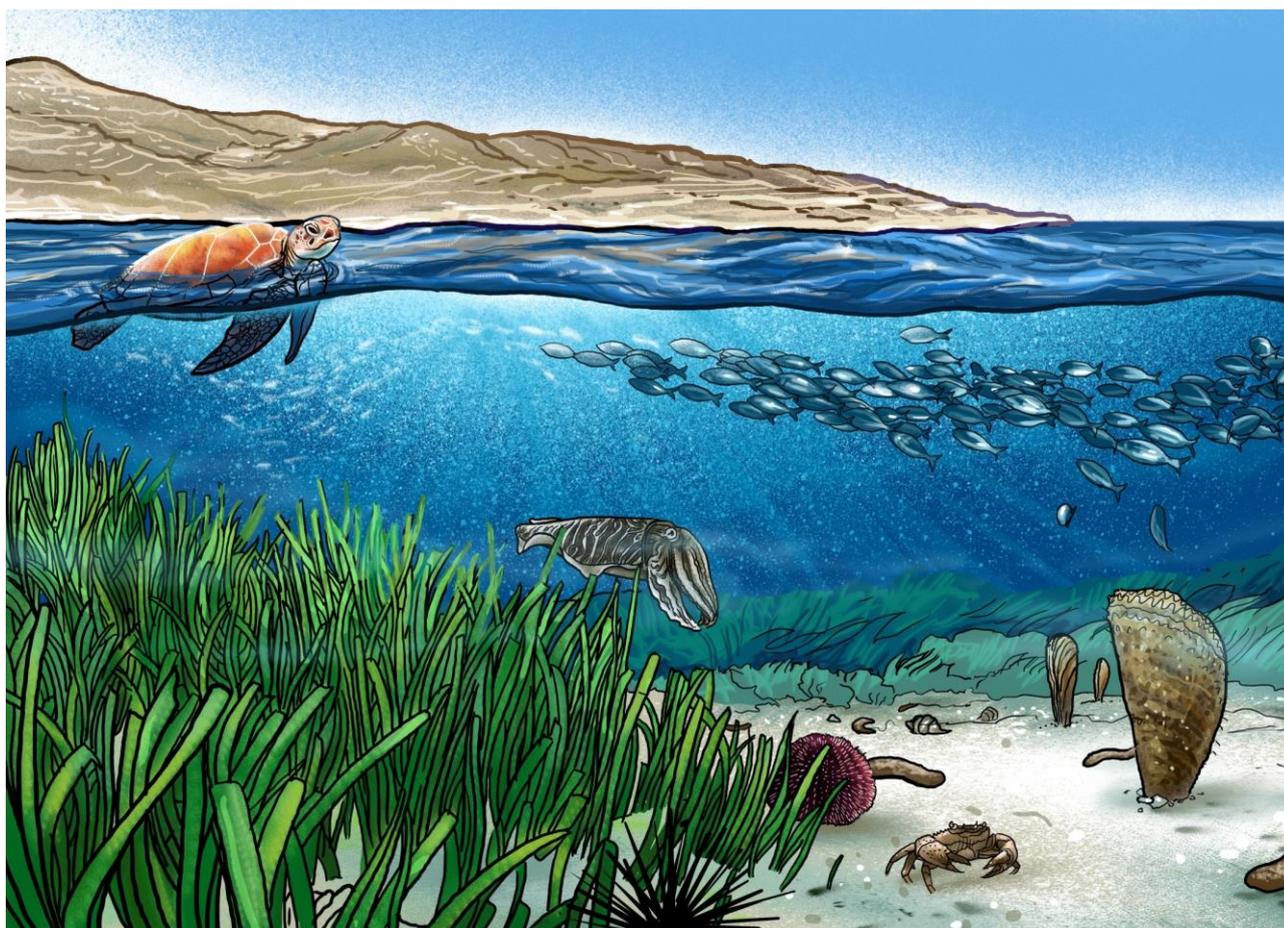


Figure 6 : L'environnement benthique avec les herbiers de Neptune.

Au-delà du dioxyde de carbone, les herbiers de posidonies contribuent de manière significative à la séquestration du carbone inorganique particulaire sous forme de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>). Ce réservoir de carbone provenant des coquilles d'organismes présents dans les herbiers et de sources extérieures s'accumule dans les sédiments. L'enfouissement du CaCO<sub>3</sub> n'est pas seulement un processus géologique fascinant ; il renforce également le rôle des écosystèmes à *carbone bleu* dans l'adaptation au changement climatique.

Ces prairies accumulent rapidement les sédiments, rehaussent les fonds marins et atténuent ainsi les effets de l'élévation du niveau de la mer, ce qui prouve qu'elles rendent des services écologiques multiples. La préservation et la restauration des puits de carbone bleus offrent toute une série d'avantages écologiques et humains. Ces écosystèmes servent de barrières naturelles contre les tempêtes côtières, contribuant à la stabilisation des sédiments et protégeant contre l'érosion intensifiée par l'élévation du niveau de la mer. Ils contribuent également à la fixation de l'azote et à la production d'oxygène, ce qui favorise la vie marine et les activités récréatives telles que le tourisme sous-marin. En outre, ils servent de frayères et de lieux de reproduction essentiels pour les espèces marines, fournissant un habitat à environ 20 % de la faune et de la flore marines de la Méditerranée.

Malgré leur résilience, les herbiers de posidonies subissent des menaces, leur eutrophisation arrivant en tête de liste. L'eutrophisation, caractérisée par des apports excessifs de nutriments dans les écosystèmes aquatiques, entraîne une croissance rapide du phytoplancton. La prolifération d'algues, signe d'eutrophisation, perturbe l'équilibre des écosystèmes marins et affecte la biodiversité. Les espèces d'algues à croissance rapide supplantent les plantes à croissance lente, privant les poissons de couverture, de nourriture et de substrat pour les invertébrés. Les activités humaines exacerbent ce processus naturel, soulignant la nécessité d'efforts de conservation proactifs. Les écosystèmes benthiques des océans du monde entier sont constamment menacés par les activités humaines, le changement climatique et la pollution. Malgré toutes les initiatives de protection, une analyse récente de la couverture de la zone indique un déclin de 34 % de la zone de distribution ou une dégradation au cours des 50 dernières années dans la mer Méditerranée (Telesca et al. 2015).

La protection des écosystèmes benthiques tels que *Posidonia oceanica* transcende les frontières nationales et celles des entreprises. Elle requiert un effort mondial pour atténuer le changement climatique, réduire la pollution par les nutriments et donner la priorité à la préservation des écosystèmes. Les herbiers marins ralentissent également le mouvement des courants océaniques entre les fonds marins et le bout de leurs feuilles. Des études récentes ont montré que la hauteur des vagues était inférieure de 10 à 20 % dans les prairies marines denses par rapport à un fond marin nu ([www.phys.org](http://www.phys.org)).

### 3.3 LES FORÊTS ET LES ZONES BOISÉES CÔTIÈRES

Les forêts et les zones boisées côtières méditerranéennes sont représentées par la végétation ligneuse derrière les dunes de sable et les falaises le long de la côte et elles caractérisent également la partie proche de la mer de la zone de végétation forestière thermoméditerranéenne. Elles forment la transition entre la végétation des dunes et celle de l'intérieur des terres. Par rapport aux forêts de l'intérieur, elles sont exposées aux tempêtes et aux embruns salés de la mer Méditerranée. Leur zone de distribution correspond aux régions où le climat méditerranéen est le plus intense et où la sécheresse estivale est extrêmement intense. Ce sont les régions où le substratum rocheux remonte souvent à la surface, où le sol est généralement peu profond ou pauvre en nutriments. Tous ces facteurs réunis entraînent la constitution de conditions extrêmes qui rendent difficiles la présence et la durabilité de la forêt.

Les côtes méditerranéennes ont été très tôt soumises de manière intensive aux habitations humaines et à l'agriculture, et non seulement à l'agriculture, mais aussi à une forte urbanisation et au tourisme au cours des dernières décennies, ce qui a entraîné une diminution de la couverture totale des forêts et des zones boisées côtières, une rupture de leurs caractéristiques structurelles, une régression de leur physionomie ou une conversion à d'autres types de végétation. De nombreuses grandes villes de la Méditerranée sont situées en bord de mer et continuent à se développer, en particulier dans le domaine du tourisme, ce qui peut constituer un risque pour l'avenir des forêts et des zones boisées côtières. La diminution de la couverture totale, le surpâturage, l'utilisation du bois comme combustible et les incendies sont les principales raisons de la dégradation structurelle et de la régression. Les changements de régime des incendies liés au changement climatique augmentent le risque pour les forêts et les zones boisées côtières. Les incendies de forêt, plus fréquents et plus graves, affectent négativement les stratégies de régénération des écosystèmes après les incendies, entraînant une régression de la composition et de la structure de la végétation, par exemple celle des forêts de pins en maquis, puis des maquis en garrigues, en phryganas et, plus dramatiquement, en prairies.



**Figure 7 : La forêt d'Akamas, Chypre.** L'aire protégée, classée parc national, avec son étendue de 230 kilomètres carrés, abrite des vallées, des gorges et de larges baies sablonneuses.

Du point de vue floristique, elles ressemblent à la végétation forestière zonale de l'étage thermoméditerranéen (Kavgacı et al 2021), tout en présentant des caractéristiques structurales et de croissance différentes. En plus des caractéristiques climatiques, pédologiques et rocheuses extrêmes, l'impact particulier des vents marins peut entraîner la formation des forêts et des zones boisées sculptées par le vent, mais avec une hétérogénéité dans la canopée du peuplement et une diminution de la croissance en hauteur et en diamètre. Tous ces facteurs leur confèrent une place particulière en matière de biodiversité dans l'intégrité du paysage.

Ces forêts et zones boisées sont principalement dominées par des pins et des espèces sclérophylles. Les espèces de pins caractéristiques du bassin méditerranéen – le pin d'Alep, le pin de Turquie (*Pinus brutia* Ten.), le pin pignon (*Pinus pinea* L.) et le pin maritime – sont les espèces de conifères essentielles de cette végétation. Alors que les pinèdes côtières de la Méditerranée occidentale sont principalement représentées par le pin d'Alep et le pin maritime, le pin *brutia* apparaît dans le bassin méditerranéen oriental. Bien que le pin pignon soit présent sur une très grande échelle géographique en Méditerranée, il présente des répartitions locales et étroites, y compris dans les plantations artificielles. Les forêts et les zones boisées côtières sont principalement caractérisées par une couche arbustive dense formée d'espèces sclérophylles. L'abondance et la couverture des espèces géophytes augmentent la valeur de la biodiversité de ces

écosystèmes. Les forêts dominées par des espèces sclérophylles sont également un élément important des forêts et des régions boisées méditerranéennes (Chytrý et al., 2022). L'olivier commun, le caroubier, l'arbousier, l'arbousier de Chypre, le lentisque, le filaire à feuilles larges et les espèces de chênes tels le chêne kermès, le chêne vert, le chêne ballote et le chêne-liège sont quelques-unes des espèces dominantes de ces forêts. Celles-ci présentent une composition floristique géographiquement différente, ce qui se traduit par une grande diversité de types de végétation. L'apparition de forêts sclérophylles côtières dominées par des espèces ligneuses endémiques et de zones boisées telles que les forêts de chêne *Quercus aucheri* à l'est de la Méditerranée (sud-ouest de la Turquie et îles de l'Égée orientale) contribue de manière essentielle à leur richesse biologique.

Dans le cadre d'une approche intégrée avec les forêts, il est possible d'y observer les formations hautes de type maquis et les formations basses – garrigue et phrygana – situées dans la même zone de distribution des forêts et des zones boisées côtières méditerranéennes. La plupart des maquis, des garrigues et des phryganas se sont formées à la suite de la dégradation des forêts de pins et des forêts sclérophylles en Méditerranée, à l'exception de celles qui se trouvent sur des sites moins productifs et xériques.

Outre ces types de végétation zonale, les forêts riveraines dominées par des espèces telles que le tamaris et le laurier-rose ajoutent une valeur particulière à la diversité des forêts et des zones boisées côtières. Les forêts riveraines à feuilles caduques dominées par des espèces telles que l'orme, l'aulne et le copalme d'Amérique augmentent la valeur de la diversité des forêts côtières méditerranéennes et révèlent leur importance en matière de conservation de la nature. En raison de la présence réduite d'espèces de palmiers tel le palmier dattier de Crète, un palmier endémique européen, les forêts et les zones boisées côtières sont encore plus précieuses et importantes pour la préservation.

En raison des variations locales et régionales dans la composition floristique et des caractéristiques structurelles, les forêts côtières et les zones boisées présentent une grande diversité biologique, en particulier au sein des diversités bêta et gamma et de la diversité fonctionnelle. Toutefois, la présence dans la flore de nombreuses espèces endémiques et rares, locales et régionales, montre à quel point cette diversité est sensible. Outre leur richesse en matière de produits forestiers non ligneux grâce à de nombreuses plantes aromatiques, médicinales et comestibles, elles remplissent des fonctions importantes en soutenant l'utilisation traditionnelle des terres avec un pâturage contrôlé et en contribuant à l'économie locale et régionale.

Les forêts et les zones boisées côtières méditerranéennes protègent les agglomérations et les écosystèmes intérieurs des inondations et de l'érosion en stabilisant le sol. Elles créent également des conditions climatiques plus fraîches pour les villes et remplissent des fonctions cruciales en évitant les effets polluants des inondations et des débordements vers la mer, en réduisant le transport de limon vers les lagunes et les cours d'eau, et en atténuant les effets destructeurs sur les logements.

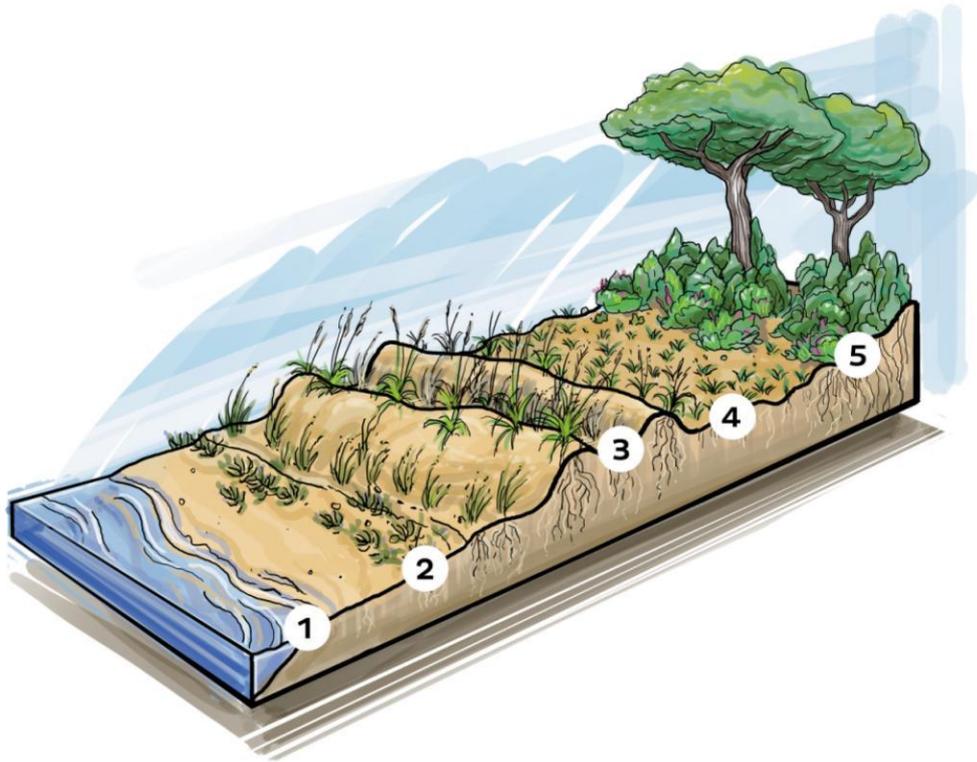
### 3.4 LES DUNES CÔTIÈRES

Les dunes côtières sont des formations éoliennes formées par le sable existant sur les côtes dans le cadre des écosystèmes qui constituent la transition spatiale entre les environnements continentaux/terrestres et marins/aqueux. Elles se produisent lorsqu'une quantité suffisante de matériau de la taille du sable s'accumule et circule dans un cycle sédimentaire. Celui-ci est entraîné par les vagues et déposé sur la plage, puis transporté vers l'intérieur des terres par les vents côtiers pour former les dunes. Dans ce système sédimentaire dynamique, la plage est un habitat fortement perturbé, car elle est soumise à la dynamique du surf, à l'inondation épisodique des vagues avec son action mécanique énergétique et à la forte salinité de l'eau de mer. Les dunes, qui s'étendent le long du front côtier, reçoivent le sable des plages et sont modelées par le vent. Leur régime de perturbation est plus faible : la mobilité du substrat et l'intensité du vent sont variables, de même que la salinité, qui dépend de l'apport de gouttelettes d'eau de mer apportées par le vent. Les dunes côtières sont présentes le long des côtes du monde entier, donnant lieu à une large gamme de formes et de dimensions liées aux variations spatiales et temporelles de l'apport sédimentaire, de l'énergie des vagues et du régime des vents.

Les dunes côtières sont des écosystèmes dotés d'une flore diversifiée et très spécifique, classée en communautés végétales particulières. Elles constituent un élément important de la biodiversité dans les régions où elles sont présentes, essentiellement en termes de bêta et de gamma. En particulier, les systèmes dunaires côtiers méditerranéens abritent une flore et des habitats plus riches et plus diversifiés que dans d'autres régions du monde (Doing 1985). Les écosystèmes dunaires côtiers sont diversifiés en plusieurs zones distinctes typiquement disposées le long du gradient littoral intérieur, qui sont occupées par leurs communautés végétales particulières (voir la figure). Ce gradient est déterminé par un certain nombre de facteurs abiotiques tels que le vent, les vagues, les marées, la salinité du sol et la taille des grains de sable. Ce gradient détermine la morphologie dunaire typique des zones et leur occupation par des communautés végétales différentes, chacune d'entre elles ayant une structure, une composition d'espèces et une dynamique particulières. Ces zones comprennent les dunes embryonnaires, les avant-dunes (dunes mobiles ou blanches), les dunes semi-fixées et les dunes fixées (dunes stabilisées ou grises), et les paléodunes. Les dunes embryonnaires et les avant-dunes sont plus dynamiques en raison des vents côtiers plus forts et plus constants et de l'incidence plus élevée des gouttelettes d'eau de mer ; elles subissent également des inondations occasionnelles dues aux tempêtes maritimes. Au-delà des avant-dunes, le sable se stabilise, la salinité diminue et les conditions écologiques sont plus bénignes, dans une transition vers les conditions normales de l'intérieur des terres (Marcenò et al., 2018).

En plus de leur teneur en biodiversité, les habitats dunaires fournissent d'autres services écosystémiques importants, parmi lesquels les loisirs se distinguent. Parmi ces services figure leur capacité à fixer le sable,

puisque celle-ci en soustrait une partie de son cycle de déplacement de la plage vers l'intérieur des terres et le stocke dans la dune, amortissant son entrée à l'intérieur des terres et y protégeant les habitats et les espèces.



**Figure 8 : Zonage idéal d'un système dunaire côtier méditerranéen :**

**1) La plage 2) L'avant-dune 3) La crête d'une dune 4) La dune semi-fixée grise 5) La dune fixée et la paléodune**

Les dunes côtières ont été profondément modifiées par les activités humaines. Dans de nombreux cas, elles ont été complètement et irréversiblement dégradées, comme cela est le cas des habitations, de la construction d'infrastructures, etc., qui entraînent la disparition d'écosystèmes irremplaçables. D'autres utilisations répandues sont celles liées aux loisirs, particulièrement intenses dans la région méditerranéenne, et liées à l'activité touristique, plus contrôlables, mais qui contribuent également à la perturbation des écosystèmes dunaires côtiers. Une source importante de dégradation de l'écosystème dunaire méditerranéen est également l'invasion d'espèces exotiques, qui modifie la composition des communautés végétales, dégradant les conditions naturelles de la biodiversité (Giulio et al. 2020). En outre, il existe d'autres menaces de portée plus globale, par exemple celles dérivées du changement climatique, impliquant l'élévation du niveau de la mer, l'incidence plus élevée des événements météorologiques extrêmes, etc.

La conservation des dunes côtières est vitale pour de multiples raisons, notamment l'équilibre écologique et la protection contre les tempêtes. En tant que principale barrière naturelle contre les tempêtes et les marées, les dunes côtières jouent un rôle essentiel en protégeant les zones habitées et les infrastructures côtières des inondations et de l'érosion. Reconnues comme une stratégie efficace d'atténuation des répercussions du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer, les dunes côtières constituent un atout indispensable pour la résilience côtière et les efforts d'adaptation (Massarelli, 2023).

### **3.5 LES FALAISES CÔTIÈRES**

Les falaises côtières, qu'il s'agisse de falaises maritimes ou de falaises continentales (intérieures), sont des caractéristiques géologiques distinctives qui jouent un rôle essentiel dans la biodiversité et l'écologie des régions côtières. Bien que les falaises maritimes et les falaises continentales puissent sembler similaires en surface, elles présentent des caractéristiques uniques liées à leur formation, aux espèces végétales et animales et à la dynamique écologique. Les falaises maritimes sont principalement formées par l'action érosive de l'eau et des vagues. En revanche, les falaises continentales résultent de l'altération de strates géologiques plus ou moins dures. Les falaises maritimes sont davantage influencées par l'action des vagues, tandis que les falaises continentales et leur formation dépendent de processus géologiques.

Les communautés écologiques des falaises maritimes sont façonnées par deux facteurs clés : la salinité et l'érosion rapide due à l'action des vagues. Ceux-ci influencent les types d'espèces végétales et animales qui peuvent prospérer sur les falaises maritimes. Les falaises continentales, quant à elles, possèdent des écosystèmes distincts adaptés à leurs caractéristiques géologiques. Les plantes maritimes des falaises maritimes peuvent être sensibles aux températures froides, en particulier au stade plantule. Cette sensibilité limite leur expansion vers les falaises continentales où les températures extrêmes sont plus prononcées. Les plantes adaptées aux falaises maritimes peuvent avoir des capacités concurrentielles plus faibles que celles adaptées aux falaises continentales. Ce facteur de concurrence contribue à la séparation des espèces entre ces deux types de falaises (Bird, 2016).

Les falaises côtières, en raison de leur inaccessibilité partielle, font partie des habitats les moins perturbés au monde, tant sur terre qu'en bord de mer. Leurs conditions écologiques uniques abritent une grande diversité d'espèces végétales et animales et constituent des habitats inestimables pour la biodiversité et la santé des écosystèmes. Les falaises servent de refuges contre les changements climatiques défavorables, la concurrence de la végétation agressive au niveau du sol et la pression du pâturage. Cette préservation de l'habitat est essentielle à la survie des espèces. Des taux élevés d'endémisme sont constatés dans les communautés des falaises. Les extinctions locales et les taux de réinvasion lents, combinés à des adaptations spécifiques aux falaises, contribuent à cet endémisme. La topographie des falaises crée des microclimats plus favorables à la vie végétale que d'autres habitats pierreux. Les fissures accumulent le sol et l'eau, et les pentes abruptes réduisent l'apport de rayonnement, minimisant ainsi l'évaporation.

De nombreuses falaises maritimes dans le monde abritent des colonies d'oiseaux de mer. Elles offrent la proximité de la mer pour l'approvisionnement en nourriture, des courants ascendants pour l'envol et l'atterrissage, et un relâchement de la pression de prédation. Les falaises côtières abritent un large éventail de formes de vie, notamment des mousses, des lichens, des algues et diverses plantes supérieures, qu'elles soient halophytes (aimant le sel) ou non. Les falaises maritimes abritent des espèces végétales tolérantes au sel que l'on trouve généralement dans les habitats des marais salants. Ces espèces sont adaptées aux conditions salines et prospèrent dans l'environnement côtier.

En résumé, les falaises côtières sont des éléments dynamiques et écologiquement importants dans les régions côtières. Elles abritent divers écosystèmes, fournissent un refuge à des espèces uniques et contribuent à la biodiversité globale et à l'équilibre écologique de ces régions. Il est essentiel de comprendre les distinctions entre les falaises marines et les falaises intérieures pour mener à bien les efforts de conservation et protéger ces habitats précieux.

### **3.6 LES AQUIFÈRES CÔTIERS**

La disponibilité et la qualité des ressources en eau douce est une question cruciale pour la population croissante des zones côtières du bassin méditerranéen. La demande en eau dans la région a doublé au cours de la seconde moitié du XXe siècle et représente aujourd'hui un total de 290 km<sup>3</sup> par an. Les aquifères côtiers sont particulièrement importants pour répondre à cette demande croissante. Ils représentent souvent la principale source d'eau douce pour les usages humains, notamment la boisson, l'agriculture et les besoins industriels. Cependant, ces ressources clés invisibles sont confrontées à de nombreux défis tels que la pression croissante sur les réserves d'eau souterraine, l'intrusion d'eau salée, la salinisation des aquifères côtiers et le transport de nutriments et de contaminants.

Comme le reconnaît le supplément de l'*Analyse diagnostique transfrontalière* (ADT) de la mer Méditerranée de 2012 sur les aquifères côtiers, ceux-ci contribuent à l'intégrité et au fonctionnement de la zone côtière et des écosystèmes marins, et leur dégradation contribue aux principaux problèmes transfrontaliers qui affectent le grand écosystème marin (GEM) de la mer Méditerranée. La situation régionale qui ressort de l'évaluation de l'état actuel de ces ressources d'importance critique est celle d'un stress environnemental, d'une négligence généralisée et d'une dégradation progressive des aquifères côtiers et des écosystèmes côtiers d'eau douce le long de vastes sections du littoral méditerranéen.

Les aquifères côtiers abritent souvent des écosystèmes uniques et diversifiés, notamment des zones humides, des estuaires, des lagunes, des milieux humides et d'autres habitats côtiers essentiels pour diverses espèces végétales et animales. Certains de ces écosystèmes, qui fournissent des services très précieux et contribuent aux moyens de subsistance des populations côtières, dépendent en partie ou totalement du régime des eaux souterraines. Les services fournis par les écosystèmes dépendants des eaux souterraines (EDES) comprennent : l'eau douce, la nourriture, les fibres, les médicaments, les minéraux, les

matériaux de construction, l'amélioration de la qualité de l'eau, la régulation du climat, la génération du tourisme, des ressources économiques, des valeurs culturelles, etc. Les aquifères côtiers jouent un rôle crucial dans l'adaptation au changement climatique, notamment en atténuant les effets de l'élévation du niveau de la mer et de la modification du régime des précipitations. Ils servent également de systèmes de stockage naturels pour l'eau douce, et comme le changement climatique modifie les régimes de précipitations, certaines zones côtières peuvent connaître des sécheresses accrues ou des changements dans l'intensité des précipitations. Les aquifères côtiers peuvent contribuer à atténuer la pénurie d'eau en stockant les précipitations excédentaires pendant les périodes de fortes précipitations et en fournissant une réserve d'eau douce pendant les périodes de sécheresse. Cette eau stockée peut répondre aux divers besoins, notamment l'approvisionnement en eau potable, l'agriculture et les habitats écologiques, renforçant ainsi la résilience des communautés côtières face à l'évolution des conditions climatiques.

Bien que la décharge sous-marine d'eaux souterraines (SGD) soit importante (> 25 %) en Méditerranée et, par endroits, supérieure aux apports d'eaux de surface, elle n'a pas été suffisamment caractérisée ni évaluée sur de nombreuses côtes du bassin méditerranéen. Les aquifères côtiers contribuent donc à la qualité des eaux marines peu profondes et de ses écosystèmes, et les maintiennent. La présence de nutriments tels que les nitrates et les phosphates dans les aquifères côtiers est très préoccupante dans certaines parties de la Méditerranée. L'excès de nutriments dans l'eau a entraîné des problèmes de qualité de l'eau tels que la prolifération d'algues et l'eutrophisation dans un certain nombre de masses d'eau de surface, affectant les ressources marines vivantes et la santé humaine.

## 4. LES DÉFIS DE LA ZONE CÔTIÈRE

### 4.1 LA PERTE DE BIODIVERSITÉ

La biodiversité représente l'extraordinaire variété de la vie sur Terre. Selon la Convention sur la diversité biologique (1992), elle englobe « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ». Cette définition comprend la diversité au sein des espèces, entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. Il s'agit, en principe, de la tapisserie complexe de la vie qui prospère sur notre planète. Les **écotones côtiers** sont particulièrement vulnérables à diverses menaces, notamment la dégradation de l'habitat, la pollution, la surpêche et les effets du changement climatique, tels que l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation de l'intensité des tempêtes. Le développement urbain et touristique, comme mentionné, peut conduire à la fragmentation et à la perte de ces habitats essentiels.

La complexité et la richesse de la biodiversité ne sont nulle part plus évidentes que dans la région méditerranéenne, où la biodiversité côtière et marine s'épanouit. Le bassin méditerranéen est reconnu

pour abriter une faune et une flore parmi les plus diversifiées au monde (Mittermeier et al., 2011). Le terme « point chaud de la biodiversité » s'applique parfaitement à la Méditerranée, car elle représente l'un des 25 premiers points chauds de biodiversité au monde. Ces zones se caractérisent par une riche biodiversité, un grand nombre d'espèces endémiques propres à la région et des niveaux critiques de perte d'habitat. Malgré les défis et les pressions auxquels la Méditerranée est confrontée, tels que la pollution et la surpêche, la région peut encore se targuer d'une diversité remarquable. Cependant, il est essentiel de reconnaître que certaines espèces, notamment les reptiles, les mammifères marins, les oiseaux, les poissons et les pollinisateurs, sont confrontées à un déclin alarmant de leur abondance. Ces déclins nous rappellent brutalement qu'il est urgent de déployer des efforts de conservation pour sauvegarder la biodiversité unique de la Méditerranée.

L'une des caractéristiques de la Méditerranée est la combinaison d'une faible productivité biologique et d'une grande biodiversité. Alors que la mer Méditerranée elle-même peut avoir des niveaux de productivité biologique relativement faibles, les terres environnantes et les zones côtières présentent un degré frappant de diversité biologique. La diversité de l'habitat de la Méditerranée est la conséquence de divers facteurs, notamment le fort gradient de profondeur à l'intérieur du bassin et l'amplitude latitudinale. Ces facteurs se traduisent par un large éventail de conditions climatiques, allant du subtropical au tempéré. Cette diversité des conditions environnementales donne lieu à une grande variété d'habitats, chacun abritant un ensemble unique d'espèces et d'interactions écologiques.

**La crise des pollinisateurs** : Le rapport de la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) de 2019 souligne l'importance culturelle et historique des pollinisateurs. Ces créatures remarquables ont été vénérées dans les textes sacrés de diverses religions, soulignant leur importance profonde pour les sociétés humaines tout au long de l'histoire. La préservation des pollinisateurs n'est pas seulement une préoccupation écologique, mais aussi un impératif culturel. Les abeilles et les autres pollinisateurs jouent un rôle essentiel dans le maintien de la vie sur notre planète. Dans la zone côtière méditerranéenne, la préservation et la restauration de ces précieux pollinisateurs jouent un rôle important dans les efforts de réensauvagement et le maintien de la santé de l'écosystème. Les abeilles et les papillons font partie des pollinisateurs charismatiques qui facilitent la reproduction d'innombrables espèces végétales, y compris la plupart de nos cultures vivrières. Cependant, ces insectes sont confrontés à des défis sans précédent en raison des activités humaines.

L'une des principales menaces qui pèsent sur les pollinisateurs est la perte d'habitat. Alors que l'urbanisation et l'agriculture se développent le long de la côte méditerranéenne, les habitats naturels sont transformés ou détruits, laissant aux pollinisateurs moins d'endroits où se nourrir et nicher. Les pratiques agricoles intensives, qui reposent souvent sur des monocultures, ont encore réduit les paysages favorables aux pollinisateurs. Le changement climatique ajoute au problème un niveau supplémentaire de complexité. La modification des conditions météorologiques perturbe la synchronisation entre les plantes et les

pollinisateurs, ce qui affecte la disponibilité du nectar et du pollen. Les conséquences de ces perturbations se répercutent sur les écosystèmes, non seulement sur les pollinisateurs, mais aussi sur les plantes qu'ils font vivre. Les produits agrochimiques, en particulier les pesticides, ont encore diminué les paysages favorables aux pollinisateurs. L'utilisation généralisée de ces produits chimiques dans l'agriculture moderne a entraîné la contamination du nectar et du pollen, ce qui a eu des effets néfastes sur les colonies d'abeilles et sur les autres populations de pollinisateurs.

#### **4.2 LES CHANGEMENTS D'UTILISATION DES SOLS**

La zone côtière méditerranéenne connaît un changement rapide de l'utilisation des sols, principalement dû à l'urbanisation, qui pose des défis importants à l'environnement et à la durabilité de la région. Cette partie explore la dynamique complexe du changement d'utilisation des terres dans la zone côtière méditerranéenne, en mettant l'accent sur l'impact de l'urbanisation sur les ressources en eau, l'extraction de sable, la production alimentaire, la demande d'énergie et les estuaires.

L'une des conséquences les plus prononcées de l'urbanisation dans la zone côtière méditerranéenne est la demande accrue de ressources en eau douce. Les populations urbaines croissantes ont besoin d'eau pour les usages domestiques, industriels et agricoles. Cette demande accrue exerce une pression considérable sur les ressources en eaux souterraines, qui sont souvent surexploitées. Le pompage excessif des eaux souterraines menace non seulement leur durabilité à long terme, mais entraîne également l'affaissement des sols, un phénomène qui peut exacerber les risques d'inondation côtière. L'urbanisation exerce une pression supplémentaire sur le secteur agricole dans la zone côtière méditerranéenne. L'augmentation de la demande en eau des zones urbaines peut entraîner un stress hydrique dans les régions agricoles, ce qui a un effet négatif sur le rendement des cultures et la production alimentaire. La salinisation, qui résulte de l'intrusion de l'eau de mer dans les nappes phréatiques, compromet encore davantage la sécurité alimentaire en rendant les sols moins fertiles. En outre, le ruissellement agricole, qui contient un excès de nutriments, peut détériorer la qualité de l'eau et nuire à la biodiversité marine.

L'urbanisation croissante coïncide avec une augmentation de la demande d'énergie dans la zone côtière méditerranéenne. Alors que les pays cherchent à abandonner les combustibles fossiles, nombre d'entre eux se tournent vers les barrages hydroélectriques pour répondre à leurs besoins énergétiques. Bien que ces barrages offrent une source d'énergie plus propre, ils perturbent également l'écologie et les systèmes hydrologiques locaux. La construction de barrages modifie les flux d'eau et de sédiments, ce qui a un impact sur les écosystèmes en aval et risque d'aggraver l'érosion côtière. Les estuaires sont des éléments côtiers uniques et écologiquement vitaux, mais ils sont particulièrement vulnérables aux effets du changement de l'utilisation des sols et de l'urbanisation. À mesure que les zones urbaines se développent, les écosystèmes des estuaires sont souvent les plus touchés par la destruction des habitats et par la pollution. Les

changements dans l'utilisation des sols, tels que la déforestation et le développement urbain, perturbent l'équilibre délicat de l'apport de sédiments dans les estuaires. Cette perturbation peut entraîner l'érosion côtière et la perte d'habitats vitaux.

L'industrie de la construction, étroitement liée à l'urbanisation, stimule la demande de sable et de gravier dans la zone côtière méditerranéenne. L'extraction de sable, une source clé de ces matériaux, est devenue une préoccupation majeure. L'extraction de sable du lit des rivières et des zones côtières peut perturber les écosystèmes, contribuer à l'érosion côtière et nuire à la vie aquatique. En outre, non réglementée, elle contribue à la destruction des habitats et exacerbe la vulnérabilité des communautés côtières à l'érosion et à l'élévation du niveau de la mer.

Outre l'industrie actuelle, les activités industrielles rejetées ont également laissé une marque indélébile sur la zone côtière méditerranéenne. Au fil des ans, l'accumulation à long terme de contaminants xénobiotiques dans l'environnement a entraîné une pollution chronique. Ces substances chimiques d'origine humaine se retrouvent dans l'environnement, souvent par le biais de processus industriels, et ont des effets néfastes sur les écosystèmes et la santé humaine. Cette forme chronique de pollution représente une menace importante sur plusieurs fronts. Les contaminants des **friches industrielles** peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines, ce qui présente des risques pour les communautés vivant à proximité de ces sites. L'exposition aux polluants peut entraîner toute une série de problèmes de santé, depuis les troubles respiratoires jusqu'à des affections plus graves telles que le cancer. Les friches industrielles sont souvent dépourvues de la flore et de la faune indigènes en raison de la contamination. La perte d'habitat et la présence de polluants peuvent perturber les écosystèmes locaux et menacer les espèces indigènes. Les polluants peuvent altérer les processus fondamentaux qui soutiennent la santé des écosystèmes. Du cycle des nutriments à la purification de l'eau, ces perturbations peuvent avoir des conséquences considérables.

#### 4.3 LES INONDATIONS COMPOSÉES

Les inondations composées impliquent la présence de deux ou plusieurs risques d'inondation provoqués par un seul événement météorologique, comme les crues soudaines terrestres et les ondes de tempête marines qui se produisent simultanément au cours d'un seul épisode de basse pression. Les inondations constituent une menace importante pour les villes et les habitations côtières en raison de leur impact potentiel sur les zones côtières de basse altitude et sur les systèmes de drainage. Les eaux de surface et les eaux souterraines des régions côtières environnantes s'écoulent naturellement vers la côte et se déversent finalement dans la mer. Cette convergence d'eau exacerbe les conditions lors de fortes précipitations, entraînant de graves conséquences pour les habitants et l'environnement.

Les inondations côtières représentent un défi à multiples facettes, en particulier si l'on tient compte de l'influence des eaux intérieures, ce qui nécessite une approche intégrée pour une atténuation efficace. Malgré l'importance de cette question, il existe peu de règles ou de lignes directrices définitives régissant sa gestion. Si la protection contre la crue centennale est un impératif évident, la définition précise et la corrélation de cet événement avec l'écoulement des eaux intérieures, en particulier la grande masse d'eau centennale allant de l'arrière-pays au littoral, restent largement ambiguës. Comprendre la fiabilité de ces mesures représente un important défi, accentué par l'insuffisance des efforts de recherche locaux. En outre, parallèlement à l'évaluation du niveau marin centennal, la détermination de la hauteur de la mer et des vagues sur 100 ans est indispensable, bien qu'elle soit complexe et exige des ressources importantes. Pour compliquer encore les choses, la fluctuation du niveau moyen de la mer (NMM) change la dynamique de la formation des vagues, ce qui rend les prévisions difficiles à établir (CAR/PAP, 2021).

Les solutions classiques aux inondations côtières consistent à mettre en place des structures de protection lourde, à surélever les terrains côtiers et la hauteur des bâtiments, et à fortifier les infrastructures côtières. Cependant, ces solutions « grises » peuvent présenter des limites et avoir des implications environnementales. Une stratégie globale doit prendre en compte les solutions fondées sur la nature et les pratiques durables afin d'assurer une résilience à long terme contre les inondations côtières.

#### 4.4 L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

L'élévation du niveau de la mer est une préoccupation urgente pour les régions côtières du monde entier, et la zone côtière méditerranéenne ne fait pas exception. Alors que le niveau moyen de la mer continue de s'élever, la région méditerranéenne est confrontée à des défis uniques en raison de la diversité de ses typologies côtières et de l'impact significatif de ce phénomène sur les communautés, les écosystèmes et les infrastructures côtières.

L'élévation moyenne du niveau de la mer s'accélère, principalement en raison des effets du changement climatique. Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a fourni des projections indiquant que d'ici 2100, **le niveau moyen mondial des mers pourrait s'élever de 29 à 110 cm par rapport aux niveaux de la fin du siècle précédent**. Depuis 1900, le niveau des mers s'est déjà élevé de 20 cm en moyenne. Le niveau moyen de la Méditerranée s'est élevé de 6 cm au cours des deux dernières décennies. Cette tendance devrait s'accélérer et pourrait atteindre un taux global de 43 à 84 cm d'ici 2100. En cas de nouvelle déstabilisation de la calotte glaciaire de l'Antarctique, l'élévation du niveau de la mer pourrait dépasser 1 mètre. En effet, des études scientifiques récentes ont soulevé des inquiétudes quant à la stabilité de certaines parties de la calotte glaciaire de l'Antarctique (Naughten et al., 2023). Si ces parties instables venaient à s'effondrer, cela pourrait entraîner une élévation encore plus importante du niveau de

la mer. Ce scénario catastrophique potentiel souligne l'importance d'efforts immédiats et efficaces d'atténuation du changement climatique pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

La prévision du taux exact de l'élévation future du niveau de la mer reste très incertaine. Plusieurs facteurs contribuent à cette incertitude, notamment les progrès réalisés en matière d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, la complexité des forces à l'origine de l'élévation du niveau de la mer et la date inconnue des points de basculement potentiels dans le système climatique. Il est donc essentiel d'adopter une approche de précaution et de se préparer à une série de scénarios d'élévation du niveau de la mer.

La zone côtière méditerranéenne, avec ses paysages variés et ses habitations humaines, est particulièrement vulnérable à l'élévation du niveau de la mer, qui contribue à l'augmentation de l'érosion côtière, menaçant les infrastructures et les biens le long de la côte. Les zones côtières de basse altitude, y compris les centres urbains, les terres agricoles et les zones humides, risquent d'être inondées lors des grandes marées et des tempêtes. L'élévation du niveau de la mer peut entraîner l'intrusion d'eau salée dans les nappes phréatiques, rendant les sources d'eau douce saumâtres ou non potables. Les habitats côtiers, notamment les plages, les dunes et les marais salants, risquent de se dégrader et de disparaître en raison de l'élévation du niveau de la mer, ce qui a un impact sur la biodiversité. Les communautés côtières peuvent être contraintes de déménager lorsque leurs maisons deviennent inhabitables en raison de cette élévation et des risques associés.

En outre, les cadres de gestion des **eaux souterraines côtières** sont absents et, dans de nombreux cas, ces ressources ne sont pas officiellement reconnues comme essentielles pour la durabilité des développements côtiers et comme très vulnérables. L'exploitation non réglementée est courante, et il n'existe pas de mesures de protection de la qualité et de la quantité, ou elles ne sont pas appliquées. Les conflits entre les différentes utilisations (agriculture, usage domestique, tourisme, environnement, énergie, etc.) sont fréquents et potentiellement perturbateurs. En outre, les connaissances scientifiques et la sensibilisation du public aux aquifères côtiers sont faibles ou inexistantes dans la plupart des pays. Le suivi est au mieux occasionnel, mais il manque de technologies modernes et d'une conception stratégique et polyvalente.

#### **4.5 L'ÉROSION CÔTIÈRE**

L'érosion des sols est un problème de longue date dans la région méditerranéenne, auquel contribuent des facteurs historiques et environnementaux complexes. Les effets de l'érosion s'étendent aux écosystèmes côtiers, menaçant la santé des sols, les ressources en eau, la biodiversité et la dynamique des plages.

L'érosion dans la région méditerranéenne est profondément enracinée, avec des preuves d'érosion au Pléistocène supérieur associée à des changements climatiques et à une couverture végétale clairsemée. Au cours de cette période, un climat plus frais et plus sec a entraîné une augmentation de la production de

sédiments dans les bassins versants. Toutefois, le débat sur l'histoire de l'érosion au cours de l'Holocène est plus complexe, convoquant des arguments sur la chronologie et les facteurs de causalité. Certains attribuent l'érosion aux changements climatiques, tandis que d'autres pointent du doigt les causes anthropiques. Par exemple, les barrages situés en amont des cours d'eau piègent les sédiments, empêchant leur acheminement vers les estuaires et les zones côtières. Ces sédiments sont essentiels pour contrer l'élévation du niveau de la mer et l'affaissement du sol dans ces régions. La diminution de l'apport de sédiments dans les estuaires et les zones côtières exacerbe l'érosion côtière et la perte de terres.

L'érosion a des conséquences considérables sur les écosystèmes côtiers de la région méditerranéenne. Ces conséquences comprennent la destruction des couches superficielles du sol, la pollution des eaux souterraines, la dégradation des dunes menant à la désertification, la réduction de la biodiversité, l'altération de la dynamique des plages, la diminution des ressources sédimentaires et la salinisation du sol et des eaux souterraines. Les écosystèmes côtiers sont étroitement liés aux processus terrestres, ce qui fait de l'érosion une préoccupation majeure.

#### 4.6 LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Le terme d'« invasion biologique » est utilisé pour décrire le processus impliquant le transport ou le déplacement d'une espèce (animaux, plantes et autres organismes) hors de son aire de répartition naturelle du fait d'activités humaines et son introduction dans de nouvelles régions, où elle peut s'établir et se propager (IPBES, 2023). Contrairement aux espèces indigènes, les espèces non indigènes sont introduites dans de nouvelles régions par l'homme, qui joue un rôle clé dans ce processus. Les espèces exotiques envahissantes représentent un sous-ensemble d'espèces exotiques connues pour s'être établies et s'être propagées en ayant des impacts négatifs sur la biodiversité ou sur les contributions de la nature à l'homme, telles que les biens et services écosystémiques et une bonne qualité de vie (IPBES, 2023). Les espèces exotiques envahissantes peuvent être introduites involontairement. Par exemple, de nombreux invertébrés exotiques ont pénétré dans les eaux littorales et sublittorales de la Méditerranée par le biais de navires transitant par le canal de Suez (Galil, 2008).

Cependant, d'autres ont été introduites intentionnellement, souvent pour leurs avantages perçus, sans considération ou connaissance de leurs impacts négatifs potentiels. L'herbe européenne *Ammophila arenaria* a été introduite dans de nombreuses zones côtières du monde entier pour favoriser la stabilisation des dunes, mais elle est rapidement devenue envahissante, avec de graves conséquences pour la biodiversité locale (Pickart, 2021). De même, la succulente sud-africaine *Carpobrotus edulis/acinaciformis* a été introduite comme espèce ornementale dans de nombreuses zones côtières du monde et constitue désormais l'une des plantes exotiques les plus répandues dans les écosystèmes côtiers méditerranéens, ainsi qu'une grave menace pour leur fragile biodiversité (Campoy et al., 2018).

Les espèces exotiques envahissantes sont reconnues comme l'un des cinq principaux facteurs directs de changement dans la nature à l'échelle mondiale, aux côtés des changements dans l'usage des terres et des mers, de l'exploitation directe des organismes, du changement climatique et de la pollution. Les espèces exotiques envahissantes provoquent des changements spectaculaires et, dans certains cas, irréversibles de la biodiversité et des écosystèmes, entraînant des conséquences négatives et complexes dans toutes les régions de la Terre, y compris l'extinction d'espèces à l'échelle locale et mondiale (IPBES, 2023).

Les côtes méditerranéennes sont des paysages dynamiques influencés par de nombreux facteurs naturels tels que la salinité, la composition du substrat et l'action du vent qui changent le long de la transition entre la mer et l'intérieur des terres. En outre, ils sont également fortement affectés par les activités humaines. Dans la plupart des cas, ces activités sont liées à l'exploitation touristique et au développement d'infrastructures qui ont contribué à l'établissement et à la propagation de nombreuses espèces exotiques. Les zones côtières méditerranéennes, en particulier, abritent de nombreuses espèces exotiques (Chytrý et al., 2008). Dans les écosystèmes côtiers, tels que les habitats côtiers sablonneux, ces espèces sont généralement généralistes. Elles présentent souvent des traits rudéraux ou se trouvent plus fréquemment dans des habitats semi-naturels ou artificiels perturbés (Giulio et al., 2020), ce qui entraîne une homogénéisation et une simplification de l'habitat.

Les espèces exotiques sont introduites par les activités humaines dans toutes les régions et biomes du monde à un rythme sans précédent. Le bassin méditerranéen, un point chaud de la biodiversité bien connu, est également menacé par les espèces exotiques déplacées par les échanges commerciaux sur de longues distances (Seebens et al., 2015) et est considéré comme présentant un risque élevé de nouvelles invasions à l'avenir (Cao Pinna et al., 2020). Dans les zones côtières méditerranéennes, malgré la présence de nombreux habitats considérés comme prioritaires pour les objectifs de conservation internationaux, de nombreux écosystèmes ont subi des transformations constantes et la majorité des habitats sont actuellement gravement menacés. Les dunes côtières mobiles méditerranéennes, les broussailles dunaires méditerranéennes, les prairies dunaires côtières méditerranéennes (dunes grises), les masses d'eau temporaires méditerranéennes (Jenssen et al., 2016) et les herbiers de posidonies dans la zone infralittorale ont été mis en évidence parmi les habitats les plus vulnérables (Gubbay et al., 2016). Parmi les différentes menaces qui pèsent sur ces habitats, l'impact des plantes envahissantes a été identifié comme l'une des plus importantes.

#### **4.7 LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS**

Les îlots de chaleur urbains (ICU en abrégé) sont une préoccupation croissante dans les zones urbanisées de la zone côtière méditerranéenne. Ces zones connaissent des températures nettement plus élevées que les zones rurales ou naturelles environnantes. L'urbanisation et le climat méditerranéen forment une

combinaison puissante qui exacerbe l'effet des îlots de chaleur urbains. Ce phénomène est dû à diverses activités humaines et caractéristiques urbaines, d'où l'importance de s'occuper du bien-être de la population urbaine côtière.

Les zones fortement construites, caractérisées par des infrastructures et des matériaux absorbant la chaleur, tels que l'asphalte et le béton, sont particulièrement sensibles aux ICU. Le climat méditerranéen, connu pour ses étés chauds et secs, intensifie encore l'effet d'îlot de chaleur. Les ICU ont une incidence sur la santé humaine (maladies liées à la chaleur et augmentation des taux de mortalité), sur la consommation d'énergie (par exemple, augmentation de la climatisation) et sur la résilience globale des villes face au changement climatique. Les ICU entraînent une augmentation des coûts économiques (tels que l'augmentation des coûts d'entretien des infrastructures) et une dégradation accrue de l'environnement (effet sur les écosystèmes urbains, la flore et la faune).

#### **4.8 LES VAGUES DE CHALEUR MARINE**

En Méditerranée, les vagues de chaleur marine (VCM en abrégé) sont devenues en général plus longues et plus intenses. Depuis le début des années 1980, les températures moyennes à la surface de la mer Méditerranée ont augmenté dans l'ensemble du bassin méditerranéen, mais avec de grandes différences sous-régionales, de +0,29 à +0,44°C par décennie (MedECC, 2020), selon des tendances plus marquées dans les bassins orientaux (Adriatique, mer Égée, mer Levantine et nord-est de la mer Ionienne). En Méditerranée, les vagues de chaleur marine vont très probablement s'étendre dans l'espace, devenir plus longues, plus intenses et plus graves qu'aujourd'hui, et devraient se produire de juin à octobre et toucher l'ensemble de la région à leur apogée (PNUE/PAM et le Plan Bleu, 2020).

Les vagues de chaleur marine peuvent entraîner des changements immédiats dans la distribution des espèces (mobiles) et provoquer des extinctions locales, ce qui indique que de nombreux écosystèmes marins ne sont peut-être pas résistants aux événements extrêmes. L'une des premières mortalités massives documentées dans les communautés benthiques rocheuses s'est produite dans le nord-ouest de la mer Méditerranée au cours de l'été 2003 : plusieurs milliers de kilomètres de côtes ont été touchés par une vague de chaleur marine, avec des températures de 1 à 3 °C au-dessus des valeurs climatiques, ce qui a entraîné la mortalité massive (jusqu'à 80 % de la population) d'au moins 25 espèces de coraux mous (par exemple, les gorgones) et d'éponges.

#### **4.9 LES FEUX DE FORÊT**

Les feux de forêt doivent être considérés dans la plupart des biomes terrestres, mais leur fréquence varie considérablement. Dans les climats de type méditerranéen, les incendies se produisent surtout pendant la saison estivale sèche et ne se reproduisent généralement qu'une seule fois en l'espace de plusieurs

décennies, voire plus rarement. La résistance aux incendies est une caractéristique commune aux plantes des environnements méditerranéens et s'exprime très clairement par la capacité à faire repousser des bourgeons dormants sur des structures végétales au niveau du sol ou sous le sol qui ont survécu à l'incendie, telles que les lignotubers. Parmi les autres adaptations des plantes liées au feu, on peut citer la sérotinie, où le feu déclenche la libération des graines, et la persistance des graines dans le sol. Après un incendie, le sol est dépourvu de litière, fertilisé par les cendres, débarrassé de la couverture végétale concurrente, et les semis bénéficient de conditions de croissance parfaites. La germination des graines peut même être déclenchée par la chaleur ou les substances chimiques contenues dans la fumée ou les cendres. Les cônes de pin libèrent des graines généralement en période de sécheresse, et certaines ne s'ouvrent qu'à des températures atteintes lors de feux de forêt.

Bien que la proportion d'espèces végétales spécifiquement adaptées aux incendies de forêt dans le bassin méditerranéen n'atteigne pas celle de certaines autres régions à climat méditerranéen telles que le sud-ouest de l'Australie et la région du Cap en Afrique du Sud, la résistance de nombreuses espèces végétales du bassin méditerranéen européen et nord-africain aux incendies et à d'autres perturbations impliquant une perte de biomasse végétale est bien connue et scientifiquement prouvée (Pausas et al. 2008 ; Ne'eman et al., 2012).

De nombreuses régions du bassin méditerranéen ont souffert ces dernières années d'incendies de forêt sans précédent qui ont détruit des habitations, des zones cultivées et des zones boisées. Ces incendies ont également coûté la vie à de nombreuses personnes. Les rafales de vent, les températures caniculaires, l'allongement de la saison de sécheresse et la sécheresse de la végétation ont favorisé la propagation des incendies de forêt qui sont devenus incontrôlables dans plusieurs pays. La surveillance effectuée par le Centre commun de recherche de l'Union européenne (CCR 2023) a révélé qu'une superficie totale de 135 000 hectares avait brûlé en Algérie, en Grèce, en Italie et en Tunisie en seulement 12 jours en juillet 2023. Ce chiffre inclut plus de 20 000 hectares de zones protégées par Natura 2000 en Italie et en Grèce. Dans les quatre pays, plus de 120 000 personnes vivant dans des zones incendiées ont été immédiatement touchées au cours de cette courte période (CCR 2023), tandis qu'un nombre inconnu de personnes ont souffert des effets des incendies tels que la pollution par les fumées, les évacuations, etc.

L'augmentation du nombre d'incendies, de leur fréquence, de leur durée, de leur étendue, des valeurs détruites et des coûts impliqués est presque certainement une conséquence du réchauffement climatique. Il est donc probable que la superficie brûlée annuellement augmentera encore dans les années et décennies à venir. Une projection solide réalisée par Turco et al. (2018) montre que plus le niveau de réchauffement est élevé, plus l'augmentation de la superficie brûlée sera importante. Les mesures de prévention des incendies de forêt dans les régions sensibles du bassin méditerranéen sont donc de plus en plus importantes.

## 5. LES SOLUTIONS

Lors de l'analyse des défis, de l'identification des risques et de la planification des SfN, il est essentiel de prendre en compte le contexte social et environnemental de la zone ou du paysage où l'action sera mise en œuvre. Cette compréhension permet d'évaluer la contribution de la biodiversité et des écosystèmes aux services écosystémiques et à l'adaptation au climat. Voici quelques-uns des éléments importants à considérer :

- décrire les caractéristiques environnementales de la zone, y compris les types d'habitat, la topographie et les services écosystémiques qu'elle fournit.
- comprendre l'utilisation actuelle de la zone, y compris qui l'utilise et à quelles fins.
- identifier les parties prenantes concernées, telles que les propriétaires fonciers, les habitants et les groupes d'intérêt.
- vérifier les objectifs éventuels d'adaptation au changement climatique existant pour la région.

Le Standard mondial de l'UICN comporte 8 critères et 28 indicateurs permettant d'évaluer l'efficacité, la durabilité et l'adaptabilité des interventions SfN. Les critères comprennent la prise en compte des défis sociétaux, l'échelle, le gain net de biodiversité, la viabilité économique, la gouvernance inclusive, l'équilibre des compromis, la gestion adaptative et la durabilité.

**Risques et défis potentiels :** Protégez-vous contre le « *greenwashing* » et assurez-vous que les efforts de SfN s'alignent sur les objectifs de décarbonisation. Concentrez-vous sur la protection et la restauration des habitats et des écosystèmes existants au lieu de planter uniquement des arbres. Évitez de négliger l'adaptation, la biodiversité et les avantages sociaux en présentant les SfN principalement comme un outil d'atténuation du changement climatique. Soyez prudent au sujet des dommages potentiels pour les peuples autochtones marginalisés et les communautés locales et évitez l'appropriation des terres. Considérez les résultats négatifs qui peuvent résulter des projets SfN, tels que la plantation d'arbres non indigènes dans des zones riches en biodiversité. Il convient de lutter contre les pratiques de production et de consommation non durables, en particulier dans les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture, afin de garantir les avantages à long terme des SfN.

**Exemples de bonnes pratiques :** La restauration des anciennes salines de Camargue est un exemple d'évaluation de l'efficacité des SfN dans une zone côtière. Le projet visait à restaurer les processus hydrologiques naturels, à reconnecter les lagunes et à relever les défis du changement climatique. Les objectifs comprennent l'amélioration de la conservation, la restauration des côtes et la facilitation du développement durable. Par conséquent, une compréhension approfondie du contexte environnemental et social, associée à une planification et à une évaluation minutieuses, est essentielle pour une mise en œuvre réussie des SfN tout en évitant les risques et les défis potentiels.



**Tableau 1 : Le résumé simplifié des solutions potentielles fondées sur la nature (SfN),** soulignant leur pertinence pour les différents types de côtes et les défis environnementaux dans la zone côtière méditerranéenne. Les couleurs attribuées aux types de côtes indiquent leur niveau général de naturalité (les couleurs peuvent varier localement). En outre, des icônes représentant chaque solution sont incluses pour répondre aux défis spécifiques identifiés. L'ordre des couleurs et des icônes vise à établir des liens entre les zones/types prioritaires et les solutions correspondantes aux défis.

## 5.1 LA PROTECTION DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SPÉCIFIQUES

La conservation et la gestion des **écotones côtiers** sont impératives pour préserver la vitalité écologique des régions côtières et assurer la durabilité des services écosystémiques vitaux, y compris la pêche. Il convient d'adopter une approche globale et intégrée, en tenant compte des interconnexions entre les écosystèmes terrestres et marins et en impliquant les communautés locales et les parties prenantes dans les efforts de conservation. La sauvegarde et la réhabilitation de ces zones de transition sont essentielles pour renforcer la santé et la résilience des écosystèmes côtiers.

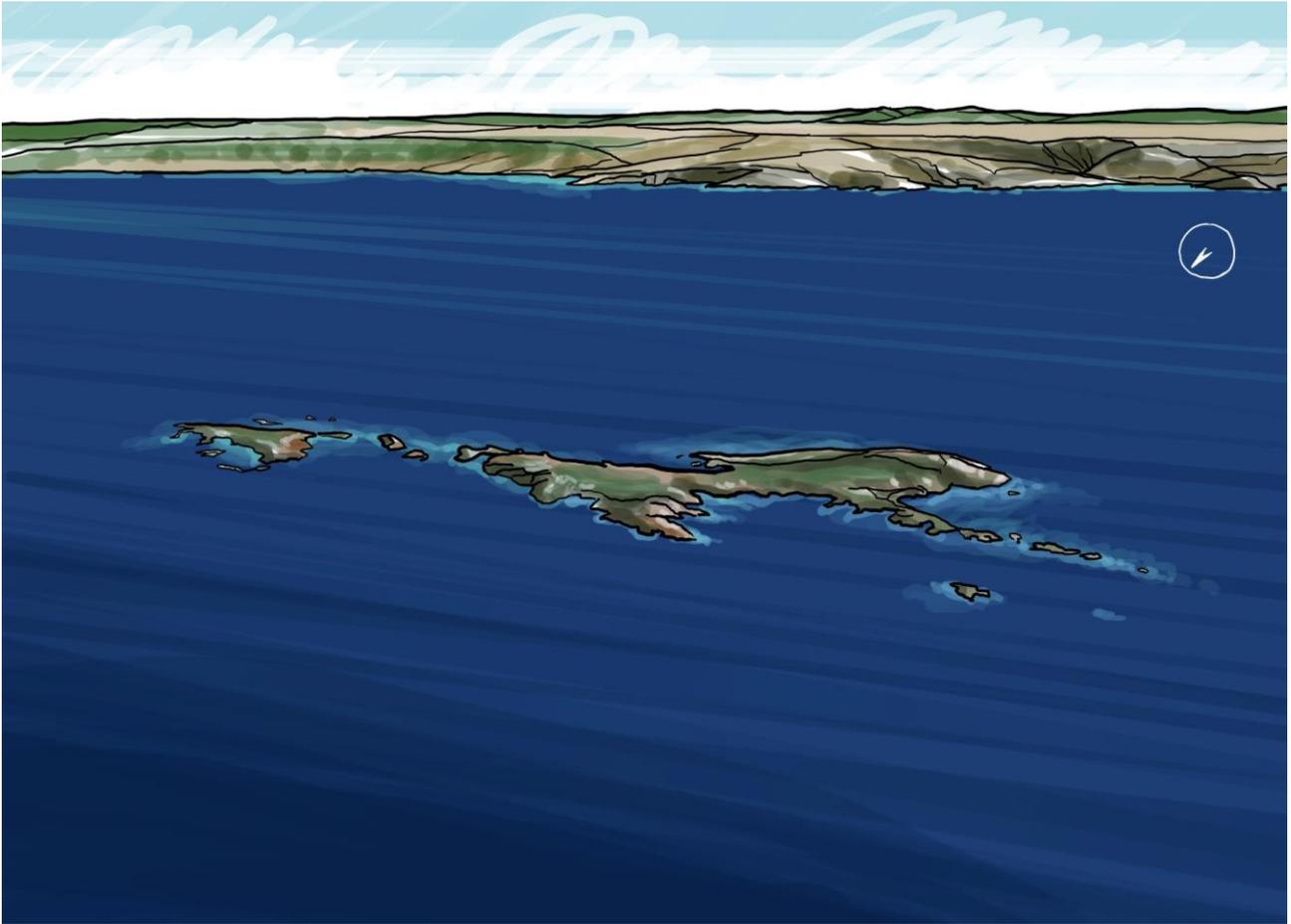
En outre, les écotones jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la résilience des zones côtières face aux effets du changement climatique. Ils servent de tampons efficaces contre les ondes de tempête, offrant une stabilisation naturelle du littoral qui atténue l'érosion côtière. Les écotones côtiers fonctionnent aussi comme des systèmes de filtration naturels, améliorant la qualité de l'eau en capturant les sédiments et les polluants provenant des zones en amont avant qu'ils n'atteignent l'environnement marin. Ces zones de transition offrent une myriade de services écosystémiques, notamment des possibilités de loisirs, une importance culturelle et un soutien aux moyens de subsistance traditionnels tels que la pêche.

Alors que la perte de biodiversité et l'appauvrissement des écosystèmes marins suscitent de plus en plus d'inquiétudes à l'échelle mondiale, l'initiative « 30 en 30 » est apparue comme une lueur d'optimisme. Issue de la réunion COP15 de la Convention sur la diversité biologique en 2022, cette mission mondiale vise à désigner 30 % des terres et des océans de la planète comme zones protégées d'ici à 2030. Inscrit dans le Cadre mondial pour la biodiversité de Kunming à Montréal, cet objectif ambitieux souligne la nécessité urgente de conserver et de gérer les écosystèmes essentiels. La perte de biodiversité constitue l'une des menaces les plus pressantes pour la santé écologique de notre planète et pour la prospérité économique mondiale. Des organismes internationaux tels que le Forum économique mondial et la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) l'ont reconnu et ont souligné l'urgence de s'attaquer à cette crise.

Cette initiative revêt une grande importance pour la sauvegarde des écosystèmes marins côtiers, les **aires marines protégées (AMP)** en abrégé) jouant un rôle crucial dans la préservation et la revitalisation de la vie marine, la garantie d'une pêche durable et le renforcement de la résilience des mers et des océans. Ces zones servent de sanctuaires vitaux pour les espèces menacées et de centres de recherche scientifique sur la biodiversité marine. Cependant, l'expansion des réseaux mondiaux d'AMP est complexe et nécessite des efforts collectifs de la part des pays, des communautés et des organisations, tout en respectant les besoins et les droits des communautés locales et des peuples autochtones qui dépendent de ces écosystèmes côtiers. Il est primordial de trouver un équilibre entre la conservation et l'utilisation durable.

La création d'AMP peut offrir un refuge aux herbiers de posidonies en limitant les activités nuisibles et en fournissant un environnement sûr pour le développement de ces écosystèmes benthiques essentiels. Des efforts de collaboration à différents niveaux sont nécessaires pour leur restauration et leur conservation. La lutte contre le changement climatique par la réduction des émissions de gaz à effet de serre est cruciale pour la survie à long terme de ces écosystèmes, car elle contribue à maintenir des conditions propices à leur croissance et à leur répartition. En outre, la mise en œuvre de pratiques de gestion durable des côtes, telles que la régulation des apports en nutriments, la protection des habitats côtiers et la réduction de la pollution, est essentielle pour la conservation des herbiers de posidonies.

Alors que le monde s'unit pour lutter contre la perte de biodiversité dans le cadre de l'initiative « 30 en 30 », la Méditerranée apparaît comme un microcosme des défis mondiaux en matière de biodiversité. Ses régions côtières, qui regorgent d'écosystèmes uniques, requièrent notre attention et notre engagement inébranlables en matière de conservation. La mission « 30 en 30 » offre à la Méditerranée l'occasion de mettre en valeur sa richesse écologique et son engagement en faveur de la durabilité. En encourageant les partenariats de collaboration, en respectant les droits des populations autochtones et en intégrant la conservation dans des paysages plus vastes, la Méditerranée peut servir de modèle pour atteindre cet objectif mondial essentiel.



**Figure 9 : Les îles Habibas en Algérie.** L'archipel emblématique des îles Habibas est reconnu comme première aire marine algérienne protégée ayant un statut juridique depuis 2004. Il s'agit également de la première ASPIM (aire spécialement protégée d'importance méditerranéenne) algérienne dotée d'un statut juridique, dans le cadre de la Convention de Barcelone.

En Méditerranée, le besoin de SfN est critique, et les **zones humides** offrent un énorme potentiel à cet égard. Pour exploiter le potentiel des zones humides en tant que SfN, une approche à deux volets est essentielle : la conservation des zones humides existantes et la restauration des zones dégradées. Les communautés locales, qui sont souvent les premiers gardiens de ces écosystèmes, doivent être au cœur de ces efforts, en associant les connaissances traditionnelles aux pratiques de conservation modernes. Des cadres réglementaires plus stricts sont essentiels. Il s'agit notamment de désigner davantage de zones humides dans le cadre de la convention de Ramsar, de mettre en place des zones tampon autour des zones humides critiques et d'appliquer des mesures de contrôle de la pollution plus strictes. Mais les politiques seules ne suffiront pas. Il est tout aussi important de sensibiliser, de promouvoir la recherche et d'encourager la collaboration entre les gouvernements, les ONG et le secteur privé. Les défis permanents de l'urbanisation, du changement climatique et de l'extraction des ressources requièrent des stratégies de gestion adaptatives qui répondent aux conditions changeantes. Ces stratégies doivent être holistiques et

intégrer la conservation des zones humides dans des plans de gestion des paysages et des bassins versants plus vastes.

La gestion efficace des **marais salants** méditerranéens implique d'équilibrer les efforts de conservation et les pratiques d'utilisation durable. Les stratégies peuvent inclure la restauration des habitats, la gestion des espèces envahissantes, les initiatives d'engagement communautaire et la protection des marais salants existants. La conservation des marais salants doit donner la priorité à la protection des habitats existants, car leur valeur écologique est souvent sous-estimée. Les efforts de préservation peuvent inclure la création d'aires protégées, la mise en œuvre de réglementations visant à empêcher la destruction des habitats et des programmes de surveillance pour évaluer la santé de l'écosystème. En outre, des campagnes de sensibilisation du public et des initiatives éducatives peuvent contribuer à souligner l'importance des écosystèmes de marais salants et à obtenir un soutien pour les mesures de conservation.

Malgré l'importance des **forêts côtières et des zones boisées** en termes de biens et de services écosystémiques, le rétrécissement de leur aire de répartition et leur régression floristique et structurelle en font un sujet immédiat d'études de restauration. La durabilité des forêts déjà protégées devrait être une priorité, et celles-ci devraient être utilisées comme parcelles de référence pour la restauration. Les espèces exotiques et envahissantes doivent être évitées, et des semences et des plants d'origine locale certifiée doivent être utilisés. Une attention particulière doit être accordée à la protection de la biodiversité et à la prévention de la perte de sol lors de la plantation et de la mécanisation du sol. Pour réduire le risque d'incendie, il convient de prendre en considération la modification du régime des incendies en favorisant la constitution d'un paysage plus résistant au feu. Enfin, toutes ces mesures devraient être liées à l'atténuation des effets négatifs du changement climatique. L'urbanisation et le tourisme sont encore des phénomènes courants en Méditerranée, mais ils devraient être planifiés en tenant compte de la valeur et de l'importance des forêts et des zones boisées côtières.

La gestion de la conservation des **dunes côtières** et leur restauration doivent se faire en aidant les processus naturels qui opèrent dans l'écosystème et non en les ignorant, et encore moins en allant à leur rencontre. Cela implique que les flux du système sédimentaire, tant éolien qu'aquatique, doivent toujours être assurés et jamais interrompus. Les travaux qui impliquent la construction d'éléments solides permanents, comme les maisons, les routes, etc., qui supposent l'enfouissement des dunes, doivent être totalement évités.

La protection de la santé et de la productivité des **aquifères côtiers** peut être assurée par la mise en œuvre de pratiques de la gestion intégrée des zones côtières, telles que la réglementation de l'utilisation des sols, la mise en œuvre de meilleures pratiques de gestion et l'établissement de zones tampon, afin de minimiser les risques potentiels de contamination. Un autre lien important entre les aquifères côtiers et la gestion des zones côtières est l'atténuation des risques côtiers. Les zones côtières sont sujettes aux catastrophes naturelles, notamment aux ondes de tempête, aux inondations et à l'élévation du niveau de la mer. Ces événements peuvent avoir des effets néfastes sur les aquifères côtiers, entraînant la salinisation et

l'intrusion d'eau salée dans les aquifères d'eau douce. Des approches appropriées de gestion des zones côtières, telles que la construction de structures de protection comme les digues, les digues de mer (mesures grises) et les bassins de recharge (SfN), peuvent contribuer à réduire la vulnérabilité des aquifères face à ces risques. En outre, la préservation et la restauration des écosystèmes côtiers naturels, tels que les zones humides et les dunes, peuvent constituer des zones tampon naturelles qui protègent les aquifères des effets des phénomènes météorologiques extrêmes.

Les pratiques de GIZC qui favorisent la conservation et la restauration de ces écosystèmes contribuent à la protection des zones de recharge des aquifères et au maintien de la qualité des eaux souterraines. En reconnaissant les interdépendances entre les aquifères et les écosystèmes côtiers, la gestion des zones côtières peut adopter une approche intégrée qui garantit la santé et la résilience à long terme de ces deux éléments.

Alors que les températures mondiales augmentent, et que le niveau de la mer augmente, ce qui constitue une menace importante pour les communautés et les écosystèmes côtiers, les aquifères côtiers contribuent également au maintien de ces derniers en alimentant le flux des eaux souterraines pour soutenir la végétation et maintenir l'équilibre écologique. La préservation et la restauration de ces écosystèmes grâce à des pratiques de gestion adaptative peuvent contribuer à renforcer leur résilience et à favoriser les efforts d'adaptation au changement climatique. L'intrusion d'eau de mer est son mouvement dans les aquifères d'eau douce en raison de processus naturels ou d'activités humaines. L'intrusion d'eau de mer est causée par la diminution du niveau des eaux souterraines ou par l'augmentation du niveau de l'eau de mer. Elle affecte la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes dépendant des eaux souterraines. Les aquifères côtiers jouent un rôle dans la réduction des effets de l'intrusion d'eau salée. L'élévation du niveau de la mer peut entraîner cette intrusion dans les ressources en eau douce, les rendant impropres à la consommation ou à l'irrigation. Cependant, les aquifères côtiers agissent comme une barrière naturelle contre l'intrusion d'eau salée, en maintenant une lentille d'eau douce sous la surface de la terre. En gérant soigneusement l'extraction des eaux souterraines et en mettant en œuvre des mesures visant à prévenir le surpompage, telles que des pratiques d'utilisation efficace de l'eau, les communautés côtières peuvent préserver l'intégrité de leurs aquifères et garantir un approvisionnement fiable en eau douce.

## **5.2. LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SPÉCIFIQUES**

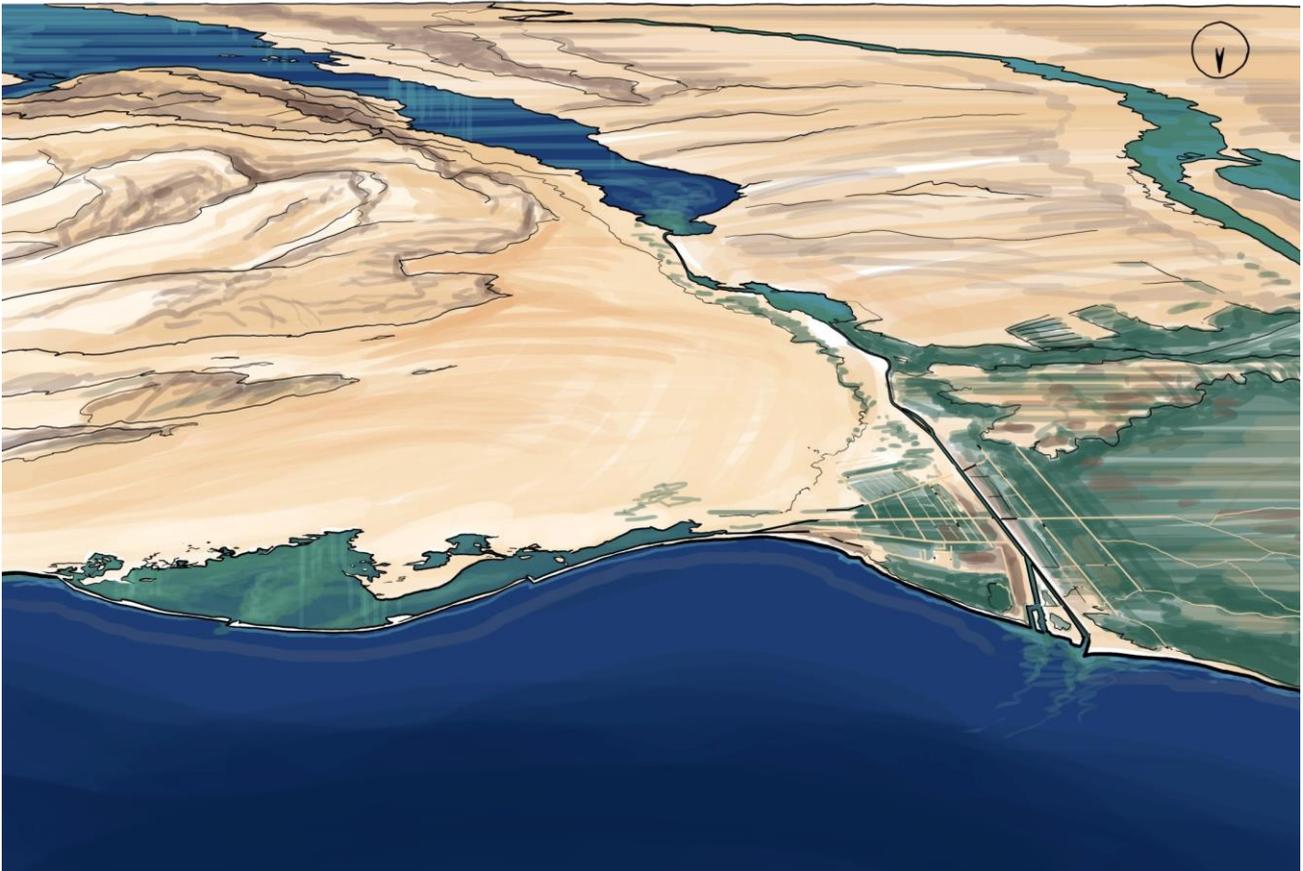
La restauration des écosystèmes consiste à inverser la dégradation des écosystèmes afin d'améliorer leur fonctionnalité écologique. Elle peut inclure la régénération naturelle d'écosystèmes surexploités ou la plantation d'arbres et d'autres plantes. Envisagez l'ingénierie écologique et la restauration écologique dans le cadre du processus de restauration. Dans les zones côtières méditerranéennes, celle-ci consiste à aider au rétablissement des écosystèmes qui ont été dégradés ou détruits, tout en sauvegardant ceux qui sont restés

intacts. Des écosystèmes côtiers plus sains, marqués par une biodiversité accrue, offrent de nombreux avantages, notamment une meilleure fertilité des sols, de meilleurs rendements en bois et en poisson et une plus grande résilience au changement climatique.

Diverses stratégies peuvent être employées pour restaurer les écosystèmes le long de la côte méditerranéenne, allant d'interventions actives telles que la plantation à la récupération naturelle en réduisant les pressions externes. Toutefois, il est essentiel de trouver un équilibre entre les activités humaines, telles que l'agriculture et les infrastructures, et la conservation écologique. Il n'est pas toujours possible ou souhaitable de ramener un écosystème côtier à son état d'origine. Au contraire, les écosystèmes côtiers, comme les sociétés, doivent s'adapter aux changements climatiques tout en mettant l'accent sur des pratiques durables pour une coexistence résiliente et harmonieuse le long du littoral méditerranéen.

La restauration des **zones humides** dans la zone côtière méditerranéenne est une initiative essentielle visant à réhabiliter et à conserver ces écosystèmes vitaux. Les zones humides jouent un rôle crucial dans le maintien de la biodiversité, la régulation des flux d'eau et la fourniture de divers services écosystémiques. Dans le contexte méditerranéen, où les zones humides sont menacées par l'urbanisation, l'expansion agricole et le changement climatique, les efforts de restauration se concentrent sur le rétablissement de l'équilibre et des fonctions naturelles de ces zones côtières sensibles.

En Méditerranée, afin que les zones humides soient efficaces en tant que SfN, il est essentiel d'intégrer leur protection, leur restauration et leur gestion durable dans les stratégies régionales et nationales d'adaptation au changement climatique. Les politiques qui soutiennent la conservation des zones humides existantes, la restauration des zones dégradées et l'utilisation durable des ressources des zones humides sont également essentielles. La Convention de Ramsar sur les zones humides fournit un cadre international pour leur conservation et leur utilisation rationnelle, qui pourrait être mis à profit en Méditerranée dans le cadre des stratégies d'adaptation au changement climatique.



**Figure 10 : Le lac Bardawil en Égypte.** L'exemple de restauration d'une zone humide - ce projet ambitieux vise à restaurer les zones humides au nord de la péninsule du Sinaï, raviver son écosystème et réintroduire des espèces indigènes.

L'importance des zones humides en tant que SfN devient de plus en plus évidente. En donnant la priorité à leur protection et à leur restauration, non seulement nous sauvegardons leurs valeurs intrinsèques, mais nous exploitons également leur potentiel pour relever certains des défis environnementaux et climatiques les plus urgents. Compte tenu des multiples avantages qu'offrent les zones humides en matière de conservation de la biodiversité, de lutte contre les inondations, de protection des côtes, de séquestration du carbone, d'amélioration de la qualité de l'eau et de soutien aux moyens de subsistance, elles constituent en effet des solutions précieuses pour l'adaptation au changement climatique dans le bassin méditerranéen et ailleurs. Les approches de gestion intégrée et durable sont essentielles pour maximiser ces avantages et garantir la résilience des écosystèmes des zones humides. Des efforts tels que l'Initiative pour les zones humides méditerranéennes (MedWet) soulignent l'importance régionale accordée à la conservation de ces écosystèmes inestimables. Il est essentiel d'intégrer les communautés locales dans les stratégies de conservation, de promouvoir des pratiques agricoles durables et d'encourager la collaboration transfrontalière. En outre, compte tenu de la complexité du tissu socio-écologique de la région, les stratégies doivent tenir compte de la restauration tant écologique que culturelle.

Les initiatives de restauration visent à améliorer la **biodiversité** en réintroduisant des espèces végétales indigènes, en créant des habitats pour la faune aquatique et terrestre et en favorisant la résilience écologique. Des efforts sont faits afin de restaurer les schémas naturels d'écoulement de l'eau, de contrôler la qualité de l'eau et de prévenir une sédimentation excessive. La restauration des processus hydrologiques est primordiale pour la santé globale des écosystèmes des zones humides. Les projets de restauration se concentrent souvent sur l'établissement de la connectivité entre les zones humides fragmentées. Cela facilite le mouvement des espèces et favorise la diversité génétique, contribuant ainsi à la santé globale de l'écosystème. L'implication des communautés locales dans les projets de restauration est essentielle à leur réussite. La participation communautaire contribue non seulement à la gestion durable des zones humides, mais sensibilise également à l'importance de ces écosystèmes.

Les efforts de conservation visant à protéger les **mares temporaires méditerranéennes** gagnent du terrain. Voici quelques stratégies employées pour sauvegarder ces écosystèmes uniques : les projets de restauration se concentrent sur la recréation ou l'amélioration de ces mares dans les zones où elles ont été perdues ou dégradées. En recréant l'hydrologie naturelle et les communautés végétales, les efforts de restauration visent à rétablir les caractéristiques essentielles de ces écosystèmes. Il est essentiel de sensibiliser le public à l'importance écologique de ces mares.



**Figure 11 : Comino, Malte.** Le projet de restauration des étangs côtiers d'eau douce.

Les programmes d'éducation et l'engagement de la communauté peuvent aider à obtenir un soutien pour les initiatives de conservation et encourager des pratiques responsables d'utilisation des terres. Certaines mares bénéficient d'une protection juridique grâce à des accords de conservation nationaux et internationaux. La Convention de Ramsar, par exemple, reconnaît l'importance écologique de ces mares et encourage leur conservation. Les efforts de contrôle et de gestion des espèces envahissantes dans et autour de ces mares sont essentiels pour maintenir l'intégrité de ces écosystèmes. Il peut s'agir d'éliminer les plantes envahissantes ou de mettre en place des barrières pour empêcher l'introduction d'espèces envahissantes. La mise en œuvre de mesures visant à réduire la pollution et à maintenir la qualité de l'eau dans ces mares est vitale. Les pratiques agricoles durables, les zones tampon et les mesures de contrôle de la pollution peuvent toutes contribuer à l'amélioration de la santé de ces écosystèmes.

Les projets de **restauration des herbiers marins** visent à rétablir les habitats des herbiers et à favoriser la reconstitution des espèces marines associées. Des efforts sont actuellement déployés pour restaurer les herbiers de posidonies par la transplantation d'herbes marines. Il s'agit de déraciner avec précaution des pousses saines d'herbes marines provenant d'herbiers donateurs et de les transplanter dans des zones où les herbes marines ont disparu. Face aux défis croissants, la forêt marine Red Eléctrica apparaît comme une initiative pionnière. Situé à Majorque, ce projet vise à restaurer les prairies marines de *Posidonia oceanica*, une entreprise d'envergure mondiale. Ses objectifs sont multiples : la conservation de la biodiversité, la promotion de la recherche et du développement, et un engagement en faveur de l'atténuation du changement climatique. Le projet s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'engagement 2030 de Red Eléctrica en matière de développement durable, soulignant l'implication croissante du monde de l'entreprise dans la sauvegarde de ces écosystèmes vitaux.

Dans les projets de restauration des **dunes**, il convient d'utiliser uniquement des espèces appartenant à des communautés naturelles, qui doivent toujours disposer d'un certificat d'origine garantissant leur proximité géographique. N'utilisez jamais d'espèces exotiques ou de plantes originaires de lieux ou de régions éloignés. L'implantation de communautés indigènes favorisera la stabilisation naturelle de la dune. Un exemple notable de restauration des dunes se trouve en Italie, dans la région de l'embouchure du Bevano. Les résultats démontrent l'efficacité des clôtures de dunes pour favoriser le dépôt de sable et la croissance de la végétation, réduire les éruptions et l'érosion tout en améliorant la résilience globale du littoral (CAR/PAP, 2021).

L'invasion des **espèces exotiques envahissantes** et son impact négatif peuvent être évités ou atténués grâce à une surveillance opportune et à une gestion efficace. Actuellement, il existe de nombreux cadres décisionnels et approches pour soutenir la gestion des espèces exotiques envahissantes à tous les stades du processus d'invasion biologique (IPBES, 2023). Cependant, il ne fait aucun doute que la prévention est l'option la meilleure et la plus rentable. Une évaluation des risques conforme à une approche de précaution peut également s'avérer efficace pour orienter les mesures de gestion, y compris l'utilisation de

technologies nouvelles, émergentes et respectueuses de l'environnement. La détection précoce, l'éradication, le confinement et le contrôle sont également efficaces dans des contextes spécifiques (IPBES, 2023). Dans les écosystèmes côtiers, toutes ces étapes peuvent s'avérer particulièrement difficiles lorsqu'ils sont situés à proximité de la mer ou reliés à celle-ci, car les propagules exotiques transportées par la mer sont susceptibles d'arriver en permanence. En outre, dans des écosystèmes particulièrement fragiles comme les dunes côtières, les efforts d'éradication pourraient s'avérer largement inefficaces, car le substrat sablonneux lâche peut « dissimuler » de nombreuses propagules exotiques. L'éradication a été couronnée de succès, en particulier pour les populations d'espèces exotiques envahissantes de petite taille et à propagation lente, notamment dans les écosystèmes isolés tels que les îles méditerranéennes. La surveillance régulière et à long terme des sites joue un rôle essentiel dans la détection précoce des espèces exotiques envahissantes, y compris dans les cas de réinvasion, et peut guider les mesures de gestion ultérieures.

### 5.3. LES PLANS CÔTIERS

La mise en œuvre de stratégies de GIZC, telles que les zones non constructibles et l'aménagement durable du territoire, peut constituer une mesure efficace pour sauvegarder les caractéristiques naturelles du littoral et atténuer la construction incontrôlée dans les zones exposées aux aléas. Afin de relever les défis posés par le changement d'utilisation des terres et l'urbanisation dans la zone côtière méditerranéenne, il faut adopter une approche à multiples facettes qui concilie le développement urbain et la conservation de l'environnement :

La mise en œuvre de pratiques d'**urbanisme durable** peut contribuer à minimiser l'empreinte écologique des villes. Des villes compactes et bien conçues peuvent réduire la demande de terres et de ressources. La **gestion intégrée des ressources en eau** est essentielle pour garantir l'utilisation durable de l'eau douce et la prévention de la surexploitation des eaux souterraines. Cela inclut la mise en œuvre de technologies et de mesures de conservation efficaces en matière d'utilisation de l'eau. Les gouvernements et les autorités doivent également réglementer et contrôler les **activités d'extraction de sable** afin de minimiser les impacts sur l'environnement. Des alternatives durables à son extraction traditionnelle devraient également être explorées. En outre, les **innovations agricoles** devraient être encouragées : les variétés de cultures économes en eau et tolérantes au sel, ainsi que les techniques d'irrigation améliorées, peuvent améliorer la production alimentaire tout en minimisant les dommages causés à l'environnement. Le développement d'un **portefeuille énergétique diversifié** comprenant des énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire et éolienne, peut réduire la dépendance à l'égard des barrages hydroélectriques tout en atténuant les perturbations écologiques.

Il est essentiel de **protéger et de restaurer les écosystèmes des estuaires**. Il s'agit notamment de préserver les processus naturels de transport des sédiments, de gérer l'utilisation des terres dans les zones deltaïques

et de contrôler la pollution. La **restauration des dunes** et des plages **naturelles** peut servir de tampon contre l'érosion côtière et les inondations. La **plantation de végétation indigène** contribue à stabiliser ces écosystèmes. La **restauration des zones humides** le long des côtes peut absorber l'excès d'eau, réduire l'énergie des vagues et fournir un habitat vital aux espèces côtières. Les **littoraux vivants** intègrent des matériaux naturels tels que les récifs d'huîtres, les herbiers marins et les marais salants afin de stabiliser les côtes et de fournir un habitat tout en absorbant l'énergie des vagues. La relocalisation planifiée des communautés côtières vulnérables loin des zones exposées aux aléas peut réduire les risques et promouvoir la résilience à long terme. Le **reboisement des zones riveraines** le long des cours d'eau peut réduire le ruissellement des sédiments et les inondations, améliorant ainsi la qualité de l'eau et la résilience.

Une gestion efficace des **côtes entièrement artificielles** requiert des stratégies environnementales à long terme associées à un engagement politique et socio-économique fort. Les efforts d'atténuation doivent se concentrer sur les impacts négatifs tels que l'imperméabilisation des sols, la pollution et la perturbation des écosystèmes côtiers. Si l'intégration des SfN peut se heurter à des difficultés, il convient néanmoins de s'efforcer d'incorporer des éléments naturels dans la mesure du possible.

En mettant en œuvre des stratégies de gestion ciblées et en intégrant les SfN, les parties prenantes peuvent œuvrer à l'amélioration de la durabilité des **zones côtières modérément artificielles**. Par exemple, la restauration des communautés littorales et benthiques nécessiterait des mesures de qualité de l'eau, qui est souvent affectée par des utilisations industrielles négatives. La *posidonie* et d'autres espèces qui stabilisent l'environnement proche du littoral peuvent contribuer à atténuer la prolifération des algues dans ces régions.

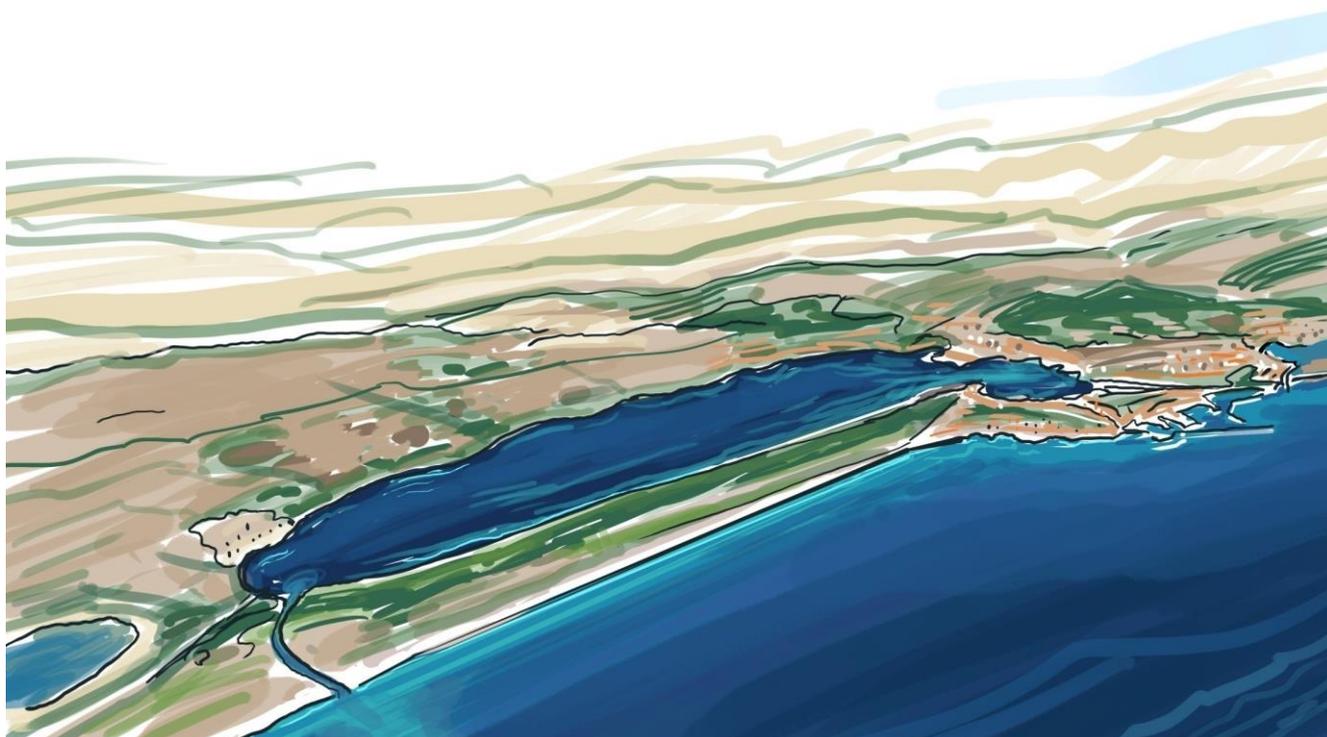
**Les côtes urbanisées à faible densité** nécessitent une gestion efficace, qui implique de reconnaître le potentiel des corridors écologiques au sein d'un développement urbain dispersé. Les SfN peuvent être intégrés dans les pratiques de planification afin de promouvoir la durabilité environnementale. Il s'agit par exemple de zones où l'étalement urbain à faible densité est intégré aux forêts, ce qui permet de préserver les écosystèmes naturels et de promouvoir les corridors de biodiversité. En mettant en œuvre des stratégies de gestion ciblées et en intégrant les SfN, les parties prenantes peuvent œuvrer à l'amélioration de la durabilité de ces zones côtières.

Il est essentiel de reconnaître l'interaction dynamique entre les processus naturels et les activités humaines en vue de gérer efficacement le **littoral en transition**. Les stratégies peuvent inclure des interventions qui s'appuient sur la résilience de la nature afin de restaurer des systèmes naturels fonctionnels, comme la recharge des plages ou la restauration des habitats. Les exemples incluent les zones côtières où les processus naturels sont gérés en réponse à l'évolution des conditions environnementales ou des risques côtiers. En mettant en œuvre des stratégies de gestion adaptative et en intégrant les SfN, les parties prenantes peuvent améliorer la résilience et la durabilité de ces environnements côtiers dynamiques.

L'élévation du niveau de la mer dans la zone côtière méditerranéenne représente un défi à multiples facettes qui nécessite une action immédiate et une approche globale. Les SfN offrent une voie prometteuse pour atténuer les effets de l'élévation du niveau de la mer tout en renforçant la résilience des systèmes naturels et humains. Afin de préserver les diverses typologies du littoral de la Méditerranée, il est impératif d'intégrer les SfN dans les stratégies régionales et nationales et de collaborer au-delà des frontières pour répondre à cette préoccupation commune. En adoptant les SfN et en s'engageant dans des efforts ambitieux d'atténuation du changement climatique, la région méditerranéenne peut œuvrer pour un avenir durable et résilient face à l'élévation du niveau de la mer.

La zone côtière méditerranéenne se trouve à un moment critique, confrontée aux défis de l'urbanisation, du changement d'utilisation des terres et de leurs conséquences environnementales considérables. Il est essentiel de trouver un équilibre entre le développement urbain et la conservation afin d'assurer la durabilité et la résilience de la région. Grâce à une planification urbaine durable, une gestion responsable des ressources et un engagement à préserver les écosystèmes naturels, la zone côtière méditerranéenne peut prospérer tout en protégeant son environnement unique pour les générations futures.

Le concept de **zone non constructible**, une bande le long du littoral où la construction est soit interdite, soit fortement limitée, est un aspect fondamental du protocole de gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Il sert à soutenir les objectifs du protocole, notamment la préservation de la nature et de l'intégrité des paysages côtiers, l'atténuation des risques liés aux processus naturels tels que l'érosion et le changement climatique, et la garantie de l'accès du public aux zones côtières pour des activités récréatives. Dans le contexte du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer, la zone non constructible apparaît comme une mesure cruciale « à faible regret ». Ces mesures sont relativement peu coûteuses et produisent des avantages sociaux substantiels. En éloignant les nouveaux aménagements des zones inondables, les zones non constructibles contribuent non seulement à l'adaptation au changement climatique, mais apportent également de multiples avantages économiques et sociaux.



**Figure 12 : Le littoral entre Sète et Marseillan en France.** Ce projet stratégique consiste à gérer le recul de la route côtière et à restaurer les plages et les dunes afin de lutter contre l'érosion actuelle et future et préserver l'équilibre écologique de ce système côtier fragile.

La mise en place de zones non constructibles améliore la sécurité, augmente la capacité d'accueil des plages et favorise les activités économiques, constituant ainsi une ressource précieuse pour les populations locales et le tourisme. En outre, ces zones améliorent l'offre touristique, augmentant potentiellement le revenu global, tout en bénéficiant aux capacités résidentielles et touristiques de l'arrière-pays grâce à l'accès pratique qu'elles fournissent aux équipements publics situés le long de la côte. La création d'une trame verte le long de la plage améliore encore le confort face à la hausse des températures, en offrant des espaces ouverts dont les habitants et les visiteurs peuvent profiter. Essentiellement, les zones non constructibles côtières représentent une solution gagnant-gagnant, équilibrant la préservation de l'environnement, la réduction des risques et le développement socio-économique le long des zones côtières.

#### **5.4 LES SOLUTIONS INNOVANTES POUR L'AGRICULTURE**

La région méditerranéenne est confrontée à une multitude de défis dans le domaine de l'agriculture, exacerbés par le changement climatique, la croissance démographique, la contamination et la dégradation des sols. Il est impératif d'adopter des approches de planification innovantes afin de relever ces défis et

promouvoir l'agriculture durable. Cette partie explore les défis agricoles uniques de la zone côtière méditerranéenne et décrit les meilleures pratiques et stratégies pour l'avenir, notamment la diversification des cultures, la conservation des sols, l'agriculture régénérative, l'agroforesterie, l'agriculture biologique et la gestion de l'eau. Dans ce contexte, il convient de souligner l'importance de l'intégration des principes agroécologiques et des connaissances traditionnelles afin d'assurer la durabilité agricole à long terme.

La zone côtière méditerranéenne est une région d'une grande importance écologique et agricole. Cependant, elle est confrontée à de nombreux défis, notamment la pénurie d'eau (l'agriculture est le plus grand consommateur d'eau en Méditerranée), la salinisation des eaux souterraines, la dégradation des sols, l'épuisement des ressources (par exemple, la question du phosphore) et les effets du changement climatique. Face à ces enjeux pressants, une planification innovante de l'agriculture est essentielle pour garantir la sécurité alimentaire, la préservation de l'environnement et le bien-être des communautés locales.

Pour relever tous ces défis, il est essentiel d'adopter des stratégies de planification innovantes. L'abandon de la monoculture au profit de **cultures diversifiées** réduit le risque de parasites et de maladies, améliore la santé des sols et la résilience globale. La réduction du travail du sol, les cultures de couverture et l'ajout de matières organiques contribuent à améliorer la fertilité, la structure et la rétention de l'humidité des sols. Des systèmes efficaces de stockage et de distribution de l'eau, associés à l'utilisation de variétés de cultures résistantes à la sécheresse, sont essentiels pour une **gestion durable de l'eau**. La priorité donnée aux pratiques **agricoles biologiques** améliore la santé des sols, réduit les intrants synthétiques et favorise la biodiversité. La promotion des principes de **l'agroécologie**, notamment la perturbation minimale des sols, la rétention des résidus de culture et la séquestration du carbone, favorise l'agriculture durable et la biodiversité. Une observation cruciale est que les écosystèmes naturels maintiennent généralement une **couverture du sol** avec de la biomasse vivante ou morte. Cette pratique permet de maintenir un sol vivant et riche en humus et de le protéger des conditions climatiques difficiles, réduisant ainsi les perturbations, l'érosion et la dégradation du sol. L'intégration de la plantation d'arbres et de systèmes **agroforestiers** dans l'agriculture améliore la qualité des sols, fournit de l'ombre et accroît la biodiversité. En outre, les systèmes agroforestiers se sont révélés plus résistants aux effets du changement climatique, s'adaptant mieux aux fluctuations de température, aux sécheresses et aux stress biotiques. Ils contribuent à améliorer la durabilité et l'efficacité des ressources dans l'agriculture. La mise en œuvre de mesures de **contrôle de l'érosion**, telles que l'aménagement de terrasses et la plantation de végétation, prévient l'érosion des sols et la dégradation des terres.

Enfin, il est tout aussi important d'améliorer le **renforcement des capacités**, c'est-à-dire de fournir aux agriculteurs un accès à l'information, à des technologies résistantes au climat et à des informations sur le marché, afin d'améliorer leurs connaissances et leurs compétences en matière d'agriculture durable. Pour favoriser une planification innovante de l'agriculture méditerranéenne, les décideurs politiques devraient

envisager les recommandations suivantes : promouvoir les principes de l'agroécologie et la régénération des sols ; encourager l'utilisation de variétés de plantes indigènes ou traditionnelles résistantes à la sécheresse ; soutenir les agriculteurs en transition vers l'agriculture biologique ; renforcer les moyens de subsistance des petits agriculteurs pour assurer la sécurité alimentaire ; intégrer les connaissances traditionnelles dans la gestion agricole ; renforcer la recherche multidisciplinaire sur l'agriculture durable ; faciliter la coopération intersectorielle et internationale.

**Exemple** : Parmi les initiatives innovantes, on peut citer le projet agroécologique de la Tour du Valat dans la Camargue gardoise, qui est un exemple de planification innovante. Ce projet combine les principes de l'agroécologie et de la permaculture pour réduire les intrants chimiques, promouvoir les ressources renouvelables et améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Le suivi permet de surveiller les impacts du projet sur la biodiversité, la qualité des sols, la séquestration du carbone et l'économie, en mettant l'accent sur une approche holistique de la durabilité.

La zone côtière méditerranéenne se caractérise par un mélange unique de beauté naturelle, de riche biodiversité et d'héritage culturel. Cependant, il s'agit également d'une région sensible à la **désertification**, en particulier dans les zones où les facteurs de stress environnementaux convergent. La désertification, processus par lequel des terres fertiles deviennent désertiques en raison de divers facteurs tels que le changement climatique, la déforestation et la gestion non durable des terres, constitue une menace importante pour la zone côtière méditerranéenne. Ce problème complexe et multiforme est influencé par toute une série de facteurs, notamment la variabilité du climat, les pratiques de gestion des terres, la pression démographique, etc. Dans la région méditerranéenne, la désertification et la dégradation des sols sont plus actives ou plus prononcées dans des zones spécifiques qui sont particulièrement vulnérables à ces processus. Voici quelques-uns des principaux facteurs contribuant à la désertification dans la zone côtière méditerranéenne :

**La variabilité du climat**, notamment les sécheresses prolongées et les irrégularités des régimes pluviométriques, aggrave l'érosion et la dégradation des sols. La région méditerranéenne est connue pour son climat semi-aride à aride, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers relativement doux et humides. Les **pratiques non durables de gestion des terres**, telles que le surpâturage, la déforestation et les techniques agricoles inappropriées, contribuent à l'appauvrissement et à l'érosion des sols. La **croissance rapide de la population** et l'urbanisation dans les zones côtières exercent une pression supplémentaire sur la terre et ses ressources. L'augmentation de la construction, de la demande en eau et du développement touristique peut entraîner la destruction de l'habitat et la dégradation des sols. L'**érosion**, un processus naturel, devient problématique lorsqu'elle dépasse la capacité du sol à se régénérer. Les zones côtières, dont les écosystèmes sont fragiles, sont particulièrement vulnérables à l'érosion causée par les fortes pluies et les tempêtes. L'introduction d'**espèces végétales envahissantes** peut perturber les écosystèmes indigènes, supplanter la végétation indigène et contribuer à la dégradation des sols.

Pour lutter contre la désertification dans la zone côtière méditerranéenne, une approche holistique intégrant les SfN gagne du terrain. Les SfN sont des pratiques de gestion durable des terres qui exploitent le pouvoir de la nature pour restaurer les écosystèmes, améliorer la résilience et atténuer les impacts de la désertification. Voici quelques stratégies SfN qui peuvent être utilisées dans cette région.

**Le reboisement et le boisement** : Les interventions sylvicoles impliquant la plantation d'arbres et d'arbustes indigènes peuvent contribuer à restaurer les zones côtières dégradées. Ces arbres fournissent des services écosystémiques essentiels, tels que la stabilisation des sols, la prévention de l'érosion et l'amélioration de la biodiversité.

**L'agroforesterie** : L'intégration d'arbres dans les paysages agricoles par l'adoption des pratiques agroforestières peut améliorer la fertilité des sols, augmenter la rétention d'eau et fournir aux agriculteurs des sources de revenus supplémentaires.

**Le pâturage durable** : La pratique du pâturage en rotation et la restauration des prairies indigènes peuvent prévenir le surpâturage et le compactage des sols, préservant ainsi la santé des sols.

**La conservation des sols** : Les pratiques utilisées pour protéger le sol contre l'érosion, telles que l'étagement, la culture en courbes de niveau et l'implantation de cultures de couvertures, contribuent à la protection contre l'érosion des sols et la dégradation des terres.

**La gestion de l'eau** : La mise en œuvre des pratiques de gestion durable de l'eau, notamment la collecte des eaux de pluie et la construction de barrages de retenue, peut améliorer la disponibilité de l'eau et recharger les aquifères.

**La conservation de la biodiversité** : La protection et la restauration des écosystèmes naturels, tels que les zones humides côtières et les systèmes dunaires, favorisent la biodiversité et renforcent la résilience des écosystèmes.

**L'engagement communautaire** : L'implication des communautés locales dans les pratiques de gestion durable des terres et la sensibilisation des communautés à l'importance de la lutte contre la désertification sont cruciales pour le succès des SfN.

Pour lutter efficacement contre la désertification, il est essentiel de surveiller et d'évaluer les processus de dégradation des terres et l'impact des SfN. Les technologies de télédétection, les systèmes d'information géographique (SIG) et les enquêtes sur le terrain jouent un rôle crucial dans l'évaluation du succès des interventions de SfN.

## 5.5 L'ATTÉNUATION DE L'ÉROSION CÔTIÈRE

L'utilisation de SfN permet d'atténuer l'érosion dans la zone côtière méditerranéenne. Parmi les stratégies possibles, il convient de citer la restauration de la couverture végétale indigène qui aide à stabiliser le sol, à prévenir l'érosion et à améliorer la biodiversité. Les forêts côtières et les zones boisées agissent comme des brise-vent et protègent contre l'érosion éolienne. Par ailleurs, la réglementation joue un rôle décisif : il faut faire respecter les réglementations en matière de zonage et d'utilisation des sols qui protègent les dunes côtières et limitent la construction et le développement dans les zones vulnérables. Il convient de mettre en œuvre des pratiques de gestion des plages qui limitent l'accès aux zones dunaires et découragent les activités telles que l'utilisation de véhicules tout-terrain et l'extraction de sable, qui exacerbent l'érosion éolienne.

Il faut ensuite sensibiliser les communautés locales et les touristes à l'importance de la protection des dunes et d'un comportement responsable sur les plages afin d'éviter toute perturbation inutile. Il faut aussi surveiller en permanence les conditions côtières et l'efficacité des mesures de contrôle de l'érosion. Ensuite, il est nécessaire d'adapter les stratégies en fonction du changement des facteurs environnementaux.

Les banquettes de posidonies constituent des défenses côtières naturelles qui améliorent la formation des dunes, stabilisent les côtes, favorisent la biodiversité et minimisent l'érosion des plages. Cependant, ces écosystèmes précieux sont souvent éliminés en raison de mauvaises pratiques de gestion et de préoccupations esthétiques, en dépit de leurs avantages significatifs.

## 5.6 LE RÉENSAUVAGEMENT

Le réensauvagement de la partie terrestre de la zone côtière méditerranéenne représente une approche de conservation à multiples facettes visant à restaurer les habitats naturels, à rétablir les processus écologiques et à améliorer la biodiversité. Cette partie explore les principes et les pratiques du réensauvagement dans cet écosystème unique, en soulignant son potentiel pour atténuer la dégradation de l'habitat, promouvoir la résilience des espèces et favoriser les pratiques de gestion durable des terres. En réintroduisant des espèces indigènes, en gérant les écosystèmes de manière dynamique et en impliquant les communautés locales, les initiatives de réensauvagement dans la zone côtière méditerranéenne contribuent à la préservation de la biodiversité et à la promotion d'écosystèmes résilients face aux défis environnementaux actuels.



**Figure 13 : Le trait de côte à Scerni, en Italie.** Il abrite de nombreuses espèces végétales devenues rares sur le reste de la côte adriatique en raison de l'urbanisation extensive, de la fragmentation et de l'altération des habitats. Ces projets récents de réensauvagement visent à préserver les espèces et les écosystèmes menacés et à promouvoir un tourisme respectueux de l'environnement afin de redécouvrir, de comprendre et de conserver le *genius loci*, c'est-à-dire l'identité la plus profonde qui caractérise le territoire.

La zone côtière méditerranéenne, en raison de sa beauté captivante et de son importance écologique, est depuis longtemps un centre d'activité humaine et d'industrialisation. Si ces activités ont entraîné une croissance économique, elles ont également laissé dans leur sillage une dégradation de l'environnement. Les activités industrielles abandonnées ont conduit à une pollution persistante, menaçant la santé humaine, la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Toutefois, dans le but de rajeunir ces paysages autrefois dégradés, la **réutilisation des friches industrielles** est apparue comme une solution prometteuse.

Autrefois ressenties comme une charge, les friches industrielles sont aujourd'hui considérées comme des opportunités. Le concept de leur réutilisation consiste à réaffecter ces lieux laissés à l'abandon ou sous-utilisés à de nouvelles utilisations durables. Cette approche permet non seulement de récupérer des terres, mais aussi de revitaliser les communautés et les écosystèmes. Si la réutilisation des friches industrielles est porteuse d'espoir et d'opportunités, la réussite de ces projets dépend de l'intégration de plans de restauration. Ceux-ci servent de feuille de route pour la revitalisation de l'écosystème, garantissant que les terres récupérées prospèrent en tant qu'habitats sains et fonctionnels.

L'assainissement et la restauration de l'environnement sont des impératifs, et il est urgent de s'attaquer à l'héritage de la contamination dans la zone côtière méditerranéenne. Les pratiques d'assainissement de l'environnement sont essentielles pour atténuer les menaces immédiates que représentent les friches industrielles. L'assainissement peut comprendre la dépollution des sols et des eaux souterraines, le confinement des contaminants et des mesures de réduction des risques pour protéger la santé humaine. Cependant, une approche globale va au-delà de l'assainissement. Les plans de restauration jouent un rôle déterminant dans l'inversion de la tendance à la dégradation et dans le rétablissement de l'équilibre écologique de ces zones. La restauration vise à redonner vie à ces paysages, en les transformant en écosystèmes vivants et sains, capables de fournir des biens et des services précieux à la fois à la nature et à la société.

Voici deux exemples marquants de réutilisation de friches industrielles dans la zone côtière méditerranéenne. Le front de mer emblématique de Barcelone abritait autrefois des installations industrielles. Aujourd'hui, il a été transformé en un quartier culturel et récréatif prospère, témoignant du potentiel de la réutilisation de ces friches. L'héritage industriel du port de Marseille a également été repensé grâce à d'ambitieux projets de rénovation urbaine. Ces efforts ont non seulement permis d'assainir des zones polluées, mais aussi de donner naissance à des espaces urbains innovants.

## 5.7 LES SOLUTIONS URBAINES FONDÉES SUR LA NATURE

Les SfN sont très pertinents et bénéfiques pour les villes côtières, car ils offrent des moyens efficaces de relever les différents défis associés aux zones côtières urbaines. Deux des SfN les plus largement applicables et ayant le plus d'impact sur les villes côtières sont :

**Les infrastructures naturelles** : Cette approche soutient les systèmes et les caractéristiques naturels afin d'apporter des solutions aux inondations côtières, à l'érosion et au ruissellement. Elle comprend souvent la protection et la restauration de caractéristiques naturelles essentielles telles que les zones humides et les dunes de sable. L'infrastructure naturelle imite les processus naturels tels que la capacité des zones humides à absorber et à ralentir les eaux de crue, ce qui en fait un moyen rentable et respectueux de l'environnement de protéger les communautés côtières. Par exemple, les zones humides peuvent agir comme des éponges naturelles, absorbant l'excès d'eau pendant les tempêtes et contribuant à réduire les inondations dans les zones urbaines.

**Les infrastructures vertes** : Elles impliquent la planification stratégique et la gestion des zones naturelles et semi-naturelles dans les environnements urbains afin de fournir un large éventail de services écosystémiques. Cette approche va au-delà des parcs et des espaces verts traditionnels et inclut des éléments tels que les chaussées poreuses, les toits verts, les jardins de pluie, les rigoles végétalisées, etc. Les infrastructures vertes permettent de gérer les eaux pluviales, de réduire les effets de l'îlot de chaleur

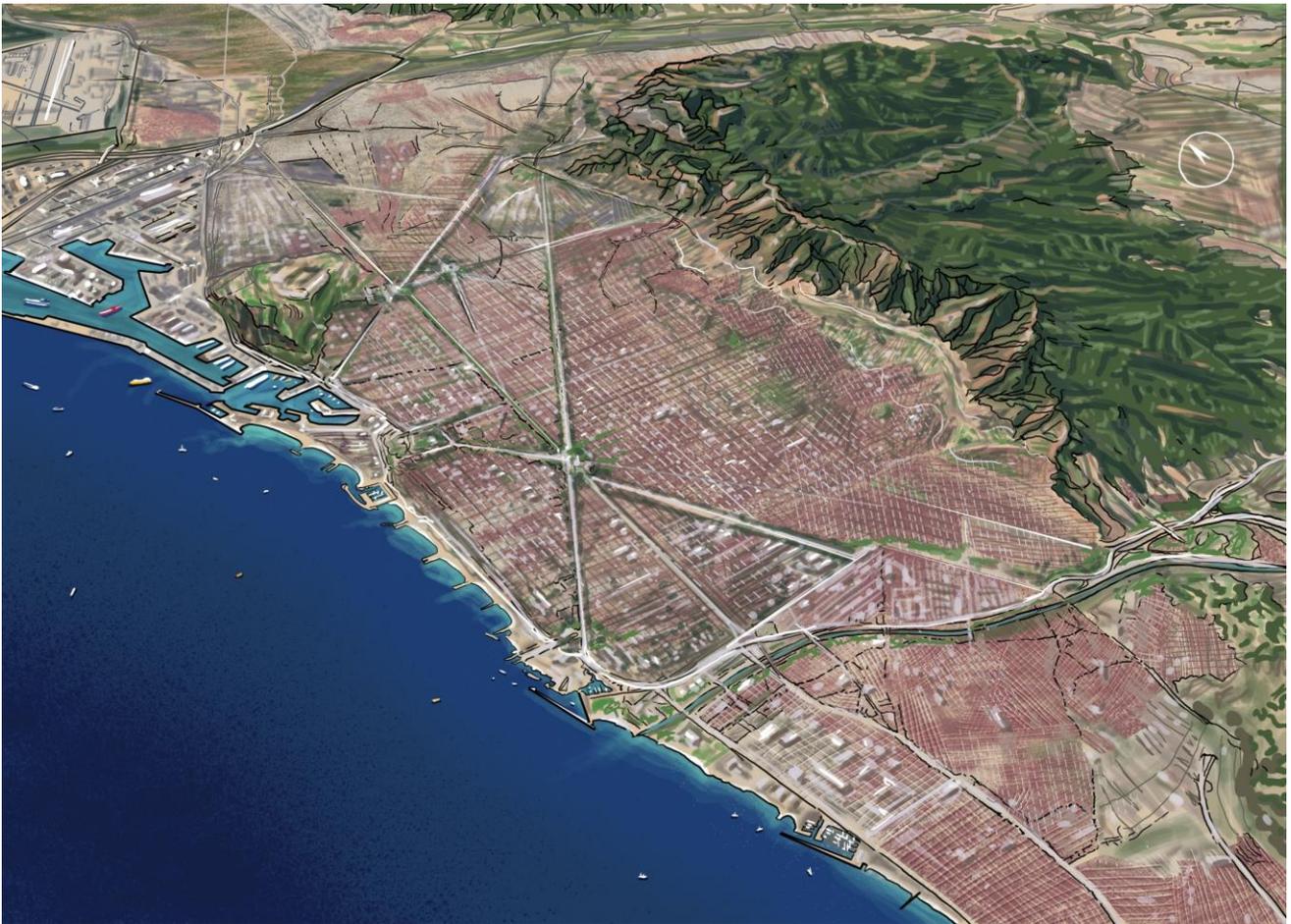
urbain, d'améliorer la qualité de l'air et de renforcer la résilience globale des villes. Elles encouragent l'intégration de la nature dans le tissu urbain et favorisent un environnement urbain plus durable et plus vivable. En s'inspirant de cet exemple, une vaste ceinture de roseaux a été plantée sur 70 kilomètres de côte à Alexandrie.

Les deux approches SfN s'alignent sur les principes de durabilité et de résilience, en relevant non seulement les défis environnementaux, mais aussi en améliorant la qualité de vie des résidents urbains. Elles contribuent à la protection de la biodiversité, à l'amélioration des services écosystémiques et à la création d'espaces naturels plus accessibles et plus agréables dans les villes. Dans les villes côtières, ces SfN peuvent jouer un rôle décisif dans l'atténuation des effets du changement climatique, notamment l'élévation du niveau de la mer et la multiplication des tempêtes, tout en améliorant l'environnement urbain et le bien-être des habitants.

Le Programme des Nations unies pour les établissements humains (ONU-Habitat) joue un rôle important dans la promotion de l'urbanisation durable et la résolution des problèmes urbains dans les villes du monde entier, y compris celles situées le long de la côte méditerranéenne. L'une des stratégies essentielles employées dans cette initiative est le concept d'infrastructure verte, un réseau bien conçu de zones naturelles et semi-naturelles intégrées à des caractéristiques environnementales.

Ce réseau est méticuleusement planifié et géré afin de fournir une série de services écosystémiques, notamment la purification de l'eau, l'amélioration de la qualité de l'air, les espaces récréatifs, l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à celui-ci, ainsi que la gestion efficace des effets du temps de pluie, autant d'éléments qui apportent des avantages considérables pour la communauté.

Étant donné que de nombreuses zones urbaines sont situées sur des côtes de basse altitude, il est essentiel d'élever les digues et les digues de mer, bien qu'elles puissent altérer le paysage ; les reconvertir à un usage quotidien tel que des promenades ou des plates-formes constitue une approche pragmatique. L'intégration de solutions vertes et bleues, adaptées aux conditions locales, devient essentielle pour gérer les problèmes liés à l'eau dans les zones urbaines côtières, en contribuant à la résilience aux inondations et en minimisant les dommages structurels causés par celles-ci. Des techniques telles que la protection contre les inondations pour les nouvelles structures, bien qu'elles entraînent des coûts plus élevés, sont considérées comme insignifiantes par rapport au coût total de la construction. Dans l'ensemble, des efforts persistants et à long terme sont nécessaires pour minimiser les risques et les dommages, étant donné que le niveau de référence sera plus élevé que le niveau actuel, y compris le niveau des eaux souterraines.



**Figure 14 : Barcelone, Espagne :** La municipalité de Barcelone promeut activement des transformations significatives des espaces urbains et naturels en utilisant de nombreux outils pour améliorer l'écologie urbaine et favoriser la biodiversité en milieu urbain. Cette initiative stratégique vise à renforcer le réseau d'espaces verts urbains de Barcelone et améliorer sa résilience.

L'infrastructure verte offre une solution efficace pour atténuer l'**effet d'îlot de chaleur urbain** dans les villes côtières. Cette approche implique l'intégration stratégique d'éléments naturels dans les zones urbaines afin de créer un environnement plus durable et plus résistant. Les surfaces végétalisées ont un albédo plus élevé (20-30 %) que les surfaces artificielles (5 %), ce qui contribue à réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain en réfléchissant plus de lumière (Castellari and Davis, 2021). L'introduction de parcs, de corridors verts, de jardins publics et de forêts urbaines dans les paysages urbains fournit des zones d'ombre et réduit l'effet ICU. Ces espaces offrent aux habitants un répit face aux températures élevées et améliorent la qualité de vie globale de la ville.

L'installation de **toits verts** recouverts de végétation et de terre sur les bâtiments permet de réduire l'absorption de la chaleur et d'assurer l'isolation. Les toits verts peuvent faire baisser de manière significative les températures intérieures, réduire la consommation d'énergie pour le refroidissement et prolonger la durée de vie des matériaux de couverture. Le choix d'espèces végétales tolérantes à la chaleur

et résistantes à la sécheresse pour l'aménagement paysager peut réduire la nécessité d'un arrosage et d'un entretien excessifs, ce qui favorise la durabilité.

L'intégration d'infrastructures vertes dans l'aménagement urbain favorise la biodiversité dans les villes. Les espaces verts, en particulier ceux qui sont enrichis d'une gamme variée d'arbres et de plantes, servent d'habitats vitaux pour diverses espèces. Ces corridors verts offrent une connectivité à la faune et à la flore, facilitant les déplacements et favorisant la diversité génétique. L'écologisation des villes a donc le pouvoir de transformer les jungles de béton en écosystèmes dynamiques et pleins de vie.

Le Parc national des Calanques en France est un exemple remarquable de la manière dont un parc national peut jouxter une grande ville et offrir des habitats naturels et des expériences précieuses aux populations urbaines. Ces zones urbaines protégées jouent un rôle unique en rapprochant les gens de la nature et en promouvant la conservation dans un contexte urbain.

### **5.7.1 LA GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES**

Il y a deux millénaires, le célèbre naturaliste romain Pline s'inquiétait des conséquences désastreuses de la déforestation : « lorsque les collines sont déboisées, des torrents nuisibles se forment fréquemment ». Ces dernières années, de plus en plus d'éléments indiquent que les inondations et les sinistres qui leur sont liés sont les formes de catastrophes les plus fréquentes et les plus destructrices pour les économies et les communautés du monde entier, dépassant les autres types de catastrophes naturelles (AEE, 2012 ; AEE, 2016 ; GIEC, 2012). Historiquement, les réponses à ces défis ont été principalement axées sur le déploiement de solutions conventionnelles, dures ou techniques, collectivement appelées « infrastructures grises ». Ces solutions englobent un éventail de mesures, notamment la construction de tuyaux, de canaux, de tunnels, de digues et d'autres structures physiques similaires conçues pour atténuer les risques d'inondation.

Si les infrastructures grises ont été la méthode privilégiée et un choix courant pour la gestion des inondations, il est de plus en plus admis que leur dépendance à l'égard de matériaux d'ingénierie dure a favorisé un sentiment de sécurité trompeur. De nombreux gouvernements et communautés en sont venus à faire entièrement confiance à ces structures, pensant qu'elles offraient une protection infaillible contre les inondations. Malheureusement, lorsque ces solutions techniques échouent, les communautés se retrouvent souvent mal équipées pour faire face aux conséquences. Une multitude de scientifiques et d'experts ont examiné avec précision l'efficacité de ces infrastructures et sont arrivés à une conclusion qui donne à réfléchir : les approches actuelles en matière d'infrastructures grises se sont révélées inadéquates pour assurer le niveau de protection requis contre les inondations. Au-delà de leur inefficacité, elles ont soulevé des inquiétudes en matière de rentabilité et de durabilité environnementale. Dans cette partie, nous explorerons la nécessité d'un changement fondamental dans notre approche de la gestion des

inondations qui englobe des solutions innovantes, durables et holistiques en lieu et place du paradigme traditionnel de l'infrastructure grise.

Comment atténuer les problèmes liés à l'eau et promouvoir la résilience ? L'urbanisation rapide des villes côtières méditerranéennes a conduit à l'utilisation généralisée du béton et de l'asphalte, recouvrant le sol naturel et perturbant l'écoulement naturel de l'eau. L'eau de pluie, souvent perçue comme une nuisance, est vite canalisée vers des systèmes souterrains, manquant ainsi l'occasion de servir de ressource précieuse. Il est important d'aborder les défis posés par les pratiques traditionnelles de gestion des eaux de pluie, les pertes potentielles encourues et l'approche alternative des **systèmes de drainage urbain durable (SDUD en abrégé)** dans le contexte méditerranéen côtier.

L'expansion urbaine, en particulier dans les villes non planifiées, a entraîné le remplacement des paysages naturels par des surfaces imperméables. Cette évolution empêche l'eau de pénétrer dans le sol et perturbe l'équilibre délicat entre les eaux de surface et les eaux souterraines. La tendance dominante est d'évacuer rapidement les eaux de pluie des zones urbaines, ce qui permet de raccourcir leur parcours dans l'environnement. Cette approche soulève toutefois plusieurs questions essentielles : quelles sont les conséquences d'une évacuation prématurée de l'eau de notre environnement ? Comment pouvons-nous gérer l'excès d'eau de pluie lorsque nos systèmes de drainage sont débordés ? Existe-t-il des alternatives rentables aux solutions conventionnelles d'infrastructures « grises », tant au niveau de la construction que de l'entretien ?

Les SDUD offrent une solution convaincante à ces défis en englobant une gamme de pratiques et de conceptions d'infrastructures spécifiquement adaptées aux zones urbaines et suburbaines. Leur objectif premier est de gérer efficacement les eaux de ruissellement tout en réduisant les risques liés aux inondations, à l'érosion et à la pollution de l'eau. Ce qui distingue les SDUD est leur engagement à imiter les processus naturels de drainage, favorisant ainsi la durabilité et la protection de l'environnement.

L'un des principes fondamentaux des SDUD est la promotion de l'utilisation de surfaces perméables. Celles-ci comprennent les chaussées perméables, l'asphalte poreux et le gravier, tous conçus pour permettre à l'eau de pluie de s'infiltrer dans le sol plutôt que de s'écouler rapidement dans les collecteurs d'eaux pluviales. En facilitant le processus naturel d'absorption de l'eau par le sol, les systèmes de drainage urbain réduisent le volume et la vitesse du ruissellement des eaux de surface, atténuant ainsi le risque d'inondation en cas de fortes pluies. Les jardins de pluie et autres éléments similaires des SDUD agissent comme des bassins de rétention, retenant temporairement l'eau de pluie avant de la relâcher lentement. Lorsque le sous-sol est déjà saturé ou que la nappe phréatique est élevée en raison de précipitations antérieures, ces dispositifs de rétention permettent de retenir l'excès d'eau. Une fois que le sous-sol peut accepter plus d'eau, l'eau de pluie stockée sera progressivement libérée, réduisant ainsi la charge sur les systèmes de drainage.

La région côtière méditerranéenne est confrontée à des défis uniques en matière d'eau. Des conditions météorologiques de plus en plus imprévisibles et les effets du changement climatique ont entraîné des précipitations plus intenses pendant les mois d'hiver. L'occasion est venue de tirer parti des SDUD dans une région où la pénurie d'eau est un problème récurrent. Les villes côtières de la Méditerranée sont sujettes aux îlots de chaleur, des zones où les températures sont nettement plus élevées que dans leur environnement. Les SDUD peuvent jouer un rôle important dans la résolution de ce problème en aidant à réguler les différences de température entre le jour et la nuit. L'eau de pluie, lorsqu'elle est retenue et utilisée à des fins d'irrigation ou de refroidissement, peut contribuer à réduire la chaleur excessive, créant ainsi un environnement urbain plus confortable.

Les SDUD contribuent également à la conservation de la biodiversité dans les zones urbaines. En créant des surfaces perméables et des espaces verts, les systèmes SDUD fournissent des habitats à diverses espèces végétales et animales. Ces zones peuvent servir de refuges à la faune urbaine, en offrant des lieux de reproduction, des possibilités d'alimentation et des couloirs de migration. Le succès de la mise en œuvre des SDUD repose sur l'engagement et la gestion de la communauté. Les autorités locales, les communautés et les organisations ont toutes un rôle à jouer dans la surveillance, l'entretien et l'amélioration de ces systèmes. Les programmes éducatifs et les initiatives de nettoyage peuvent favoriser un sentiment d'appropriation et de responsabilité, garantissant ainsi la viabilité à long terme des SDUD.

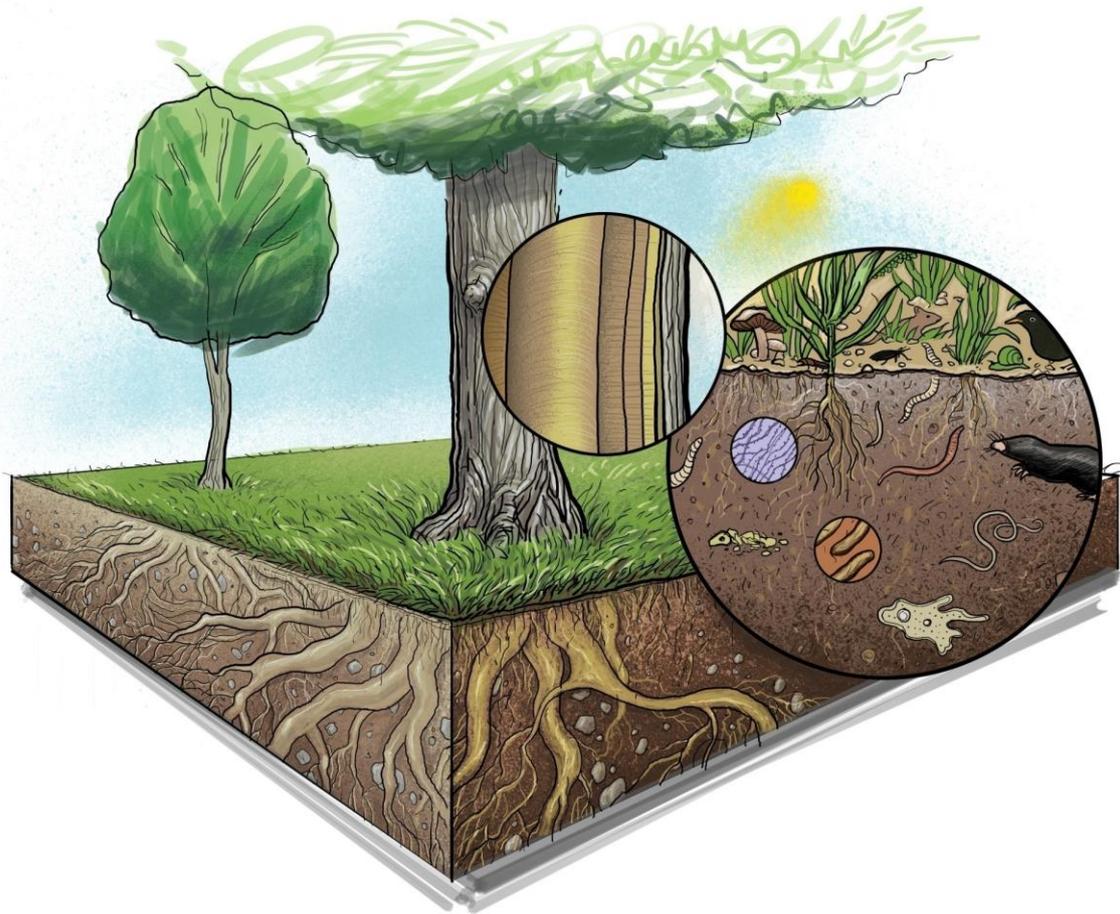
### **5.7.2 LA PROTECTION DES VIEUX ARBRES**

Les arbres sont des formes de plantes qui comptent actuellement parmi les plus grandes espèces vivantes de la planète. Au fil des millénaires, depuis environ 390 millions d'années, ils n'ont cessé de s'adapter et de coévoluer au cours de nombreuses époques difficiles de l'histoire de la Terre. Tout au long de l'histoire récente de l'humanité, les arbres ont été perçus comme un élément sacré, mais aussi comme un moyen de survie dans des environnements hostiles, quand l'homme les utilisait comme source de nourriture et de matériaux de construction, ainsi que comme source de chauffage. En répondant à leurs besoins spécifiques, l'homme a peut-être supprimé les caractéristiques qui pourraient être importantes dans les futurs processus d'adaptation à l'environnement. Les pratiques actuelles en matière de gestion des arbres sensibilisent à leurs fonctions souvent négligées, et en comprenant comment les arbres interagissent avec l'environnement au sens large, nous pouvons soutenir à la fois les processus naturels et un ensemble d'interactions bénéfiques et inciter ces changements d'attitude positifs au sein de nos communautés et de la société dans son ensemble (Lonsdale (Ed.), 2013).

Tout au long de l'histoire, les forêts et les arbres ont fait preuve d'un remarquable potentiel d'adaptation à des environnements difficiles et souvent impitoyables. Les vents, les gelées, les incendies, les tremblements de terre, l'activité humaine et l'eau (San-Miguel-Ayanz, de Rigo, Caudullo, Houston Durrant, & Mauri, (Eds.),

2016) sont parmi les principales forces motrices de cette diversité et, avec de nombreuses autres perturbations naturelles puissantes, ils jouent un rôle important dans le façonnement du visage de notre planète. La diversité des paysages entretient un ensemble de niches spécifiques qui ont été habitées par divers organismes, et ces cohabitations ont eu des influences à la fois positives et négatives sur les micropeuplements spécialisés qui les habitaient. Cette interaction dans un vaste paysage a donné naissance à une mosaïque dynamique qui a façonné les espèces d'arbres, les espèces compagnes, mais aussi l'écosystème au sens large.

L'équilibre naturel entre les espèces repose sur l'accomplissement de fonctions essentielles imbriquées dans un réseau complexe de besoins réciproques. Les arbres en sont un bon exemple : ils semblent solitaires, mais sont en réalité engagés dans de nombreuses interactions au-dessus et au-dessous du sol. L'attention s'est récemment portée sur les interactions entre les arbres, les racines et les organismes du sol, en particulier par le biais des connexions entre les champignons mycorhiziens. Les interactions entre les bactéries du sol, les champignons décomposeurs de bois, les nématodes et d'autres micro-organismes bénéfiques constituent une chaîne alimentaire spécifique (Elevitch, 2004) qui permet au sol d'accumuler de la matière organique, de capturer du carbone et de construire la structure du sol qui est essentielle au bien-être des plantes. De la même manière, les perturbations qui altèrent les conditions de croissance dans le sol peuvent induire des carences en oxygène et favoriser différents types d'activité microbienne pouvant affecter les arbres de manière préjudiciable par une insuffisance d'eau ou de sucre, des dommages irréversibles et par conséquent la mort (Hirons & Thomas, 2017).



**Figure 15 : L'équilibre naturel** est maintenu par l'interconnexion complexe de diverses espèces, comme le montrent les interactions entre les arbres au-dessus et au-dessous de la surface du sol. Plus récemment l'accent a été mis sur les interactions entre les racines, ce qui met en lumière le soutien actif que les arbres apportent à travers le lessivage des racines, favorisant ainsi des relations dynamiques avec les microorganismes du sol, ce qui contribue à la création d'habitats et d'écosystèmes essentiels.

Les interactions souterraines sont en effet essentielles pour la longévité des arbres, mais les interactions aériennes avec le microbiome sont tout aussi importantes. Des études récentes révèlent que les microbes résident non seulement sur les tissus du bois mais aussi à l'intérieur de ceux-ci, passant d'un état latent à un état actif en fonction des conditions environnementales (Boddy, 2021). Si certaines interactions peuvent être pathogènes, beaucoup sont chroniques, favorisant des cohabitations complexes qui créent des habitats essentiels sur de longues périodes (Read, 2000). Par exemple, les processus métaboliques des champignons de pourriture du cœur facilitent la formation de cavités, qui deviennent des habitations pour les rongeurs et les oiseaux. Ces créatures contribuent ensuite à la dispersion des graines et introduisent les bactéries nécessaires à la levée de la dormance des graines, vitale pour l'établissement de nouveaux arbres. La perturbation de l'un des maillons de cette chaîne peut avoir des conséquences considérables, soulignant l'interconnexion des écosystèmes (Colak, Kirca, & Rotherham (Eds.), 2023).

Afin de comprendre toutes ces interactions, nous devrions examiner plus en détail les modèles de cohabitation de longue date et les facteurs corrélés qui favorisent un comportement typique entre différentes espèces. En outre, des études récentes ont révélé que les interactions enregistrées entre les organismes se modifient sous l'influence de l'environnement changeant. Il est donc de la plus haute importance d'éviter les moyens non éprouvés et les méthodes de gestion *ad hoc*. Pour minimiser l'impact négatif potentiel d'une approche de gestion sur un écosystème à grande échelle, il est essentiel de se concentrer sur les moindres détails, car ils peuvent parfois être la clé d'un succès à long terme dans la restauration d'un écosystème.

Le compactage du sol et le pavage/asphaltage ont une influence très négative sur l'activité biologique du sol. Ces deux interventions ont un impact négatif sur l'apport d'oxygène, de nutriments et d'eau dans la zone profonde de la rhizosphère, ce qui entraîne une modification de la composition des espèces du microbiome, de leurs interactions et de l'activité métabolique autour des racines des plantes. En tant que mesure d'atténuation, en particulier pour les arbres de grande valeur, il est conseillé d'établir une zone de paillage dans la zone de projection de la couronne de l'arbre, parallèlement à la pratique de dépaillage. La zone de paillage doit avoir une épaisseur totale de 8 à 10 cm et être décalée de 10 cm par rapport à l'écorce de l'arbre. Dans un scénario idéal, en fonction de l'essence de l'arbre, le paillis devrait être composé de feuilles et de petites pousses locales et de la même essence (15 à 35 % du volume absolu du paillis) et le reste du volume de copeaux de bois. Cette pratique pourrait empêcher un compactage plus important et couvrir diverses sources de nourriture pour un large éventail de microorganismes bénéfiques spécialisés.

### 5.7.3 LES ZONES NON GÉRÉES INTENTIONNELLEMENT

Les espaces verts non gérés intentionnellement, souvent appelés espaces « sauvages » ou « naturels », sont des écosystèmes laissés à eux-mêmes sans intervention humaine directe. Ces zones offrent des avantages écologiques cruciaux, notamment la préservation des habitats, la séquestration du carbone et des possibilités de loisirs. Cependant, elles présentent également des défis tels que les espèces envahissantes et le risque de feux de forêt. Il est essentiel de trouver un équilibre entre la conservation et la sécurité, les communautés et les organisations locales jouant un rôle essentiel dans leur gestion. Dans un monde de plus en plus urbanisé, on ne saurait trop insister sur la valeur des espaces verts intentionnellement non gérés. Ces espaces, où les écosystèmes peuvent se développer sans contrôle humain intensif, constituent des réservoirs vitaux de biodiversité et fournissent de nombreux services écosystémiques.

L'un des principaux rôles écologiques des espaces verts intentionnellement non gérés est leur contribution à la conservation de la biodiversité. Ces espaces constituent un refuge pour un large éventail d'espèces végétales et animales, dont beaucoup ne se développent pas dans des environnements fortement gérés ou

urbanisés. En permettant aux processus naturels de se produire, tels que la succession végétale et les interactions écologiques, les espaces verts non aménagés deviennent des habitats essentiels pour la flore et la faune indigènes. Dans certains cas, ces zones peuvent également faire partie des efforts de restauration écologique. Ces espaces peuvent avoir été perturbés ou dégradés par des activités humaines, et leur permettre de retrouver un état plus naturel est essentiel pour la régénération de l'écosystème. La restauration écologique implique souvent l'élimination des espèces envahissantes, le rétablissement de la végétation indigène et la promotion des processus écologiques naturels, qui peuvent tous être facilités dans les zones non gérées.

Les avantages de ces zones s'étendent au-delà de leurs limites immédiates. Ces zones fournissent des services écosystémiques essentiels, tels que la séquestration du carbone, la purification de l'air et de l'eau et le soutien aux pollinisateurs et à la faune, services qui peuvent contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air, à la régulation du climat et à la santé écologique en général. Elles agissent également comme des tampons naturels, améliorant la résilience des écosystèmes environnants et des zones urbaines. L'intégration d'espaces verts non gérés dans la planification urbaine peut créer des oasis naturelles au sein des villes. En outre, ces zones nécessitent un entretien minimal par rapport aux paysages entretenus, ce qui réduit la nécessité de recourir à des pratiques gourmandes en ressources telles que la tonte et l'utilisation de pesticides.

Bien que les avantages écologiques des espaces verts non gérés soient considérables, ils présentent des défis spécifiques : les zones non gérées sont susceptibles d'être envahies par des espèces invasives, qui peuvent menacer la flore et la faune indigènes. Une surveillance vigilante et des efforts de gestion sont nécessaires pour contrôler les espèces envahissantes et empêcher leur établissement. En outre, l'accumulation de biomasse dans ces zones peut accroître le risque de feux de forêt, ce qui constitue une menace pour les communautés et les écosystèmes avoisinants. Des stratégies de gestion des incendies doivent être mises en œuvre pour atténuer ce risque tout en respectant le rôle naturel du feu dans certains écosystèmes. Le développement urbain rapide peut également représenter une menace importante pour les espaces verts non gérés, car il peut empiéter sur ces derniers et réduire leur taille et leur valeur écologique. Une planification efficace de l'utilisation des sols et des efforts de conservation sont essentiels pour sauvegarder ces espaces.

L'intégration d'initiatives en faveur de la biodiversité urbaine est une voie prometteuse pour promouvoir la **conservation des pollinisateurs** dans la zone côtière méditerranéenne. Les zones urbaines, souvent caractérisées par des jungles de béton, ont un potentiel inexploité pouvant contribuer à la création d'habitats favorables aux pollinisateurs. La plantation de plantes mellifères dans les espaces verts publics est l'une de ces stratégies. Ces plantes, qui produisent du nectar et du pollen, attirent les pollinisateurs et créent un réseau de subsistance dans les environnements urbains. En outre, la présence de pollinisateurs attire indirectement d'autres organismes qui se nourrissent d'eux ou des plantes elles-mêmes, enrichissant

ainsi la biodiversité urbaine. Les espaces verts urbains qui soutiennent les pollinisateurs présentent également une résistance accrue aux facteurs de stress environnementaux. Ces espaces sont mieux équipés pour résister aux conditions météorologiques extrêmes, aux maladies des plantes et à la propagation des espèces envahissantes.

Ainsi, le fait de cultiver la biodiversité urbaine porte ses fruits au-delà de la conservation des pollinisateurs. Lors de l'aménagement des paysages urbains, plusieurs facteurs doivent être pris en compte afin de maximiser leur potentiel favorable aux pollinisateurs. Il s'agit notamment de sélectionner des espèces végétales indigènes dans la mesure du possible, d'éviter la plantation d'espèces envahissantes et de tenir compte des dimensions et des besoins en eau des plantes adultes. Donner la priorité à la flore indigène est non seulement bénéfique pour les pollinisateurs, mais réduit également la nécessité d'un entretien intensif, de l'irrigation et de l'utilisation de pesticides. Il est tout aussi important de conserver les éléments paysagers existants. Les vieux arbres, les haies, les murs de pierres sèches et les éléments aquatiques sont des éléments essentiels de la biodiversité urbaine. La préservation de ces éléments favorise le sentiment de continuité avec le monde naturel et soutient la diversité des écosystèmes dans les zones urbaines. La préservation des pollinisateurs dans la zone côtière méditerranéenne est une composante essentielle des efforts de réensauvagement et des initiatives plus larges de conservation de la biodiversité.

Les communautés et les organisations locales jouent un rôle déterminant dans la gestion des espaces verts intentionnellement non gérés. Leur participation à la surveillance, aux efforts de nettoyage et aux programmes éducatifs est cruciale pour la préservation et la gestion responsable de ces écosystèmes. L'engagement de la communauté favorise un sentiment d'appropriation et de responsabilité, garantissant que ces zones continueront à prospérer pour les générations à venir. Les espaces verts non gérés offrent au public des possibilités éducatives et récréatives précieuses. Les gens peuvent visiter ces espaces pour observer les processus naturels, en apprendre davantage sur les écosystèmes locaux et se rapprocher de l'environnement. Ces espaces servent de salles de classe en plein air où les individus, en particulier les enfants, peuvent développer une meilleure appréciation de la nature et de la conservation. En outre, ces zones offrent des possibilités de randonnée, d'observation des oiseaux et d'autres activités récréatives qui favorisent le bien-être physique et mental.

#### 5.7.4 LES TOITS VERTS, BRUNS ET BIODIVERSIFIÉS

Dans la recherche d'un développement urbain durable, des solutions innovantes continuent d'émerger, redéfinissant la façon dont nous voyons et utilisons les toits. Les **toits verts**, souvent appelés « toits végétalisés » ou « toits vivants », sont une remarquable fusion de l'architecture et de l'écologie. Ces écosystèmes sont intentionnellement conçus pour accueillir une couche de végétation florissante, qui peut comprendre des herbes, des sédums ou d'autres plantes nécessitant peu d'entretien. Les toits verts ne sont

pas de simples îlots de verdure ; il s'agit de systèmes conçus avec précision et comportant plusieurs éléments clés. Tout d'abord, une membrane étanche robuste constitue la base du toit vert, garantissant que l'humidité ne pénètre pas dans le bâtiment. Au-dessus de cette membrane se trouve la couche de drainage, qui facilite l'écoulement contrôlé de l'eau excédentaire, évitant ainsi l'engorgement. Un milieu de culture spécialisé, essentiellement un substitut de sol soigneusement conçu, fournit les nutriments et le support essentiels à la végétation du toit. Enfin, le toit est orné d'une sélection de plantes soigneusement choisies pour leur capacité à s'épanouir dans cet environnement unique.

Contrairement aux toits verts prévus, les **toits bruns** adoptent une approche plutôt *laissez-faire* des écosystèmes sur les toits. Ces toits sont conçus pour se développer et évoluer naturellement au fil du temps, avec une intervention humaine minimale. Au départ, ils peuvent être constitués d'un simple substrat, souvent du gravier ou de la brique pilée, avec peu ou pas de végétation. Le secret des toits bruns réside dans leur transformation organique au fur et à mesure que la nature se réapproprie ces espaces. Les toits bruns peuvent commencer comme des étendues stériles, mais ils se transforment progressivement en lieux de biodiversité à mesure que les graines sont transportées par le vent ou les oiseaux, qu'elles prennent racine et colonisent le substrat. Essentiellement, les toits bruns sont des toiles vierges de la nature, chaque toit prenant son caractère unique. Ce qui distingue vraiment les toits bruns, ce sont leurs faibles exigences d'entretien. Contrairement aux toits verts, qui réclament un entretien régulier, les toits bruns sont laissés à eux-mêmes et ne requièrent qu'une intervention humaine minimale. Cela en fait une option rentable et durable pour les propriétaires de bâtiments qui préfèrent une approche plus autonome de l'écologie des toits.

**Les toits biodiversifiés** représentent le point culminant de la création d'habitats sur les toits. Ces systèmes de toiture spécialisés sont précisément conçus pour maximiser la biodiversité et fournir un habitat prospère à un large éventail d'espèces. Ils vont plus loin que les toits verts ou bruns traditionnels en incorporant un large éventail de matériaux de plantation, y compris des plantes indigènes, des fleurs sauvages et même de petits arbres. L'objectif principal des toits biodiversifiés est d'imiter les écosystèmes naturels en milieu urbain. En sélectionnant soigneusement des espèces végétales qui attirent les pollinisateurs, les insectes et les oiseaux, ces toits deviennent des points névralgiques de la biodiversité. La variété de la vie végétale, combinée à la conception intentionnelle de ces toits, favorise une gamme variée d'espèces et d'interactions écologiques. Les toits biodiversifiés contribuent non seulement à la biodiversité urbaine, mais fournissent également de précieux services écosystémiques. Ils améliorent la pollinisation, soutiennent les insectes utiles et peuvent même offrir des espaces verts aux citoyens. Ces avantages multiples font des toits biodiversifiés un outil puissant pour la durabilité urbaine et la conservation écologique.

Les systèmes de toiture végétale transforment les paysages urbains en intégrant la nature dans l'environnement bâti. Les toits verts offrent une oasis de verdure contrôlée, les toits bruns permettent à la nature de reconquérir les espaces urbains et les toits biodiversifiés maximisent la biodiversité et les

interactions écologiques. Chacun de ces systèmes représente une étape vers une coexistence plus durable et harmonieuse entre la vie urbaine et la nature.

## **5.8 LES SOLUTIONS DE PRÉVENTION DES FEUX DE FORÊT**

Malgré la résistance de nombreuses plantes méditerranéennes, les habitats sont plus ou moins affectés par l'augmentation de la fréquence des incendies. Il est donc impératif de définir la vulnérabilité au feu des différents habitats d'une région, d'élaborer des plans d'action et de gestion des risques d'incendie dans toutes les plaines et autres zones peuplées, et de réduire le danger imminent dans les environnements à haut risque par une gestion appropriée du paysage et le développement de l'habitat, la sensibilisation, la surveillance et la fourniture d'équipements de protection et de lutte contre les incendies, ainsi que d'un savoir-faire en matière de brûlage contrôlé.

Les mesures de prévention des incendies doivent viser tous les secteurs de la population et tous les paysages. La plupart des incendies graves se produisent dans l'interface entre les zones urbaines et les zones sauvages, où les établissements bâtis se trouvent à l'intérieur ou à proximité de la végétation sauvage. La population de ces zones est la plus touchée et la plus exposée aux risques d'incendie. La surveillance du paysage est essentielle pour déterminer les risques d'incendie, les zones nécessitant un brûlage contrôlé et le succès de la régénération des zones brûlées. La régénération naturelle doit être encouragée et, si nécessaire, l'ensemencement ou la plantation doivent être effectués avec du matériel collecté localement auprès des populations d'arbres indigènes.

Le ciblage des forêts d'espèces indigènes à usage multiple pour remplacer les plantations de pins ou d'arbres exotiques devrait impliquer diverses espèces de chênes indigènes dans les plaines méditerranéennes. Les chênes doivent être sélectionnés parmi les espèces locales, afin de garantir des ressources génétiques de populations d'arbres locales bien adaptées. L'histoire de la végétation de la région dans un passé récent peut fournir des informations de base. Il serait donc souhaitable de développer des pépinières régionalisées pour les espèces d'arbres des forêts méditerranéennes afin de conserver la variabilité génétique des espèces et de les rendre disponibles à des fins de restauration à l'échelle locale lorsque cela s'avère nécessaire.

Une mosaïque végétale composée de bosquets, de terres cultivées structurellement diversifiées, de taillis et de terres semi-ouvertes développées et entretenues comme pâturages boisés peut être obtenue par des mesures sylvicoles, en tenant compte des facteurs écologiques locaux (par exemple, le sol, la géomorphologie). De telles mosaïques végétales empêchent la propagation des incendies et renforcent en même temps la biodiversité. La planification de la gestion des forêts impliquant la prévention des incendies doit tenir compte des préférences sociales et des pratiques locales d'utilisation des terres (Varela et al. 2014, 2018). La gestion forestière visant à réduire la biomasse combustible et à promouvoir les pratiques

traditionnelles telles que pâturage boisé doit être encouragée. Les agendas politiques devraient encourager la gestion des terres, et non l'abandon des terres ; l'utilisation des terres rurales, et non la consommation des terres. Cela implique une agriculture raisonnable, une sylviculture à usages multiples, une politique agrotouristique dans la mesure du possible, et la préservation des ressources en eau intérieures et souterraines.

Les habitats méditerranéens les plus sensibles aux incendies de forêt sont ceux qui contiennent de grandes quantités de matériaux combustibles et dont la résilience est limitée. Le degré de combustibilité dépend en grande partie de l'accumulation de litière sèche et de biomasse végétale. Celle-ci est particulièrement élevée dans les forêts et les plantations de conifères ainsi que dans les zones arbustives sclérophylles non gérées. Les forêts de pins (*Pinus*) sont sujettes aux incendies mais peuvent se régénérer après un incendie en se réensemencant à partir d'une banque de graines de cônes, à condition que les semis soient suffisamment alimentés en eau au cours de leurs premières années. Le succès de la prévention des incendies dans la région méditerranéenne dépend en grande partie des eaux intérieures, telles que les cours d'eau, les sources d'eau et les mares saisonnières, ainsi que des ressources en eaux souterraines. Ces zones humides offrent un éventail d'habitats différents, tous moins sensibles aux incendies de forêt. Dans les basses terres et en particulier dans les régions d'interface sauvage-urbaine, les effets de l'abaissement des eaux souterraines et du déversement de petites masses d'eau ont entraîné des risques d'incendie plus graves. Les objectifs de conservation concernant les habitats proches des zones peuplées doivent inclure la réduction de l'accumulation de débris, ce qui, dans les zones rurales, inclut le soutien et la renaissance des systèmes pastoraux traditionnels. Les plantations de pins, de cyprès et d'arbres exotiques, sujettes aux incendies, doivent être remplacées par des chênaies méditerranéennes ouvertes, en particulier dans les zones périurbaines. Les forêts de chênes anciens combinent la résistance au feu et la promotion de la biodiversité (Bergmeier et al. 2021).

## **5.9 LA SCIENCE CITOYENNE ET LES SfN**

Les SfN constituent une approche souple et innovante pour relever divers défis sociétaux en s'inspirant de la résilience et de l'adaptabilité de la nature. Elles englobent des concepts tels que les « services écosystémiques » et les « infrastructures bleu-vert », offrant des solutions durables aux problèmes d'environnement et de biodiversité. La science citoyenne, quant à elle, fait participer des citoyens ordinaires à la recherche scientifique et à la collecte de données, en tirant parti de leur enthousiasme et de leur dévouement pour fournir des données précieuses à diverses études scientifiques et efforts de surveillance de l'environnement. Cette partie explore l'intersection de la science citoyenne et des SfN, en soulignant leur potentiel de collaboration afin de faire progresser la conservation de l'environnement et atteindre les objectifs de développement durable (ODD).

La science citoyenne permet aux individus, aux communautés et aux organisations de participer activement à la recherche scientifique et à la surveillance de l'environnement. Les bénévoles, qui ont souvent une formation scientifique limitée, deviennent des scientifiques citoyens, jouant un rôle actif dans la collecte et l'analyse des données et dans la création d'un corpus de connaissances collectives. Cette approche inclusive a des implications significatives pour la conservation de l'environnement et le développement durable.

La science citoyenne englobe un large éventail d'activités liées à la surveillance de l'environnement et de la biodiversité. Les volontaires peuvent s'engager dans divers projets, notamment :

Les scientifiques citoyens peuvent **surveiller les écosystèmes locaux** en suivant les changements dans les populations de plantes et d'animaux, les conditions d'habitat et les niveaux de biodiversité. Les volontaires peuvent **mesurer les paramètres de qualité de l'air et de l'eau**, identifier les sources de pollution et contribuer à l'évaluation de la santé environnementale. Ils peuvent également aider à **suivre les migrations des animaux sauvages**, leurs comportements et la dynamique des populations, fournissant ainsi des données essentielles aux efforts de conservation. Les volontaires peuvent **participer activement à des projets de restauration**, en évaluant le succès de la reforestation, de la restauration des zones humides et d'autres initiatives de SfN.

L'engagement des citoyens dans la recherche scientifique s'aligne sur plusieurs ODD liés à la conservation de l'environnement et au développement durable :

**ODD 13** : Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques : La science citoyenne soutient l'action climatique en recueillant des données sur les impacts du changement climatique, les modèles météorologiques locaux et la séquestration du carbone dans les habitats naturels.

**ODD 14** : Vie aquatique et **ODD 15** : Vie terrestre : La surveillance des écosystèmes aquatiques et terrestres contribue à la protection de la biodiversité et à la préservation de la vie marine et terrestre.

**ODD 6** : Eau propre et assainissement : La science citoyenne contribue aux initiatives « eau propre » en surveillant la qualité de l'eau et en identifiant les sources de pollution.

**ODD 11** : Villes et communautés durables : L'engagement citoyen au sein de projets de biodiversité urbaine favorise la participation de la communauté aux efforts de durabilité, contribuant ainsi à promouvoir des environnements urbains plus sains et plus durables.

La science citoyenne est particulièrement précieuse pour la planification et la mise en œuvre des SfN :

Les volontaires peuvent contribuer à l'**identification des sites**, c'est-à-dire à l'identification des lieux propices aux interventions des SfN, telles que la plantation d'arbres, la restauration des zones humides ou les projets d'infrastructures vertes. Les citoyens scientifiques jouent un rôle crucial dans le **suivi** des progrès et de la réussite des initiatives SfN. Ils suivent l'évolution de la biodiversité, de la santé des écosystèmes et de l'impact des SfN sur les communautés locales. Les projets de science citoyenne **sensibilisent** aux questions environnementales et encouragent l'engagement du public dans les efforts de développement durable. Cette sensibilisation accrue se traduit souvent par un soutien plus fort aux SfN et aux ODD

connexes. Les données collectées par la science citoyenne peuvent éclairer les décisions politiques aux niveaux local, national et international, contribuant ainsi à **l'élaboration de politiques fondées sur des données probantes**. Les décideurs politiques peuvent utiliser ces données pour faire des choix éclairés sur la mise en œuvre des SfN et son alignement sur les ODD.

La science citoyenne et les SfN sont de puissants alliés dans la quête de la conservation de l'environnement et du développement durable. En faisant participer les citoyens à la recherche scientifique et à la collecte de données, la science citoyenne exploite les connaissances collectives et l'enthousiasme des volontaires. Cette approche soutient les SfN en identifiant des sites appropriés, en contrôlant les progrès, en sensibilisant le public et en contribuant à l'élaboration de politiques fondées sur des données probantes. Ensemble, la science citoyenne et les SfN forment un partenariat dynamique qui responsabilise les communautés et favorise un sentiment d'appropriation et de responsabilité à l'égard des écosystèmes locaux, faisant ainsi progresser la réalisation des ODD liés à la protection de l'environnement et à l'action pour le climat.

## CONTRIBUTEURS:

Les typologies du littoral – Gonzalo Malvarez

Les zones humides – Alessio Satta

Les dunes – Javier Loidi

Les forêts côtières et les zones boisées – Ali Kavgaci

Les aquifères côtiers – Jose Luis Bordes

Les îlots de chaleur urbains, les vagues de chaleur marine – Ivan Sekovski

Les espèces envahissantes – Alicia Acosta

Les feux de forêts – Erwin Bergmeier

La protection des vieux arbres – Fran Poštenjak

## 6. BIBLIOGRAPHIE

Acosta, A., Ercole, S., Stanisci, A., Pillar, V. D. P. & Blasi, C. 2007. Coastal vegetation zonation and dune morphology in some Mediterranean ecosystems. *Journal of Coastal Research* 23(6), 1518-1524.

Bergmeier E., Capelo J., Di Pietro R., Guarino R., Kavgaci A., Loidi J., Tsiripidis I. & Xystrakis F. 2021: 'Back to the Future'—Oak wood-pasture for wildfire prevention in the Mediterranean. *Plant Sociology* 58(2): 41–48. DOI 10.3897/pls2021582/04

Boddy, L., 2021: "Fungi and Trees: Their complex relationships", Arboricultural Association, Stroud, 306 pp

Bonari, G., Fernández-González, F., Çoban, S., Monteiro-Henriques, T., Bergmeier, E., Didukh, Y.P. *et al.* (2021) Classification of the Mediterranean lowland to submontane pine forest vegetation. *Applied Vegetation Science*, 24, e12544. <https://doi.org/10.1111/avsc.12544>

Cao Pinna, L., Axmanová, I., Chytrý, M., Malavasi, M., Acosta, A. T. R., Giulio, S., Attorre, F., Bergmeier, E., Biurrun, I., Campos, J. A., Font, X., Kůzmič, F., Landucci, F., Marcenò, C., Rodríguez-Rojo, M. P., & Carboni, M. 2020. The biogeography of alien plant invasions in the Mediterranean Basin. *Journal of Vegetation Science*, 32(2), e12980

Campoy, J.G., Acosta A.T.R., Affre L., Barreiro R., Brundu G., Buisson E., *et al.* 2018. Monographs of invasive plants in Europe : Carpobrotus. *Botany Letters* 165(3–4): 440–475.

Čarni, A., Matevski, V., Kostadinovski, M., Čušterevska, R. (2018) Scrub communities along a climatic gradient in the southern Balkans: maquis, pseudomaquis and shibljak. *Plant Biosystems*, 152, 1165–1171. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1435567>

Castellari, S. and Davis, M. (2021). "Global and European policy frameworks" Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. EEA Report No 1/2021.

Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S.M., Knollová, I., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S. *et al.* (2020) EUNIS habitat classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*, 23, 648–675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, Cutard Maginnis, S. (eds.) 2016. Nature based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN

Colak, H., A., Kirca, S., Rotherham, D., I. (Eds.), 2023, "Ancient Woods, Trees and Forests: Ecology, History and Management", Pelagic Publishing, London, 488 pp

- Díez-Garretas, B., Asensi, A. & Gavilán, R. 2003. Sabulicolous therophytic plant communities in the Mediterranean Region: a proposal of phytosociological synthesis. *Phytocoenologia* 33 (2-3): 495-526.
- Doing, H. 1985. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. In *Ecology of coastal vegetation: Proceedings of a Symposium, Haamstede, March 21–25, 1983* (pp. 65-75). Springer, Netherlands.
- Elevitch, R., C., (Ed.), 2004: “The Overstory Book (2nd Edition): Cultivating Connections with Trees” Permanent Agriculture Resources, 548 pp
- European Environmental Agency (EEA) (2019), ‘Marine Messages II – Navigating the course towards clean, healthy and productive seas through implementation of an ecosystem-based approach’. EEA Report No 17/2019, at 34–44.
- Giulio, S., Acosta, A.T.R., Carboni, M., Campos, J.A., Chytrý, M., Loidi, J., Pergl, J., Pyšek, P., Isermann, I., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J. & Marcenò, C. 2020. Alien flora across European coastal dunes. *Applied Vegetation Science* 23: 317–327. <https://doi.org/10.1111/avsc.12490>
- Gubbay, S. Sanders, N. Haynes T., Janssen J.A.M., Rodwell J.R., Nieto A., et al. 2016. European Red List of Habitats. Part 1. Marine Habitats. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Hirons, D., A., Thomas., A., P., 2017: “Applied Tree Biology”, Willey Blackwell, Oxford, 411 pp
- IPBES (2019): The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Brondizio, E. S., Settele, J., Díaz, S. and Ngo, H. T. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Janssen JAM, Rodwell JS, García Criado M, Gubbay S, Haynes T, Nieto A, et al. 2016. European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and Freshwater Habitats. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- JRC (European Union Joint Research Centre) 2023: Wildfires in the Mediterranean: monitoring the impact, helping the response. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wildfires-mediterranean-monitoring-impact-helping-response-2023-07-28\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wildfires-mediterranean-monitoring-impact-helping-response-2023-07-28_en).
- Kavgacı, A, Balpınar, N, Öner, H. H., Arslan, M., Bonari, G., Chytrý, M., Čarni, A. 2021: Classification of forest and shrubland vegetation in Mediterranean Turkey. *Applied Vegetation Science* 24: e12589. <https://doi.org/10.1111/avsc.12589>
- Lonsdale, D. (Ed.), 2013: “Ancient and other veteran trees: further guidance on management”, The Tree Council, London, 212pp
- Mediterranean ecosystem restoration sites, Interreg Mediterranean Biodiversity Protection Community project, 2023, PlanBleu
- Marcenò, C., Guarino, R., Loidi, J., Herrera, M., Isermann, M., Knollová, I., Tichý, L., Tzonev, R.T., Acosta, A.T.R., PAP/RAC (2021) “Coastal Resilience Handbook for the Adriatic”, INTERREG AdriAdapt project, Split
- FitzPatrick, Ú., Jakushenko, D., Janssen, J.A.M., Jiménez-Alfaro, B., Kącki, Z., Keizer-Sedláková, I. Kolomyichuk, V., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., Šilk, U. & Chytrý, M. (2018). Classification of European and Mediterranean coastal dune vegetation. *Applied Vegetation Science* 21(3): 533-559. <https://doi.org/10.1111/avsc.12379>
- MedECC (2020) Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)]. Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille
- Mittermeier, R.A., Turner, W.R., Larsen, F.W., Brooks, T.M. and Gascon, C. (2011) Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Zachos, F.E. & Habel, J.C. (Eds), *Biodiversity Hotspots*. Heidelberg: Springer, pp. 3–22.

- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.P., Raus, T., Čarni, A. *et al.* (2016) Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19, 3-264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- Ne'eman G., Lev-Yadun S. & Arianoutsou M. 2012: Fire-related traits in Mediterranean Basin plants. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58:177-194.
- Pausas J.G., Llovet J., Rodrigo A. & Vallejo, R. 2008: Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? - A review. *International Journal of Wildland Fire* 2008, 17, 713–723. DOI: 10.1071/WF07151.
- Read, H., 2000: "Veteran Trees: A guide to good management", English Nature, London, 176 pp
- San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), 2016: "European Atlas of Forest Tree Species", Publication Office of the European Union, Luxembourg, p. 5 - 36
- Seebens, H., Essl, F., Dawson, W., Fuentes, N., Moser, D., Pergl, J. *et al.* (2015) Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Global Change Biology*, 21(11), 4128– 4140.
- Turco M., Rosa-Cánovas J. J., Bedia J., Jerez S., Montávez J. P., Llasat M. C. & Provenzale A. 2018: Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with nonstationary climate-fire models. *Nature Communications* 9:3821. DOI: 10.1038/s41467-018-06358-z
- UNEP/MAP 2012: State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment, Athens
- UNEP/MAP and Plan Bleu 2020: State of the Environment and Development in the Mediterranean, Nairobi
- Varela E, Jacobsen JB, Soliño M (2014) Understanding the heterogeneity of social preferences for fire prevention management. *Ecological Economics* 106: 91–104. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.07.014>
- Varela E., Górriz-Mifsud E, Ruiz-Mirazo J, López-i-Gelats F (2018) Payment for targeted grazing: integrating local shepherds into wildfire prevention. *Forests* 9(8): 464. <https://doi.org/10.3390/f9080464>
- Zahran, M.A.; Willis, A.J. (2008). *The Vegetation of Egypt*. Springer Science & Business Media