



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

NOTE À L'ATTENTION DES DÉCIDEURS POLITIQUES

Résumé

La pollution atmosphérique dans les villes méditerranéennes est une préoccupation croissante, alimentée par les émissions industrielles, le trafic routier et le changement climatique, qui aggrave la formation de polluants. Avec deux tiers des pays méditerranéens dépassant les normes de qualité de l'air fixées par l'Union européenne (UE) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS), ce problème pose des risques sanitaires importants, en particulier de maladies respiratoires et de dégradation de l'environnement. Les solutions fondées sur la nature (NbS), telles que les toits végétalisés, les arbres dans les rues, les espaces et les corridors verts et bleus urbains, constituent des stratégies efficaces pour atténuer la pollution atmosphérique tout en offrant des avantages supplémentaires tels qu'une régulation de la température, un soutien à la biodiversité et une amélioration de la santé publique. Cet article résume, à travers diverses publications du Plan Bleu et d'autres recherches pertinentes, le potentiel de mise en œuvre des solutions fondées sur la nature à différentes échelles, des bâtiments individuels aux initiatives à l'échelle d'une ville, en soulignant la nécessité d'adopter des approches intégrées et adaptées au contexte. Les résultats soulignent l'importance de la conception, des considérations économiques et de l'entretien à long terme pour maximiser l'impact des solutions fondées sur la nature, contribuant ainsi à améliorer la résilience et la durabilité urbaines ainsi que le bien-être des habitants.

Pollution atmosphérique dans les villes méditerranéennes

Les villes méditerranéennes, où vit 70 % de la population de la région, dont un tiers dans les zones côtières (voir figure 1), sont confrontées à de graves problèmes de pollution atmosphérique, en particulier dans les zones urbaines, périurbaines et côtières adjacentes aux ports (Infographies RED 2020, 2020

; RED 2020). Ce phénomène est dû à l'industrialisation, aux émissions liées au trafic routier et au réchauffement climatique, qui à leur tour intensifient la formation de polluants en amplifiant la chaleur, les feux de forêt et la stagnation de l'air (Dulac et al., 2016).

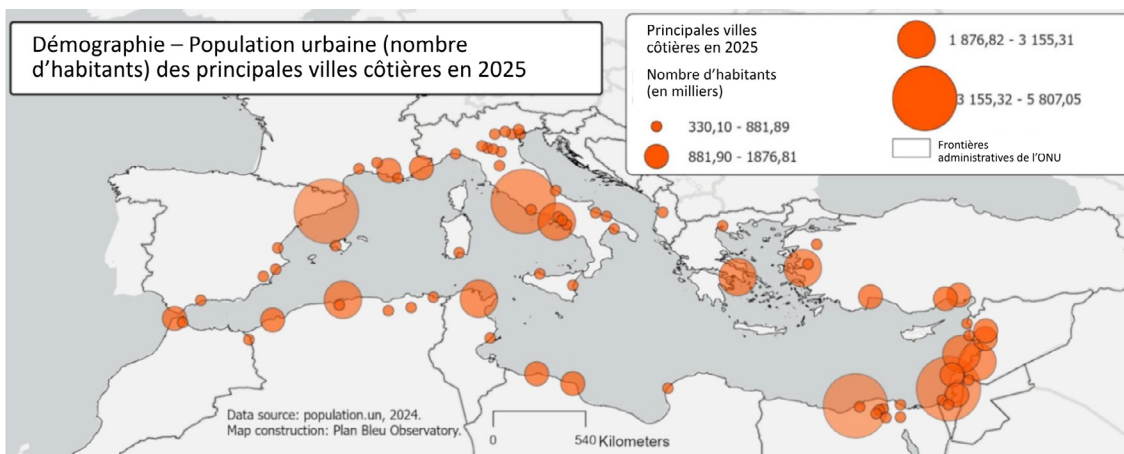


Fig.1 Démographie dans les grandes villes côtières en 2025
Source : Observatoire Plan Bleu



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Une mauvaise qualité de l'air entraîne des problèmes de santé majeurs, notamment des maladies respiratoires, une baisse de la qualité de vie et une dégradation à long terme de l'environnement. Les normes en matière de pollution atmosphérique fixées par la directive européenne¹ et les lignes directrices de l'OMS² pour les polluants tels que les particules (PM), les oxydes d'azote (NOx) et l'ozone (O₃) sont dépassées dans deux tiers des pays méditerranéens (Plan Bleu MED2050, 2025). En effet, il a été estimé que la pollution atmosphérique provoquait jusqu'à 228 000 décès prématurés par an dans les pays méditerranéens en 2016 (RED 2020). Des chiffres plus récents indiquent que dans la seule région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, ce nombre atteint environ 270 000 décès par an (Banque mondiale, 2022)³, ce qui reflète le fardeau sanitaire important et croissant dans toute la région. Les données de l'OMS montrent que 74 à 81 % de la population de l'UE est exposée à des niveaux⁴ nocifs de PM_{2,5} et que 95 à 98 % est exposée à des concentrations d'ozone supérieures aux seuils sanitaires (Calfapietra, 2020 ; Air - Commission européenne (n.d.)). La figure 2 illustre

les disparités côtières dans les concentrations annuelles moyennes de PM_{2,5} dans l'ensemble du bassin, avec des niveaux particulièrement élevés en Égypte (supérieurs à 60 µg/m³) entre 2010 et 2019. Au cours de la période 1961-2022, les émissions totales de NOx ont varié considérablement au niveau national, allant de +1697,3 % (en Libye) à -99,1 % (en Turquie), et d'environ 73,6 % dans les pays du nord de la Méditerranée à 758 % dans les pays du sud et de l'est (Observatoire Plan Bleu, d'après la base de données Our World in Data, 2024). Ces tendances ont des implications importantes pour les politiques et la planification, en particulier dans des secteurs tels que les transports, qui sont étroitement liés aux motifs d'émission et aux niveaux d'exposition, et plus largement sur le renforcement du développement socio-économique. Ils reflètent également l'urgence croissante de relever les défis liés à la qualité de l'air dans toute la région, en soulignant l'importance d'adopter des approches intégrées et durables pour gérer les objectifs environnementaux et de développement.

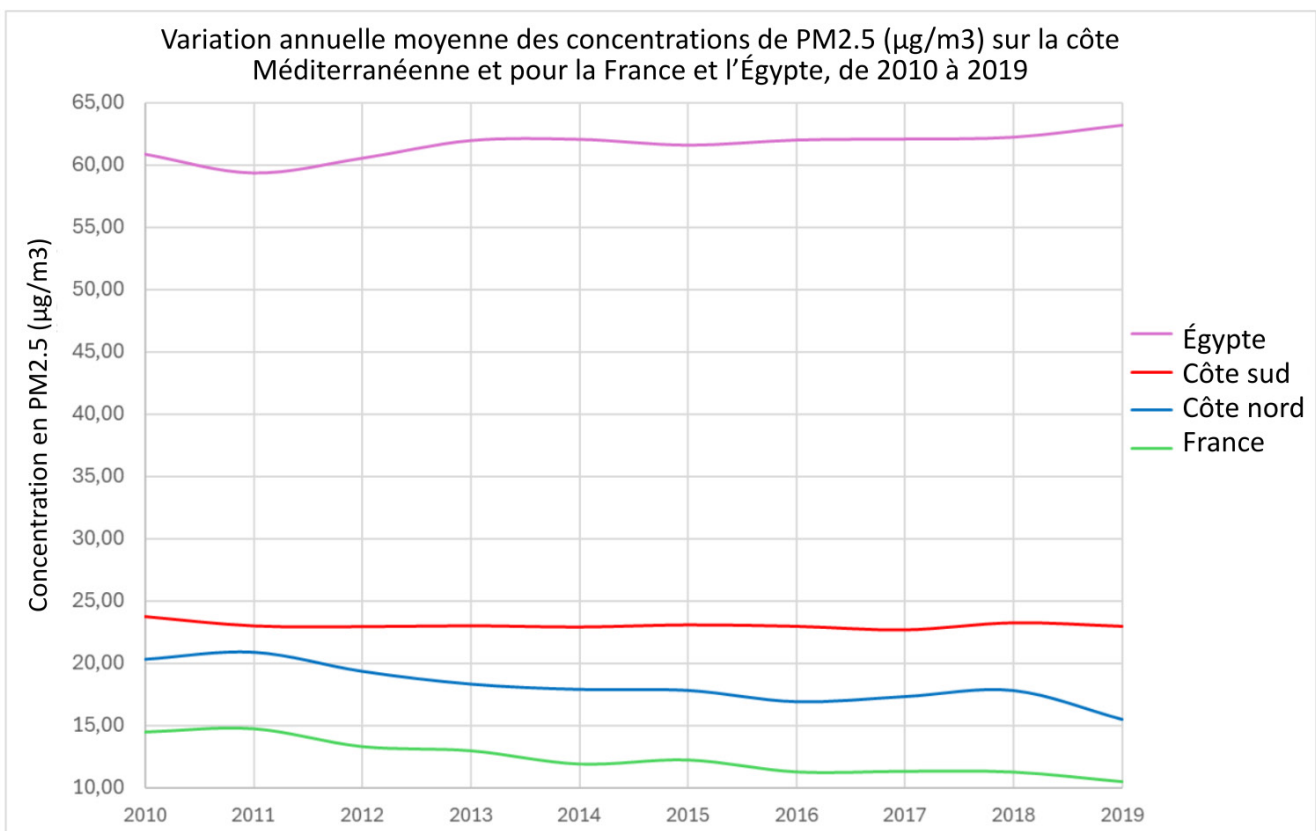


Fig.2 Variation annuelle moyenne des concentrations de PM_{2,5} (µg/m³) sur le littoral méditerranéen, ainsi qu'en France et en Égypte, de 2010 à 2019.

Source : Observatoire Plan Bleu, d'après la base de données 2024 de l'Organisation mondiale de la santé.

1. Normes de qualité de l'air (2021) - Moyenne annuelle (2021) : PM_{2,5} µg/m³ = 5 ; PM₁₀ µg/m³ = 15 ; NO₂ µg/m³ = 10 (OMS, 2021).

2. Directive 2008/50/CE.

3. [La pollution atmosphérique et marine dans la région MENA nuit à l'économie et aux moyens de subsistance \(2022\)](#).

4. Particules solides de diamètre <2,5 µm.



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

À cet égard, les solutions fondées sur la nature (NbS), notamment par le biais du processus de verdissement (voir figure 3), offrent un moyen rentable de lutter contre la pollution atmosphérique urbaine en protégeant, gérant et restaurant les écosystèmes. Au-delà de l'amélioration de la qualité de l'air, les solutions fondées sur la nature renforcent la résilience, favorisent la biodiversité et offrent de multiples avantages connexes grâce à des actions durables et adaptées au contexte local (Plan Bleu, 2024). Bien que les solutions fondées sur la nature visant à atténuer la pollution atmosphérique fonctionnent souvent selon des mécanismes comparables, leur mise en œuvre dans les villes méditerranéennes doit tenir compte de contraintes spécifiques telles que la forte densité d'urbanisation, l'espace limité, les taux démographiques élevés et les pressions climatiques.

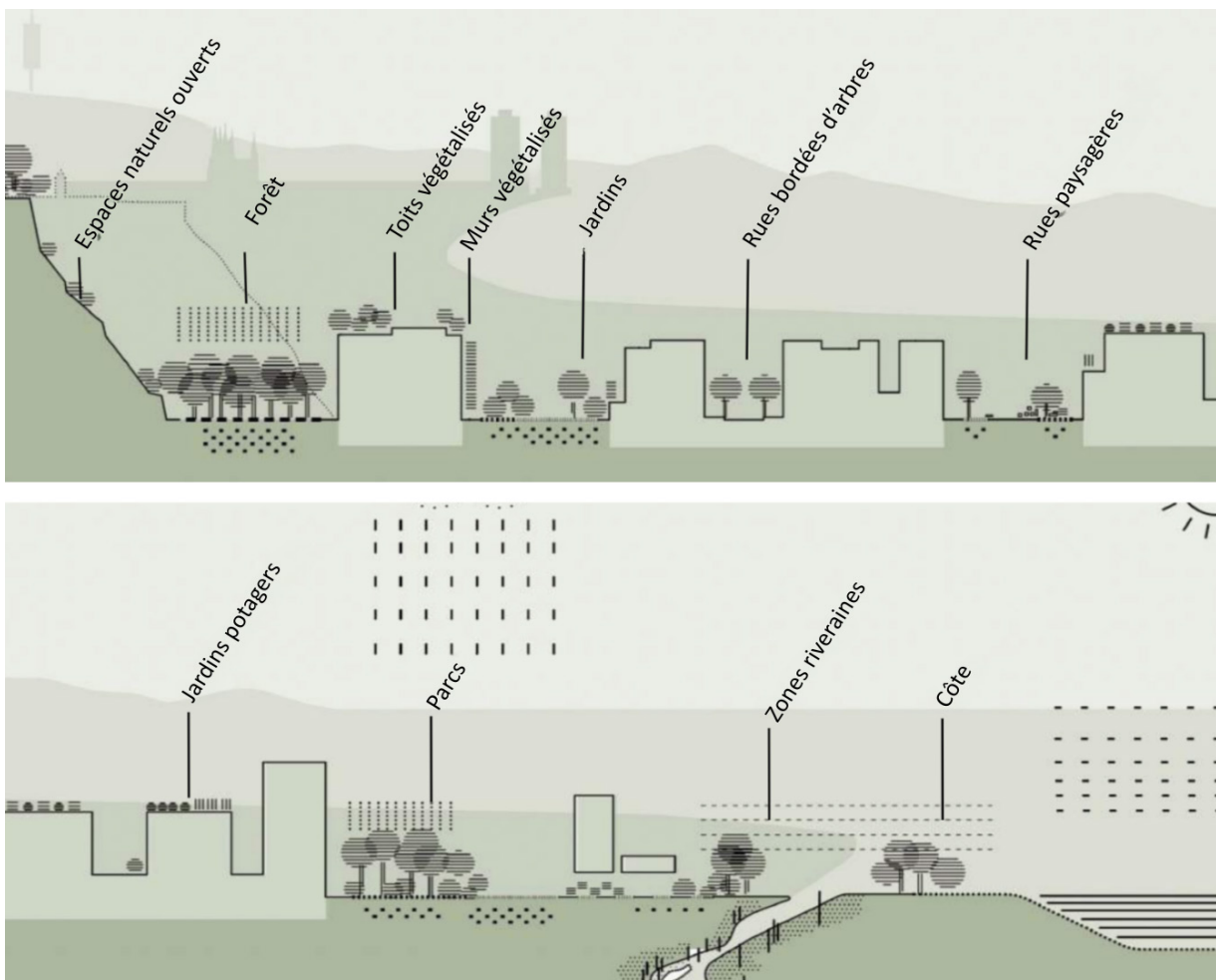


Fig.3 Types d'espaces verts urbains dans les villes.

Source : Adapté du Plan pour les infrastructures vertes et la biodiversité de Barcelone 2020. (n.d.)



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Approche

Cette analyse s'appuie sur le critère n° 2 de la Norme mondiale de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature, « Concevoir à l'échelle », qui souligne l'importance de concevoir des solutions adaptées à l'échelle et au contexte, intégrant les systèmes économiques, sociaux et écologiques (Norme mondiale de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature : première édition, 2020). Dans ce contexte, étant donné que la pollution atmosphérique émane de toutes les échelles géographiques, depuis le niveau local des bâtiments individuels (par exemple, les industries, la combustion de combustibles pour alimenter les bâtiments) jusqu'aux quartiers (par exemple, les bâtiments et les émissions liées au trafic), et s'étendant à l'échelle plus large des villes (impact cumulatif de toutes les émissions) (Manzueta et al., 2024), il est utile d'étudier quels types de solutions fondées sur la nature sont les plus appropriés pour une mise en œuvre adaptée à chaque niveau du tissu urbain. En effet, les solutions fondées sur la nature ne sont pas des solutions universelles, mais plutôt des mesures d'adaptation qui doivent être soigneusement conçues en fonction de l'échelle spatiale et des caractéristiques spécifiques du tissu urbain, et planifiées conjointement avec les processus d'atténuation des émissions.

Cet article propose une liste non exhaustive de solutions fondées sur la nature à mettre en œuvre, classées selon trois échelles : au niveau des bâtiments (local), au niveau des quartiers et des rues (intermédiaire) et au niveau de la ville (global). S'appuyant sur une analyse documentaire de diverses publications du Plan Bleu et d'autres recherches pertinentes sur les solutions fondées sur la nature, il fournit d'une part des informations quantitatives sur leurs coûts de mise en œuvre et d'entretien, provenant principalement des travaux de Panduro et al. (2021) - et d'autre part, un aperçu qualitatif de leurs besoins spatiaux, ainsi que de leurs avantages et limites. Il propose également des recommandations concrètes pour soutenir le déploiement efficace des solutions fondées sur la nature, dans le but de renforcer la résilience urbaine face à la pollution atmosphérique et au changement climatique.

Les solutions fondées sur la nature comme solution pour lutter contre la pollution atmosphérique

Les éléments naturels agissent comme des filtres en capturant les polluants atmosphériques - tant les gaz (par exemple, NO_x, ozone, CO₂) que les particules fines - grâce à des mécanismes tels que le dépôt sec et l'absorption stomatique⁵. Ces polluants proviennent à la fois d'activités humaines (par exemple, l'industrie, les transports) et de processus naturels (par exemple, les feux de forêt) (Singh et al., 2023). Cependant, l'efficacité de la végétation pour améliorer la qualité de l'air en séquestrant les polluants atmosphériques dépend des caractéristiques physiologiques des espèces (par exemple, le type de feuillage, la taille des feuilles, la structure de la couronne, le comportement stomatique) et de la dynamique saisonnière (Calfapietra, 2020). De plus, les stratégies de verdissement urbain devraient donner la priorité à la diversité végétale tout en évitant l'utilisation d'espèces exotiques envahissantes, de végétation hautement inflammable et d'espèces connues pour déclencher des réactions allergiques.

Quelles solutions fondées sur la nature dans le tissu urbain ?

Au niveau d'un bâtiment : Bâtiments écologiques

Les toits et murs végétalisés offrent une solution multifonctionnelle pour réduire la pollution atmosphérique, particulièrement adaptée aux villes densément peuplées où l'espace est limité. En utilisant les surfaces horizontales et verticales des bâtiments existants, ils exploitent des espaces autrement sous-utilisés, intégrant des infrastructures vertes sans empiéter sur les précieux terrains au niveau du sol. Cette stratégie spatiale est particulièrement avantageuse dans les environnements urbains compacts où la création de nouveaux espaces verts est limitée. De plus, leur coût d'opportunité relativement faible en termes d'utilisation des sols permet aux villes d'offrir des avantages socio-écologiques sans entrer en concurrence avec les fonctions urbaines essentielles (par exemple, le logement, les transports) (Panduro et al., 2021).

	Mise en place	Entretien
Toit végétalisé extensif	63 €/m ²	11.77 €/m ²
Toit végétalisé intensif	185 €/m ²	14.01 €/m ²
Mur végétalisé en nappe	797 €/m ²	61 €/m ²
Mur végétalisé grimpant	55 €/m ²	9.5 €/m ²

Tableau 1 : Coût d'installation et d'entretien des toitures végétalisées et des murs végétalisés en France (2021).
Source: Panduro et al. (2021) from L'Institut Paris Region (2021)

5. Processus par lequel les pores présents dans l'épiderme des feuilles peuvent améliorer la qualité de l'air en capturant les polluants.



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Il existe deux types de toitures végétalisées : les toitures extensives, qui peuvent être ajoutées à des bâtiments existants sans nécessiter de renforcement structurel, et les toitures intensives, qui nécessitent généralement des bâtiments spécialement conçus pour les supporter. Les coûts de construction varient en fonction de facteurs tels que le choix des matériaux, les techniques d'installation et les coûts de main-d'œuvre locaux. La réussite de la mise en

œuvre dépend d'une conception appropriée, de matériaux de qualité et d'une installation réalisée par des professionnels qualifiés. Le tableau 1 présente les coûts d'installation et d'entretien (L'Institut Paris Région, 2021) des toitures végétalisées extensives et intensives, mais aussi des murs végétalisés les plus coûteux (en nappes) et les moins coûteux (grimpants) en France⁶ (Panduro et al., 2021).



Figure 4 : Bâtiments écologiques à Paris : un toit végétalisé semi-intensif et mur couvert de plantes grimpanes.
Source: Mairie de Paris (2024)



Figure 5 : Bâtiments écologiques à Paris : un toit végétalisé semi-intensif et mur couvert de plantes grimpanes.
Source: Mairie de Paris (2024)

⁶. L'emplacement exact n'est pas précisé.



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Un projet pertinent a été mené à Izmir, en Turquie, dans le cadre de l'initiative Horizon 2020 URBAN GreenUp, qui visait à lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain et à réduire la pollution atmosphérique. Parmi diverses interventions à petite échelle basées sur la nature, des toitures végétalisées ont été mises en place au-dessus de parkings afin de réduire les températures, d'étendre les EVU et d'améliorer la durabilité (Plan Bleu, 2024). Cette intervention devait permettre de réduire les émissions de gaz organiques par évaporation d'environ 2 % et les émissions de NOx de moins de 1 % (IZMIR (Turquie) – RENATURATION DU PLAN URBAIN AVEC DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE). (n.d.).

Les toitures végétalisées peuvent apparaître comme une solution rentable par rapport aux toitures traditionnelles. Comme l'illustre la figure 6, les toitures végétalisées et les toitures fraîches présentent des avantages similaires. Cependant, les toitures végétalisées, bien que modérément efficaces, se distinguent comme une option plus favorable pour améliorer la qualité de l'air dans les environnements urbains (Panduro et al., 2021).

D'un point de vue économique, bien que les toitures végétalisées puissent entraîner des coûts d'installation initiaux plus élevés que les toitures convention-

nelles ou fraîches, elles peuvent devenir 20 à 25 % moins coûteuses à long terme si l'on tient compte des économies réalisées en matière de chauffage et de climatisation. Les économies globales peuvent atteindre jusqu'à 40 % lorsqu'on inclut les avantages non marchands (par exemple, la rétention des eaux pluviales) (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2020). Toutefois, ces estimations dépendent des conditions locales, notamment des prix de l'énergie, des mesures incitatives politiques et des méthodes utilisées pour évaluer les avantages environnementaux. Une étude menée par Berto et al. (2018) à Trieste (nord-est de l'Italie) a comparé les toitures extensives et les toitures fraîches sur une période de 40 ans pour une superficie de 400 m². Malgré la différence de coût initial, les toitures végétalisées se sont finalement révélées légèrement plus rentables (76 443 € contre 77 100 €), principalement en raison de leur durée de vie plus longue et de leurs coûts d'entretien moins élevés, qui influencent les résultats au même titre que le taux d'actualisation (Berto et al., 2018). Compte tenu de la différence marginale de coût, une évaluation plus large des toitures végétalisées pourrait s'avérer pertinente, en particulier si l'on tient compte des avantages connexes autres que la réduction de la pollution atmosphérique.

Classement des avantages potentiels

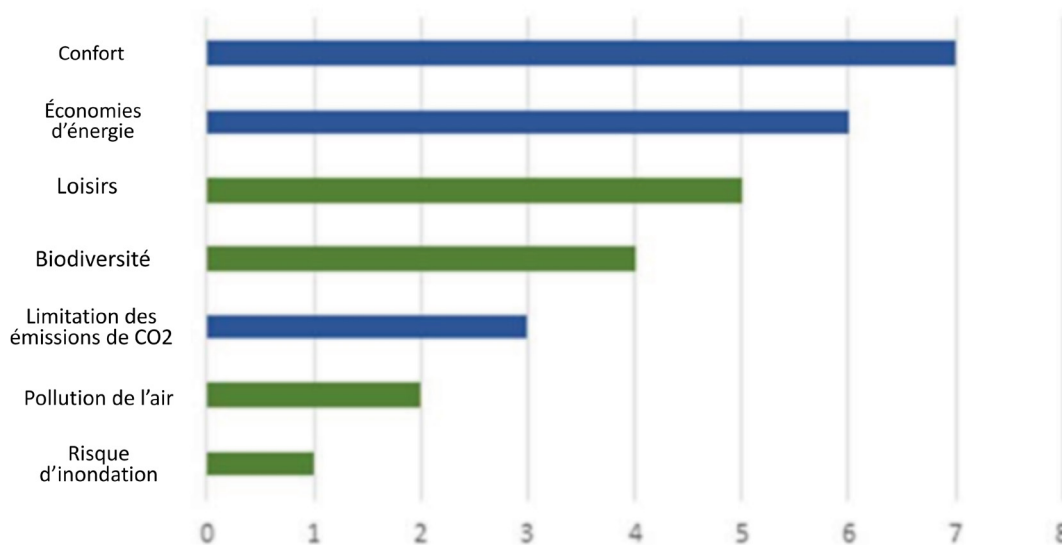


Fig.6 Classement indicatif des avantages potentiels des toitures végétalisées et des toitures fraîches. La colonne verte concerne spécifiquement les toitures végétalisées, tandis que la colonne bleue représente les avantages communs également aux toitures fraîches.

Source: Panduro et al. (2021)



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Au niveau des quartiers et des paysages urbains : le rôle des arbres de rue

Élément clé de la règle des espaces verts 3-30-300⁸, les arbres de rue permettent une utilisation efficace de l'espace limité, car ils conviennent aux bandes étroites, aux trottoirs ou aux zones sous-utilisées, ce qui les rend parfaitement adaptés aux environnements urbains denses. Le volume typique des fosses de plantation varie entre 1 et 10 m³ par arbre (Pauleit, 2002). Bien que plus petits que les grands espaces verts (par exemple, les bois, les forêts urbaines), ils sont néanmoins en concurrence avec les besoins urbains tels que les parkings, les pistes cyclables ou l'extension des bâtiments. Cependant, avec une durée de vie supérieure à 50 ans, les arbres de rue permettent non seulement de gagner de l'espace, mais aussi de réduire considérablement la pollution atmosphérique, surpassant ainsi les toits végétalisés, les murs végétalisés et les zones humides (Panduro et al., 2021). Par exemple, les arbres bordant les routes à Istanbul peuvent réduire les niveaux de PM_{2,5} de 17 %, et les arbres bordant les avenues en Chine peuvent réduire les niveaux de PM₁₀ de 39 % à 89 %, selon les conditions de vent (Ozdemir, H. 2019 ; Ren et al., 2023). Reflétant cette prise de conscience croissante, des villes comme Lyon (France) ont lancé des plans nature ambitieux : la municipalité vise à planter 100 000 nouveaux arbres et a déjà transformé 7 500 m² de surfaces pavées en espaces verts, avec un budget de 141 millions d'euros consacré à la végétalisation de l'espace urbain et à la création de couloirs de refroidissement dans les quartiers.

D'un point de vue économique, les coûts liés à la plantation d'arbres dans les rues varient entre environ 100 € et 2 000 € par arbre dans les villes européennes, un coût qui comprend l'acquisition des arbres et la préparation du site (Pauleit, 2002). Les arbres de rue nécessitent un entretien continu, notamment l'élagage, la lutte contre les parasites et l'arrosage, qui doivent être intégrés dans les budgets municipaux. Les coûts d'entretien à Lisbonne, au Portugal, sont estimés à 43,51 € par unité (2011). L'interférence des racines avec les routes ou les trottoirs a été identifiée comme un défi potentiel, soulignant l'importance d'une conception et d'une planification réfléchies dans la mise en place d'arbres de rue (Panduro et al., 2021).

À Barcelone (Espagne), le Plan pour les infrastructures vertes et la biodiversité à l'horizon 2020 constitue un exemple phare des efforts de verdissement urbain. Ce plan vise à augmenter le nombre et la diversité des arbres de rue, à étendre la surface de sol disponible pour leur croissance et à améliorer la quantité et la qualité globales des espaces verts (Plan Bleu, 2024 ; Eklipse, 2017).



Fig.7 Arbres bordant les rues du quartier de l'Eixample à Barcelone.
Source: Àrea d'Ecologia et al (2017)



Fig 8. Le lac Ichkeul en Tunisie.
Source: Garcia (2021)



Fig 9. Parc municipal Camaldoli à Naples.
Source: Garcia (2021)

⁸. Les habitants des villes devraient pouvoir voir trois arbres depuis leur domicile, bénéficier d'une couverture arborée de 30 % dans leur quartier et se trouver à moins de 300 mètres d'un espace vert (Konijnendijk, 2021).

⁹. Particules solides de diamètre <10 µm.



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Au niveau de la ville : Espaces verts et espaces bleus urbains

Les espaces verts urbains (EVU), tels que les parcs, les forêts et les bois, et les espaces bleus urbains (EBU), notamment les zones humides, les étangs et les lacs, sont tous deux des solutions fondées sur la nature durables dont la durée de vie dépasse 50 ans. Ils fournissent des services écosystémiques essentiels : Les EVU sont particulièrement efficaces pour réduire la pollution atmosphérique, principalement grâce à leur végétation abondante, tandis que les EBU contribuent à la purification de l'air et de l'eau. Les deux solutions fondées sur la nature sont efficaces pour atténuer les inondations – même si les EBU ont tendance à être plus performants à cet égard – et contribuent à offrir des possibilités de loisirs tout en améliorant les valeurs esthétiques et sociales des environnements urbains (Panduro et al., 2021).

À titre d'exemple, on estime que les infrastructures vertes urbaines éliminent environ 1 148 Mg¹⁰ de PM10 par an, ce qui correspond à une valeur monétaire de 36 millions d'euros par an dans la ville métropolitaine de Naples, où environ 20 % des terres sont couvertes de végétation, et à une perte de 3 millions d'euros après un incendie dévastateur qui a clairement réduit la capacité d'élimination des PM10 (Sebastiani et al., 2021). Cela souligne l'importance de préserver les infrastructures vertes, car leur dégradation peut avoir des conséquences économiques importantes pour les villes.

De l'autre côté du bassin méditerranéen, on trouve un exemple pertinent à Alexandrie (Égypte), où un projet lutte contre les inondations urbaines grâce à des solutions naturelles, telles que des étangs humides qui favorisent les microclimats urbains, la recharge des nappes phréatiques et l'amélioration des espaces de loisirs. Ces solutions sont adaptées au tissu urbain diversifié d'Alexandrie, garantissant les avantages environnementaux les plus appropriés pour chaque zone (Plan Bleu, 2024).

Malgré leurs avantages pour l'environnement et la santé, les EVU et les EBU sont confrontés à une limitation commune : la superficie importante qu'ils requièrent. Dans les zones urbaines densément peuplées, où les terrains sont rares et coûteux, cela représente un défi majeur. Cependant, la mise en œuvre de ces solutions en périphérie des villes peut contribuer à réduire les coûts d'implantation, car les terrains y sont généralement moins chers et la concurrence pour leur utilisation moins intense (Pan-

duro et al., 2021). Afin de garantir que des terrains soient réservés aux espaces naturels, des outils réglementaires tels que les « coupures d'urbanisation »¹¹ (exigées par la loi française sur le littoral) offrent une opportunité supplémentaire de préserver ou de créer des espaces naturels au sein des continuums urbains. Ces zones tampons non urbanisées, prévues dans les documents d'urbanisme, peuvent servir de corridors écologiques avec des terrains réservés à de futurs espaces verts ou bleus. L'intégration d'instruments similaires dans les cadres d'urbanisme des pays méditerranéens pourrait renforcer la résilience côtière tout en limitant l'étalement urbain.

Sur le plan économique, la création d'espaces verts ou bleus en milieu urbain nécessite des investissements initiaux élevés. Pour les EVU, cela comprend souvent le traitement du sol, l'aménagement paysager, la plantation et l'installation d'éléments tels que des bancs, des allées ou des aires de jeux. De même, le développement d'un EBU nécessite généralement des travaux d'excavation, de défrichage, d'aménagement paysager et parfois des infrastructures supplémentaires. Les coûts pour ces deux types d'espaces varient en fonction de leur taille, de la complexité de leur conception et des équipements inclus, mais les projets de plus grande envergure bénéficient souvent d'économies d'échelle.

Les coûts de main-d'œuvre ont une incidence significative sur les dépenses initiales, rendant les projets plus réalisables dans les régions où les salaires sont moins élevés. Des exemples illustrent ces coûts : à Getxo (Espagne), la création d'un nouvel EVU a été estimée à 23,29 €/m² (2019), tandis qu'à Gonesse, près de Paris (France), le coût moyen de création d'une zone humide était de 1,6 €/m². Les ratios de rentabilité ont été estimés à Gonesse pour la création et l'entretien d'une zone humide (et de petits étangs) à 38 €/m³ et à 838 €/m³ pour l'installation de bassins ouverts en béton. Cela suggère que les solutions fondées sur la nature telles que les zones humides, en particulier lorsqu'elles sont restaurées et protégées, peuvent constituer des stratégies plus rentables (Panduro et al., 2021).

La maintenance est un autre aspect économique à prendre en compte tant pour les EVU que pour les EBU. Les EVU nécessitent un entretien régulier des espaces verts, le ramassage des déchets et des mesures de sécurité, ainsi que l'entretien du parc. Par exemple, dans la région de Vénétie (Italie) en 2012, les coûts d'entretien s'élevaient en moyenne à 1,10 € par m² (Tempesta, 2016). L'entretien des zones humides comprend la restauration de l'habitat, la surveillance

10. Mégagramme (tonnes)

11. Pour plus d'information : [lien](#).



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

de la qualité de l'eau et l'enlèvement des débris, avec des coûts d'entretien pour les zones humides de Gonesse de 0,5 €/m². Sans un entretien adéquat, les espaces verts et bleus risquent de se dégrader, ce qui soulève des préoccupations environnementales, sociales et sécuritaires (Panduro et al., 2021).

Principaux avantages connexes des solutions fondées sur la nature

Les solutions fondées sur la nature (NbS) abordées dans le présent document contribuent non seulement à améliorer la qualité de l'air, mais offrent également de multiples avantages supplémentaires dans divers secteurs (figure 10), tels que la réduction des températures urbaines et de la demande énergétique – essentielle dans les villes méditerranéennes exposées à des conditions météorologiques extrêmes comme les vagues de chaleur et les sécheresses – en fournissant de l'ombre et en améliorant le refroidissement de l'air et l'humidité grâce à l'évapotranspiration. Cela devient crucial compte tenu des prévisions d'augmentation des températures et d'intensification des vagues de chaleur en termes de durée et de températures maximales (MAR1 - MedECC, 2020). La réduction de la chaleur entraîne également une diminution des besoins en climatisation, des économies d'énergie et une réduction globale de l'empreinte carbone des villes (Calfapietra, 2020).

Ces solutions fondées sur la nature peuvent également contribuer à absorber les précipitations, à réduire le ruissellement et à soulager la pression sur les systèmes de drainage, jouant ainsi un rôle clé dans la prévention des risques d'inondation. Parallèlement, elles améliorent la qualité de vie en renforçant la santé physique et mentale. Elles favorisent la biodiversité, encouragent la régénération urbaine et reconnectent les habitants à la nature, ce qui favorise la détente et le bien-être. La proximité d'espaces verts a été associée à une réduction des risques de maladies cardiovasculaires et liées à l'obésité (Calfapietra, 2020). De plus, la nature urbaine, si elle est bien mise en œuvre, favorise également la cohésion sociale et le développement durable des communautés, contribuant ainsi à un environnement plus sain et plus inclusif (Plan Bleu, 2024).

Enfin, elles offrent des alternatives rentables aux infrastructures traditionnelles, tout en générant des économies à long terme en matière d'énergie, de santé publique et de gestion des eaux pluviales. Elles stimulent également les économies locales en attirant les touristes et en augmentant la fréquentation des zones commerciales (Plan Bleu, 2024).

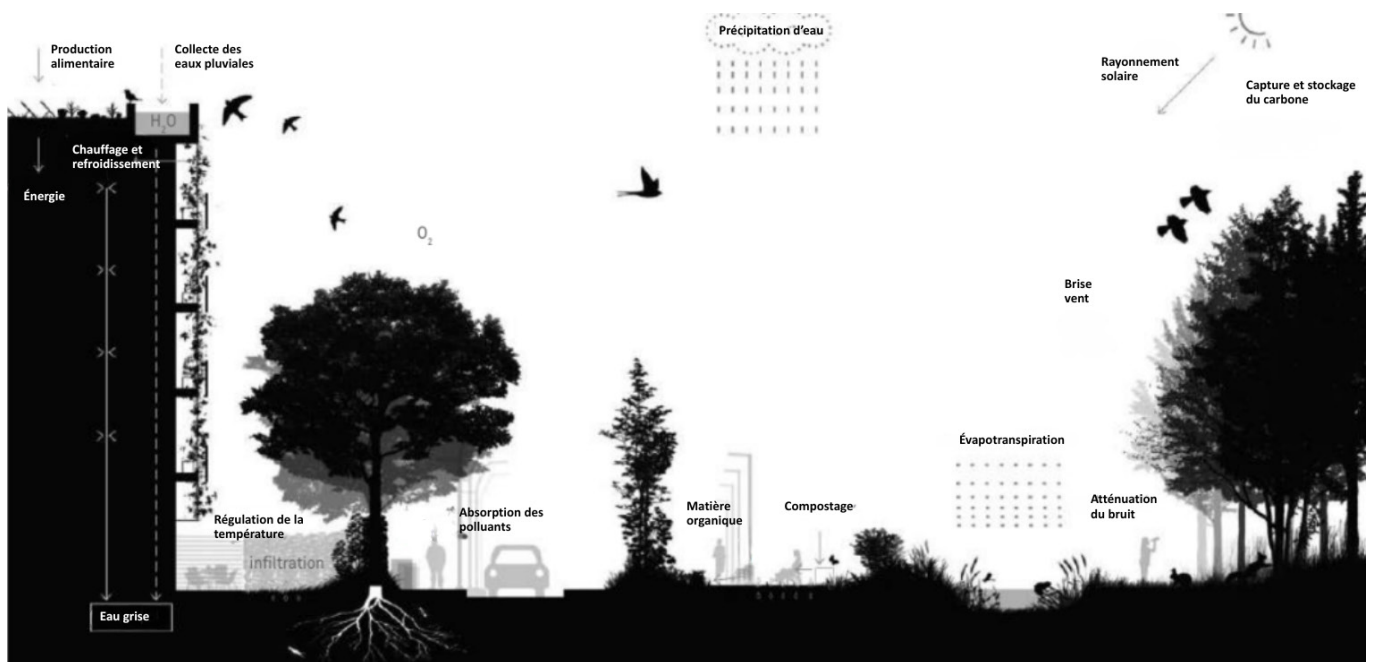


Fig.10 Principaux avantages connexes de l'écologisation des espaces urbains.
Source : Plan 2020 pour les infrastructures vertes et la biodiversité à Barcelone. (n.d.)



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Conclusion et recommandations

En fonction de l'échelle envisagée, différentes solutions fondées sur la nature peuvent être conçues, allant d'options à l'échelle locale et peu encombrantes, telles que les toits végétalisés, à des parcs urbains et des zones humides à l'échelle des villes, qui contribuent tous à réduire la pollution atmosphérique. Pour maximiser leur impact, l'urbanisme doit privilégier des interventions intégrées et adaptées au contexte, en favorisant des solutions compactes dans les zones densément peuplées tout en préservant, dans la mesure du possible, des espaces pour des solutions plus vastes. Assurer une transition juste, promouvoir la cohésion sociale et combiner plusieurs interventions à petite échelle pour offrir une approche holistique peut améliorer les résultats.

Afin de soutenir des investissements à grande échelle et durables dans les solutions fondées sur la nature, il est utile d'étudier les moyens d'améliorer l'intégration des mécanismes de financement. Des instruments tels que les obligations vertes ou les mécanismes de financement mixte constituent des outils potentiels pour attirer les capitaux publics et privés, réduire les risques d'investissement et renforcer la viabilité à long terme des solutions fondées sur la nature. Comprendre comment ces mécanismes s'alignent sur les cadres d'urbanisme existants pourrait éclairer les stratégies futures visant à étendre la mise en œuvre des solutions fondées sur la nature.

Parallèlement, les approches hybrides qui combinent des mesures réglementaires de lutte contre la pollution atmosphérique (par exemple, les zones

à faibles émissions) peuvent avoir des effets plus importants et plus durables. Les solutions fondées sur la nature ne peuvent à elles seules résoudre le problème de la pollution atmosphérique urbaine et doivent être accompagnées de politiques rigoureuses de réduction des émissions. En Méditerranée, la Convention de Barcelone favorise cette complémentarité : la Stratégie méditerranéenne pour le développement durable (SMDD) identifie le verdissement urbain comme un indicateur clé¹², tandis que des mesures réglementaires récentes, telles que l'entrée en vigueur de la zone de contrôle des émissions de soufre (SECA) et les efforts en cours pour créer une zone de contrôle des émissions d'azote (NECA)¹³, illustrent des actions concrètes visant à réduire les émissions et à renforcer le rôle des solutions fondées sur la nature.

Tableau récapitulatif

Le tableau récapitulatif s'appuie à la fois sur les données qualitatives et quantitatives présentées dans l'article. Il est toutefois important de noter que les résultats relatifs à l'efficacité de la réduction de la pollution atmosphérique sont principalement tirés de Panduro et al (2021) et doivent être interprétés avec prudence. Les résultats en matière d'atténuation sont très spécifiques aux types de pollution, aux solutions fondées sur la nature envisagées et au contexte urbain, ce qui rend difficile l'extraction de données précises et généralisables à partir de la littérature. De plus, la légende des niveaux de coûts a été élaborée à partir des exemples présentés tout au long du document.

Échelle du tissu urbain	Type de NbS	Caractéristiques spatiales	Efficacité en termes d'atténuation de la pollution atmosphérique	Niveau de coût	Le coût dépend de
Niveau du bâtiment	Toits végétalisés	Spatialement efficace		Modéré à élevé	Matériaux, main-d'œuvre, techniques, capacités structurales (extensive, intensive)
	Murs végétalisés	Spatialement efficace		Modéré à élevé	Matériaux, main-d'œuvre, techniques, type de paroi et essences employées, irrigation
Niveau de la rue/du quartier	Arbres de rue	Ajusté à la largeur		Modéré à élevé	Essences d'arbre, travaux de préparation, main-d'œuvre, entretien à long terme
Niveau de la ville/périurbain	Espaces verts (terrains boisés, parcs urbains)	Grande échelle		Faible à modéré	Prix du foncier, étendue, main-d'œuvre, complexité de la conception, essences employées, état du site
	Espaces bleus (zones humides)	Grande échelle		Faible à modéré	Excavation, étendue, main-d'œuvre, infrastructure, état du site

Niveau de coût	Faible	Modéré	Élevé
Faible	≤ 25 €/m ² or ≤ 100 €/unit		
Modéré		≥ 26 €/m ² or ≥ 101 €/unit	
Élevé			≥ 150 €/m ² or ≥ 1000 €/unit

¹². Indicateur relevant de l'objectif 3.1 de la SMDD, visant à promouvoir des processus holistiques et intégrés d'aménagement du territoire, parallèlement à un meilleur respect des réglementations applicables, afin de renforcer la cohésion économique, sociale et territoriale tout en réduisant les pressions sur l'environnement ([lien](#)).

¹³. Pour plus d'information : (1) ECAMED : étude de faisabilité technique pour la mise en place d'une zone de contrôle des émissions (ECA) en mer Méditerranée (2019, [lien](#)) ; (2) Réactions du marché et répartition des coûts liés à la désignation éventuelle de la mer Méditerranée dans son ensemble comme zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre (Med SOX ECA) (2022, [lien](#)).



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Bibliographie

- Berto, R., Stival, C. A., & Rosato, P. (2018). Enhancing the environmental performance of industrial settlements: An economic evaluation of extensive green roof competitiveness | Demander le PDF. ResearchGate. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.032>
- Plan 2020 pour les infrastructures vertes et la biodiversité à Barcelone. (n.d.). Consulté le 28 avril 2025, à l'adresse <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/barcelona-trees-tempering-the-mediterranean-city-climate/11302639.pdf>
- Calfapietra, C. (2020). Nature-based solutions for microclimate regulation and air quality: analysis of EU funded projects. Office des publications de l'Union européenne. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/383904>
- Dulac, F., Hamonou, E., Afif, C., Alkama, R., Ancona, C., Annesi-Maesano, I., Zbinden, R. (2016). Chapitre 4 Air quality and climate in the Mediterranean region. In J.-P. Moatti & S. Thiébaud (Eds.), *The Mediterranean region under climate change: A scientific update* (pp. 145–150). IRD Éditions. <https://books.openedition.org/irdeditions/23199>
- Eclipse. (2017). An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects. <https://eclipse.eu/request-nbs/>
- IUCN. (2020). IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: First edition. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.en>
- Konijnendijk, C. (2021). (PDF) The 3-30-300 Rule for Urban Forestry and Greener Cities. https://www.researchgate.net/publication/353571108_The_3-30-300_Rule_for_Urban_Forestry_and_Greener_Cities
- Manzueta, R., Kumar, P., Ariño, A. H., & Martín-Gómez, C. (2024). Strategies to reduce air pollution emissions from urban residential buildings. *Science of The Total Environment*, 951, 175809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175809>
- MAR1 - MedECC (2020). Changement climatique et environnemental dans le bassin méditerranéen - Situation actuelle et risques pour le futur. Premier rapport d'évaluation sur la Méditerranée. <https://www.medecc.org/medecc-reports/climate-and-environmental-change-in-the-mediterranean-basin-current-situation-and-risks-for-the-future-1st-mediterranean-assessment-report/>
- MED2050 pour une Méditerranée durable et résiliente. (2025). Plan Bleu : Environnement et développement en Méditerranée. <https://planbleu.org/publications/la-mediterranee-a-lhorizon-2050/>
- Ozdemir, H. (2019). Mitigation impact of roadside trees on fine particle pollution. *Science of The Total Environment*, 659, 1176–1185. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.262>
- Panduro, T. E., Nainggolan, D., Taylor, T., & Zandersen, M. (2021). Cost-effectiveness of nature based solutions in the urban environment: REGREEN Deliverable D2.3 [Rapport]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10607708>
- Pauleit, S. (2002). (PDF) Tree establishment practice in towns and cities – Results from a European survey. ResearchGate. <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00009>
- Plan Bleu. (2020). 10 infographies pour comprendre l'état de l'environnement et du développement en Méditerranée. Consulté le 16 avril 2025, à l'adresse <https://planbleu.org/publications/10-infographies-pour-comprendre-letat-de-lenvironnement-et-du-developpement-en-mediterranee-en-2020/>
- Plan Bleu. (2024). Solutions fondées sur la nature pour les villes méditerranéennes. <https://planbleu.org/publications/solutions-fondees-sur-la-nature-pour-les-villes-mediterraneennes/>
- RED 2020 : Rapport sur l'état de l'environnement en Méditerranée. (2020). Plan Bleu : Environnement et développement en Méditerranée. <https://planbleu.org/soed/>
- Ren, F., Qiu, Z., Liu, Z., Bai, H., & Gao, H. O. (2023). Trees help reduce street-side air pollution: A focus on cyclist and pedestrian exposure risk. *Building and Environment*, 229, 109923. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109923>
- Sebastiani, A., Buonocore, E., Franzese, P. P., Riccio, A., Chianese, E., Nardella, L., & Manes, F. (2021). Modeling air quality regulation by green infrastructure in a Mediterranean coastal urban area: The removal of PM10 in the Metropolitan City of Naples



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

(Italy). *Ecological Modelling*, 440, 109383. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109383>

Singh, A. K., Kumar, M., Baudh, K., & Singh, A. (2023). Environmental impacts of air pollution and its abatement by plant species: A comprehensive review. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28164-x>

Tempesta, T. (2016). Benefits and costs of urban parks: a review | *Aestimum*. <https://oaj.fupress.net/index.php/ceset/article/view/5630>

United Nations Environment Programme. (2020). *The Economics of Nature-based Solutions: Current Status and Future Priorities*. United Nations Environment Programme Nairobi.

Organisation mondiale de la santé (OMS). (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://iris.who.int/handle/10665/345329>

IZMIR (TURKIYE) – RE-NATURING URBAN PLAN WITH NBS. (n.d.). Consulté le 23 avril 2025, à l'adresse <https://www.urbangreenup.eu/cities/front-runners/izmir/izmir-turkey-re-naturing-urban-plan-with-nbs.kl>

800 nouveaux arbres plantés, Lyon poursuit son plan nature en ville. (2022, 20 décembre). France 3 Auvergne-Rhône-Alpes. <https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/rhone/800-nouveaux-arbres-plantés-lyon-poursuit-son-plan-nature-en-ville-2679176.html>

Illustration :

Àrea d'Ecologia, U. i M., Urbans, G. A. de M. A. i S., Biodiversitat, D. d'Espais V. i, d'Ecologia, C., Guittart, J., Martí, I., Rull, C., Bayo, L., & París López, A. (2017). *Trees for life: Master Plan for Barcelona's Trees 2017 - 2037*. <https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/handle/11703/102492>

Camaldoli City Park - NapoliForMe. (n.d.). Consulté le 30 avril 2025, à l'adresse <https://napoliforme.comune.napoli.it/en/pois/-/poi/Camaldoli-City-Park>
Garcia, S. (25 janvier 2021). Des corridors environnementaux pour les oiseaux autour du lac d'Ichkeul en Tunisie. *Univet Nature*. <https://univetnature.org/2021/01/25/des-corridors-environnementaux-pour-les-oiseaux-autour-du-lac-dichkeul-en-tunisie/>

Végétaliser les toits et les murs. (n.d.). Consulté le 30 avril 2025, à l'adresse <https://www.paris.fr/pages/la-vegetalisation-du-bati-21439>



Solutions fondées sur la nature en Méditerranée : Comment la nature peut-elle aider à lutter contre la crise de l'augmentation de la pollution atmosphérique ?

Avertissement

Les désignations employées et la présentation des informations dans cette publication n'impliquent l'expression d'aucune opinion de la part du PNUE/PAM, du Plan Bleu ou des organisations contributrices quant au statut juridique de tout pays, territoire, ville ou zone, ni de leurs autorités, ni quant à la délimitation de leurs frontières ou limites. Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du PNUE/PAM, du Plan Bleu ou des organisations contributrices.

Droits d'auteur

La présente publication peut être reproduite, en tout ou en partie et sous toute forme, à des fins éducatives ou non lucratives, sans autorisation préalable du titulaire des droits d'auteur, à condition que la source soit dûment mentionnée. Le Plan Bleu apprécierait de recevoir un exemplaire de toute publication utilisant ce document comme source. La présente publication ne peut être utilisée à des fins de revente ou à toute autre fin commerciale sans l'autorisation écrite préalable du Plan Bleu.

© 2025 Plan Bleu

Financé par



FONDATION
PRINCE ALBERT II
DE MONACO



PLAN BLEU

Centre d'activités régionales du PNUE/PAM
Marseille, France

planbleu@planbleu.org - www.planbleu.org

Directeur de publication: **Robin Degron** Autrice: **Aliki Sofos** Relecteurs : **Antoine Lafitte,**

Samson Bellières, Constantin Tsakas, Arnaud Terrisse, Alice Wittvrongel

Conception graphique : **Christelle El Selfani**

Dépôt légal : N° ISSN 2606 61 06



Mediterranean
Action Plan
Barcelona
Convention

