



**JARDIN
D'EXPÉRIMENTATION
D'EUROMÉDITERRANÉE
2020-2024**

RETOUR D'EXPÉRIENCE

**D'UNE DÉMARCHE INÉDITE D'INNOVATION AU SERVICE
DE LA VILLE DURABLE MÉDITERRANÉENNE**

© DR EPAEM, Efficacity, Michèle Clavel

SOMMAIRE

Introduction : c'est l'histoire d'un jardin un peu particulier	4
À propos de ce document : un « REX » conçu collectivement	10

1	Immersion dans le jardin d'expérimentation des Fabriques : un espace transitoire dédié à l'innovation urbaine	12
	1-1 : La vocation du jardin : accueillir des expérimentations sur la Ville Durable Méditerranéenne	16
	1-2 : Les impacts visés : la résilience des espaces publics	19
	1-3 : Son histoire : le jardin d'expérimentation en 10 moments déclencheurs	22

2	Les enseignements : qu'avons-nous appris des expérimentations et de la démarche ?	32
	2-1 : Expérimentation #1 - « Matériaux drainants »	34
	2-2 : Expérimentation #2 - « Régénérer des terres végétales »	50
	2-3 : Expérimentation #3 - « Associations végétales »	62
	2-4 : Expérimentation #4 - « Arrosages alternatifs »	72
	2-5 : Un jardin pour dynamiser la culture de l'innovation publique	80

3	« Ouvrir le capot » de la démarche : comment s'y est-on pris ?	88
	3-1 : Le « code source » du jardin d'expérimentation : de la conception à la fermeture en 13 grandes étapes	90
	3-2 : Si c'était à refaire, s'y prendrait-on différemment ?	93

4	Et après ? Deux nouveaux jardins d'expérimentation sur Euroméditerranée	96
	4-1 : Co-concevoir un espace public avec les habitants : le jardin des Fabriques	98
	4-2 : Vers un nouveau jardin d'expérimentation sur le futur parc du ruisseau des Aygaldes	100

5	Synthèse du rapport	102
----------	----------------------------	-----

6	Ressources : pour aller plus loin	112
----------	--	-----

Licence : Creative Commons 4.0 : <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

Directeur de la publication : Stéphane Ghio, Euroméditerranée

Coordination de la publication : Renaud Francou, Efficacy

Rédaction : Renaud Francou (Efficacy) en collaboration avec Brice Chandon (Euroméditerranée),

Isabelle Vignolles, Maël Camus, Louise Authier (Ilex Paysages + Urbanisme) et Sébastien Brisson (Egis),

Ont également contribué à cette publication : Pascale Casalta, Pierre-Yves Fresneau, Stéphane Ghio, Juliette Keller, Mélanie Le Bas, Alice Noguier, Stéphane Richard et Dimitri Vrignaud (Euroméditerranée),

Photos de couverture : Efficacy, Linkcity, M. Clavel, DR EPAEM

INTRODUCTION

C'est l'histoire d'un jardin un peu particulier...

En 2020, le jardin d'expérimentation des Fabriques, fruit d'un projet commun imaginé par l'Etablissement Public d'Aménagement Euroméditerranée (EPAEM) et le groupement de maîtrise d'œuvre (MOE) des Fabriques (Agence Ilex Paysages + Urbanisme et Egis) voit ses premières pierres posées.

Cette première étape constitue un jalon majeur dans l'orientation des aménagements d'espaces publics sous maîtrise d'ouvrage EPAEM, notamment sur le sujet de la **gestion des eaux pluviales par infiltration**.

Situé en frange Nord du périmètre de l'Opération d'Intérêt National (OIN), le quartier des Fabriques est en effet l'opération pilote d'Euroméditerranée pour engager la transition écologique dans l'aménagement des espaces publics. L'ambition est de « *créer la ville méditerranéenne et littorale de demain, durable et innovante* ».

Quelques mois plus tard, le jardin d'expérimentation des Fabriques s'étend sur près de 2000 m² en bordure de la rue de Lyon, au cœur du nouveau quartier des Fabriques, alors en pleine construction. Mais l'histoire commence bien avant...



© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

UN ESPACE D'EXPÉRIMENTATION...

En 2009, l'EPAEM reçoit la labellisation « Ecocité¹ » et est alors accompagné par le Programme Investissements d'Avenir. Cela conduit l'opération à devenir **un territoire d'expérimentation de l'aménagement urbain**, permettant de tester, déployer et valoriser des services, procédés et technologies innovantes.

En 2018, Euroméditerranée lance le dispositif MOVE, qui désigne l'ensemble des actions de l'Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée et de ses partenaires qui s'inscrivent dans le temps court et s'adressent directement à l'usager, qu'il soit habitant-e, salarié, entrepreneur ou visiteur du territoire².

Ainsi, dès 2019, l'idée d'un espace public transitoire dédié à l'expérimentation urbaine est intégrée dans MOVE : initialement désigné par le terme « plateforme », il deviendra rapidement le **Jardin d'expérimentation des Fabriques**.



La construction du Jardin, février 2020
© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

1- EcoCité est une démarche issue du Grenelle de l'Environnement qui concourt à la réalisation de la ville de demain (.). : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/demarche-ecocite>
2- Voir la présentation du dispositif MOVE et ses premiers retours d'expérience dans la publication « MOVE - Mise en usage du territoire à urbanisme transitoire », 2022 https://www.euromediterranee.fr/sites/default/files/2022-10/DP%20MOVE%202022-EPAEM_compressed.pdf

... POUR TESTER GRANDEUR NATURE LES AMÉNAGEMENTS URBAINS DE DEMAIN

Afin de structurer et animer la démarche d'expérimentation collective, l'EPAEM et le groupement de maîtrise d'œuvre sont bientôt joints par deux acteurs de la Recherche : le CNRS de Montpellier, qui assure la direction scientifique des expérimentations sur la terre et les végétaux du site via notamment l'encadrement d'une thèse CIFRE, et l'Institut de R&D pour la Transition Énergétique (ITE) Efficacity³, qui anime la dynamique d'acteurs autour du Jardin et l'évaluation des expérimentations.

Sa fonction est désormais **d'accueillir et d'animer des tests de solutions pour la nature durable en ville**. Au fil du temps, il accueillera un grand nombre de visites et de contributions issues de paysagistes, urbanistes, entreprises de travaux publics, collectivités partenaires, élus, habitants...

En 2023, la portée du jardin d'expérimentation s'étend, avec le lancement du Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine qui rassemble l'EPAEM et les membres de son conseil d'administration, avec pour ambition de conduire des démarches innovantes d'aménagement et d'en partager les enseignements.

C'est en février 2024 que cet espace transitoire a fermé ses portes, conformément à ce qui était planifié au départ, l'emplacement étant prévu pour de futurs aménagements.



3- Créé en 2014 à l'initiative du Secrétariat général pour l'investissement (SGPI), Efficacity est un des 7 Instituts pour la Transition Énergétique (ITE). Efficacity est l'Institut français de R&D dédié à la transition énergétique et écologique des villes - <https://efficacity.com>

Ce document présente son histoire.

Il ambitionne de retracer les enseignements techniques, organisationnels et collaboratifs que le groupement à l'initiative du jardin (EPAEM, Ilex, Egis, Efficacity et le CNRS Montpellier) a souhaité partager avec tous les acteurs de l'aménagement engagés dans des voies neuves en faveur de la transition écologique.

À PROPOS DE CE DOCUMENT

Un « REX » conçu collectivement

Fruit d'un travail collectif entre l'EPAEM, Efficacity, Ilex, Egis et le CNRS de Montpellier, ce document a pour ambition de partager **trois familles d'enseignements** :

1. En premier lieu, les **résultats** des quatre expérimentations qui se sont déroulées sur le jardin d'expérimentation des Fabriques (la construction des protocoles, les principaux résultats, les réussites et les échecs) ;
2. Ensuite, la **traduction opérationnelle de ces résultats** dans les démarches d'aménagement d'espaces publics d'Euroméditerranée ;

3. Enfin, au-delà des expérimentations elles-mêmes, la **capacité d'acteurs hétérogènes** (aménageur public, collectivités gestionnaires, agences, entreprises, etc.) **à s'engager et à s'organiser dans une démarche neuve** d'aménagement urbain qui est, par bien des aspects, incertaine.

La particularité de ce retour d'expérience (REX) est sans doute son caractère opérationnel. En effet, **la démarche d'expérimentation grandeur nature sur le jardin d'expérimentation s'est réalisée en parallèle de l'avancement des opérations et non en amont.**

A titre d'exemple, des premiers choix de matériaux drainants ont été opérés dès mi-2021 sur une phase de travaux des Fabriques, sur la base de premiers résultats sur le jardin d'expérimentation (dont les seuils de drainabilité, d'albédo⁴, de premiers tests de nettoyage,...), mais sans disposer de l'ensemble des résultats.

C'est l'une des caractéristiques inédites de la présente démarche : **les expérimentations se sont ainsi sciennement déroulées « à ciel ouvert »**. Les résultats ont été partagés au fur et à mesure des visites sur site et des ateliers de travail. La liste des personnes et structures engagées dans le projet n'a cessé de s'étendre et des retours d'expérience intermédiaires ont été publiés.

Le présent rapport ne doit donc pas être considéré comme un rapport scientifique au sens strict du terme, qui témoignerait d'une démarche linéaire « Hypothèses > Tests > Evaluation » avant d'agir. La réalité est un peu plus complexe que cela, et c'est ce qui sera modestement restitué, dans les prochaines pages, à travers ce récit.

Cette précision étant faite, et comme le lecteur le verra, le présent rapport s'appuie sur un socle scientifique solide et le plus abouti possible au regard du caractère opérationnel décrit ci-dessus.

4 - L'albedo mesure la capacité d'une surface à renvoyer l'énergie solaire incidente - Source : <https://themacis-engineering.com/actualites/l'albedo/>

IMMERSION DANS LE JARDIN D'EXPÉRIMENTATION DES FABRIQUES : UN ESPACE TRANSITOIRE DEDIE À L'INNOVATION URBAINE

Le jardin d'expérimentation des Fabriques avait initialement une vocation essentiellement technique : un espace de test (de matériaux, d'associations végétales, de procédés de régénération de terres et de dispositifs d'arrosage) en situation. L'objectif initial était de bénéficier de retours d'expérience concrets, avant mise en œuvre et duplication sur un quartier entier.

Le lieu s'est avéré au fil du temps également être un espace symbolique de rencontres et de discussions entre l'aménageur, ses partenaires gestionnaires, les scientifiques ou encore les entreprises de travaux : apprendre en faisant, partager ses contraintes, ses incertitudes mais aussi - parfois - générer de nouvelles envies et idées !



Bienvenue sur les lieux !



36 fosses de plantations (6 m x 3,20 m et 1,5 m de profondeur) dédiées à tester la **régénération des sols** avec un faible apport de terre naturelle.

Deux dispositifs expérimentaux **d'arrosage par submersion** (via un caniveau et via un regard directement dans le massif), pour tester des alternatives à l'arrosage par goutte à goutte.



À RETENIR

Situé au cœur du nouveau quartier des Fabriques, le **jardin d'expérimentation** a occupé, pendant trois ans, un espace de 2000 m². Pensé d'emblée comme un lieu transitoire, il a été ouvert en 2020 et fermé début 2024 pour laisser la place à de nouveaux aménagements. Il a accueilli 56 planches de tests de matériaux drainants et 36 planches expérimentales de végétaux.

L'animation de la démarche a été assurée par quatre acteurs complémentaires : le maître d'ouvrage (EPAEM), le groupement de maîtrise d'œuvre (Ilex et Egis), le CNRS Montpellier et l'Institut de R&D Efficacity.

56 planches (entre 1 à 4 m²) pour tester de nouveaux **matériaux drainants** (bétons, enrobés et pavés à joints).

Près de 200 végétaux (« arbres tiges », arbustes, vivaces...) pour créer des **palettes végétales** adaptées au réchauffement climatique, et qui favorisent les interactions synergiques entre plantes voisines et entre les plantes et le sol.



Pensé comme un « pont urbain » entre le centre et les quartiers au nord de la ville, l'écoquartier des Fabriques au sein d'Euroméditerranée 2 à Marseille recouvre une partie du quartier des Crottes sur une surface de 250 000 m², desservi par le pôle multimodal Capitaine Gèze et une future station de tramway.

Elaboré entre 2020 et 2030, le quartier accueillera logements, bureaux, activités productives, résidence étudiante, commerces de proximité, école, crèche, bibliothèque... Environ 8 000 habitant-es y vivront.

Au-delà du défi de recréer de l'urbanité sur la ville post-industrielle, les Fabriques font également office de « laboratoire » de la ville durable méditerranéenne : en tenant compte des défis sociaux, économiques et environnementaux propres à son territoire, mais aussi en étant ouverte aux innovations dites « à impact » (social et environnemental).

Par ailleurs, l'aménagement des espaces publics des Fabriques laisse une forte place à la végétalisation et à la piétonisation (20% des 6 hectares d'espace public en cours d'aménagement ont vocation à être végétalisés). Le mobilier urbain a été pensé pour encourager la vie en extérieur.

À propos du nouveau quartier des Fabriques

Une démarche d'urbanisme transitoire⁵

MOVE est une démarche créée par l'Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée, désignant toutes les actions réalisées dans le temps court et permettant de questionner le futur aménagement du territoire par l'incubation de nouveaux usages, tout en optimisant le portage foncier.

Dans un territoire en pleine mutation au cœur de Marseille, elle contribue à tisser du lien, créer de l'emploi et soutenir l'économie sociale et solidaire.

MOVE se traduit aujourd'hui par 11 occupations temporaires de bâtiments par 15 porteurs de projets, 4 expérimentations sur l'espace public et diverses actions d'animation des quartiers. Par son caractère temporaire, le jardin d'expérimentation des Fabriques s'intégrait dans la démarche MOVE.

Les carreaux (à gauche)
utilisés pour arroser les
végétaux par submersion
© Agence Ilex Paysages +
Urbanisme

5 - Pour Cécile Digue, « l'urbanisme transitoire englobe toutes les initiatives qui visent, sur des terrains ou bâtiments inoccupés, à réactiver la vie locale de façon provisoire, lorsque l'usage du site n'est pas déterminé ou que le projet urbain ou immobilier tarde à se réaliser. Ces initiatives se situent entre le temps court de l'événementiel et de l'éphémère, et le temps long d'un urbanisme qui se veut durable. (...) Le terme d'urbanisme temporaire est également utilisé, l'accent est alors uniquement mis sur une notion de temps limité. L'adjectif transitoire suggère, lui, que l'initiative s'inscrit dans une histoire connectée, pas seulement une juxtaposition d'usages sans lien avec l'avenir du territoire. » Digue Cécile / L'urbanisme transitoire, optimisation foncière ou fabrique urbaine partagée ? / IAU IdF / 2017/

Un Jardin, il faut aussi s'en occuper et le faire vivre !

- Les concepteurs et animateurs principaux de la démarche
- Ils ont conçu et aménagé le Jardin : Euroméditerranée (maîtrise d'ouvrage) et Ilex / Egis Villes & Transports (maître d'œuvre).
- Ils ont co-animé la démarche et apporté une expertise scientifique dans son évaluation : CNRS Montpellier et Efficacity
- Ils ont co-financé le lieu et les projets d'expérimentation : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse



UN PEU DE TECHNIQUE

Une thèse CIFRE autour des interactions de facilitation : les interactions ectomycorhiziennes dans les sols urbains désimperméabilisés

Co-dirigée par Ilex et le CNRS de Montpellier et lancée en 2019, une thèse CIFRE⁶ a concrétisé un partenariat créatif avec Euroméditerranée, avec comme terrain d'expérimentation les futurs espaces publics du nouveau quartier des Fabriques, dont les sols sont devenus inertes après 70 ans de scellement.

Le sujet de la thèse de Louise Authier : « Les communautés ectomycorhiziennes dans les sols urbains : du diagnostic moléculaire à l'aménagement urbain » Cette thèse propose une méthodologie de réhabilitation de ces sols à partir des communautés ectomycorhiziennes résidentes (champignons mutualistes) et leur capacité à établir des interactions avec les plantes : ces organismes favorisent l'assimilation des nutriments et de l'eau et sont, à ce titre, des candidats privilégiés pour le développement de méthodes innovantes de conception de « sols vivants » à la base de communautés végétales plus longévives.

À partir d'un diagnostic moléculaire des communautés ectomycorhiziennes persistantes au sein de ces sols hyper-scclés, elle développe un protocole d'inoculation de fragments de sols issus de milieux naturels limitrophes (garrigue) avec leur communauté fongique.

6 - Smartselle est une opération d'aménagement de la ZAC Littorale d'Euroméditerranée, animée par Efrège. La particularité de cette opération a été de « co-tester l'ensemble des innovations urbaines et environnementales de l'EcoCité, tout en retraçant l'histoire et la maîtrise des coûts » : <https://www.euromediterranee.fr/projets/smartselle>

7 - Cet encadré est tiré d'un article publié sur le site d'Ilex en janvier 2024, accessible à cette adresse : <https://www.ilex-paysages.com/les-communautes-ectomycorhiziennes-dans-les-sols-urbains-du-diagnostic-moleculaire-a-lamenagement-urbain/>

8 - L'intégralité de la thèse de Louise Authier est disponible à ce lien : <https://theses.hal.science/tel-04648543>

1.2 LES IMPACTS VISÉS : LA RÉSILIENCE DES ESPACES PUBLICS



© Efficacity

À RETENIR

Quatre expérimentations, complémentaires entre elles, se sont déroulées entre 2020 et 2024 sur le Jardin.

Toutes ont en commun la poursuite d'objectifs de résilience des espaces publics à l'aune de la Ville Durable Méditerranéenne, particulièrement :

- Permettre le développement d'une nature durable en ville
- Désimperméabiliser et gérer les eaux pluviales par infiltration
- Construire le quartier à partir des matériaux du site.

EXPÉRIMENTATIONS

« Nous voulons... »



#1- SOLS DRAINANTS

Le défi : tester de nouveaux types de matériaux drainants (bétons, « enrobés » et pavés à joints perméables) destinés à être déployés dans les espaces publics des Fabriques.

Concrètement, près de **40 matériaux drainants** (dans leur modalité ou leur finition) ont été testés et ont fait l'objet de mesures sur quatre grandes « familles » de critères :

- Techniques (perméabilité, albedo...)
- Environnementaux (bilan carbone des matériaux, recyclabilité...)
- De qualité (esthétique, confort visuel...)
- De gestion (nettoyabilité, réparabilité, entretien, pérennité, maîtrise des coûts...)

#2- RÉGÉNÉRATION DES SOLS PAR L'INOCULATION D'UN FRAGMENT DE TERRE NATURELLE AVEC SON « CORTÈGE MYCORHIZIEN »

Le défi : reconstituer sur place les terres nécessaires aux aménagements des espaces publics végétalisés du quartier, en enrichissant la communauté microbienne des sols via un procédé d'addition de fraction de terre naturelle. Ce procédé permet d'enrichir la communauté biologique des sols avec celle qui peuplent les sols naturels - microfaune et communautés microbiennes (bactéries et champignons).

Concrètement, la terre régénérée par ce procédé est constituée d'un mélange de limons prélevés sur site (donc scellés sous du béton depuis des dizaines d'années - les limons représentent environ 70% du mélange), de compost (issu de l'activité des Alchimistes, environ 30%) et de terre végétale issue des espaces naturels (entre 1 et 3%).

#3- ASSOCIATIONS VÉGÉTALES MÉDITERRANÉENNES

Le défi : tester des associations végétales qui puissent « coopérer » ensemble et mieux supporter le climat méditerranéen, avec l'apport des terres reconstituées.

Concrètement, l'hypothèse est que les espèces pionnières profitent des mycorhizes pour jouer le rôle de « nourrices » vis-à-vis d'autres espèces.

#4- TECHNIQUES ALTERNATIVES D'ARROSAGE

Le défi : tester des systèmes d'arrosage alternatifs au « goutte à goutte » pour favoriser un meilleur développement racinaire des plantes méditerranéennes habituées à un régime périodes sèches/pluies intenses et non à un régime d'humidité permanente. Le nouveau système répond également à une problématique de dégradation liée à la présence de rats.

Concrètement, trois modalités d'arrosage ont été testées :

- Arrosage par submersion via un caniveau (écoulement par le biais d'un caniveau qui répartit l'écoulement)
- Arrosage par submersion via un regard (écoulement directement dans la fosse de plantation)
- Arrosage manuel

IMPACTS RECHERCHÉS À L'ÉCHELLE URBAINE

« Si l'expérimentation est concluante, alors... »



→ Permettre aux eaux pluviales de s'infiltrer directement dans le sol et recréer un cycle de l'eau plus « naturel ».

→ Éviter de saturer les réseaux d'évacuation en cas de fortes précipitations.

→ Réduire considérablement les apports en terre végétale prélevés sur les espaces agricoles de la Métropole Aix-Marseille-Provence (« renaturation en circuit court »).

→ Définir un processus « simple » fondé sur les principes de l'économie circulaire pour recréer des sols fertiles.

→ Reconstituer les sols sans délai de fertilisation hors site (ce qui diffère des démarches connues de mise en andains et de fertilisation pendant 8 à 10 mois qui, de plus, mobilisent du foncier).

→ Les végétaux se développent mieux dans le temps, notamment car les plantes mycorhizées ont une meilleure résistance à la sécheresse et une meilleure nutrition chimique.

→ Favoriser un enracinement en profondeur et ainsi augmenter la résistance à la sécheresse des plantes.

→ Optimiser les volumes d'eau au fil des années, avec pour but une utilisation ponctuelle en cas de stress hydrique.

→ Proposer une alternative aux systèmes de « goutte à goutte », qui se détériorent rapidement (notamment à cause des rongeurs).

CONTRIBUTION AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX



« Plus globalement, cela contribue à... »

Mieux gérer la ressource en eau

- La désimperméabilisation permet à l'eau de s'infiltrer dans le sol et de rétablir son cycle naturel. Elle assure également un apport à la végétation du projet, limitant ainsi les besoins en arrosage.
- L'arrosage par submersion permettrait d'économiser la ressource en eau.

Renaturer et préserver la biodiversité

- La régénération de terre par le procédé d'inoculation économise les ressources naturelles comme la terre végétale issue des milieux agricoles.
- Les plantes mycorhizées sont plus résilientes en période de stress hydrique.
- L'arrosage par submersion renforce la résistance à la sécheresse des plantes.

Baisser les émissions

- Par l'usage de matériaux recyclés en circuit-court.
- La régénération de terres évite des émissions liées au transport de terres issues d'ailleurs.

1

Et si nous aménagions un espace de test grandeur nature, dédié à l'expérimentation urbaine ?

DÉCISION

Mi-2019, l'EPAEM et le groupement de maîtrise d'œuvre Ilex - Egis expriment l'idée de créer un espace « grandeur nature » pour innover dans la fabrique durable de la ville. Ce qui n'est alors qu'une intuition se traduira bientôt par la décision de créer le jardin d'expérimentation.

66

Brice Chandon, responsable développement durable et innovation chez Euroméditerranée :

Cet espace devait nous servir à tester nos propres hypothèses, comme de savoir si déployer des revêtements drainants à l'échelle d'un quartier comme les Fabriques était envisageable, au vu des contraintes et spécificités locales. Cela a aussi été l'occasion de travailler différemment avec les partenaires de l'EPAEM d'un côté, et les entreprises de l'autre : ce deuxième aspect n'avait pas formellement été identifié au départ.

2

La phase de sourcing et le démarrage de la thèse sur les sols urbains

SOURCING - RECHERCHE

Si les expérimentations auront une dimension technique certaine, alors il faut s'assurer d'identifier les procédés et produits à tester sur le Jardin - et donc d'identifier et « embarquer » celles et ceux capables de s'en occuper !

66

Isabelle Vignolles, directrice de l'Agence Ilex⁹ :

Nous sommes allés voir un certain nombre de fournisseurs de matériaux qui travaillent en local en leur posant la question : vous seriez prêt à pousser votre R&D sur les matériaux drainants ? Si oui, on vous propose un espace physique de test grandeur nature. Si on expérimente, on apprendra ensemble. Vous êtes prêts à jouer le jeu ?

Sur les défis de régénération de terre et de résilience des végétaux, nous avons aussi dû identifier des compétences scientifiques prêtes à s'embarquer dans de la « Recherche action » - ce qui n'est pas toujours évident pour les chercheurs ! Cela s'est traduit par la thèse Cifre de Louise Authier, co-encadrée par le CNRS Montpellier et Ilex.

À RETENIR

Au préalable des enseignements tirés des expérimentations (Partie 2) et de la démarche en elle-même (Partie 3), nous présentons ici **dix temps forts** de l'aventure du jardin d'expérimentation, entre moments déclencheurs, de doute parfois, surprenants souvent, ils sont décrits succinctement ici et « commentés » par les animateurs de la démarche.

Le 1^{er} webinar de co-conception du protocole d'expérimentation fin 2020

CO-CONCEPTION

Pour innover, la technique n'est pas le seul élément à prendre en compte : il faut également créer un consortium de personnes prêtes à s'impliquer. Cela n'a rien d'évident. En proposant des chemins qui sortent des sentiers battus, innover n'est pas toujours rassurant ni garant d'objectifs atteints. Il est donc crucial de créer un espace de discussion ouvert et honnête, dans lequel les parties prenantes peuvent exprimer leurs envies, leurs craintes et leurs incertitudes.

66

Sébastien Brisson, directeur de projets chez EGIS :

Les gestionnaires posent des questions - plus que légitimes - comme : est-ce qu'on saura gérer des espaces publics construits avec des revêtements drainants ? Est-ce qu'on saura traduire les résultats des tests dans les cahiers des charges d'entretien et de réparation ? On se dit que le plus judicieux est de définir avec eux la liste des tests à effectuer, les apprentissages que l'on veut avoir. En un mot : construisons la grille d'évaluation ensemble dès le début ! C'était l'objet d'un webinar (COVID oblige !) fondateur en décembre 2020.

4

Les premiers tests... enfin !

TESTS

Malgré quelques imprévus, les premiers tests sur les revêtements drainants débutent au printemps 2021.

66

Maël Camus, chef de projets chez Ilex : Démarrer les tests, c'est à la fois un premier aboutissement après le travail préparatoire, mais aussi des premières « galères » comme identifier un partenaire qui dispose d'un « pyranomètre » pour mesurer l'albédo ou trouver quelques m³ de limons « en circuit court » pour finir d'aménager les planches d'essai. Au printemps 2021, en l'espace de 2 mois, nous avons fait des premières mesures de drainabilité, d'albédo et les premiers tests de nettoyage avec la complicité active des équipes de la Métropole. C'est un soulagement de voir que les expérimentations commencent à être évaluées au fil de l'eau.

5

La première visite des équipes de l'EPAEM

IMPLICATION

Si l'hypothèse qui est prise est de prendre les Fabriques comme « quartier test » pour la résilience des espaces publics, les équipes opérationnelles de l'EPAEM en charge des aménagements des espaces publics doivent pouvoir suivre ce qui se passe sur le Jardin - sans que cela ne soit trop chronophage car le temps de chacun est précieux. En cela, la visite sur site reste le bon vecteur.

66

Renaud Francou, chef de projet Innovation chez Efficacity : En interne aussi, il faut savoir entendre les craintes autant que les espoirs... Les tests seront-ils concluants ? Aura-t-on les enseignements à temps pour la phase chantier ? Quid s'il faut faire des choix de revêtements pour les premières consultations et que tous les tests ne sont pas terminés ? C'est encore plus le cas pour ce qui est des associations végétales et de la réutilisation des terres où le temps de la Recherche est encore plus long... Au début, on ne sait pas trop quoi répondre, car on est dans l'incertitude.

9 - <https://www.ilex-paysages.com/les-communautés-ecocorycorh-ziennes-dans-les-sols-urbains-du-diagnostic-moleculaire-a-l'aménage-ment-urbain/>

6 La visite des membres du CA d'Euroméditerranée sur site

APPROPRIATION

Octobre 2022 : une visite sur site est organisée pour les membres du conseil d'administration de l'EPAEM, en présence d'élus qui ont à plusieurs reprises été informés des avancements du Jardin.

66

Brice Chandon, responsable développement durable et innovation chez Euroméditerranée :

Les échos sont globalement positifs, il y a des questions pertinentes. C'est un moment important, à la fois en termes de reconnaissance du travail effectué, mais aussi, qui véhicule l'espoir d'un boost de la dynamique d'acteurs après l'expérimentation.



Visite avec les membres du conseil d'administration de l'EPAEM - Octobre 2022 © Efficacy

7 L'intérêt pour le Jardin dépasse le territoire d'Euroméditerranée

APPROPRIATION

Initialement, le Jardin avait une vocation très « locale », ancrée avant tout sur l'aménagement des espaces publics des Fabriques, et plus largement sur le périmètre d'extension de l'OIN. Finalement sa renommée s'étend petit à petit et les équipes voient les demandes de visites affluer, y compris de territoires hors de la Région Sud.

66

Maël Camus, chef de projets chez Ilex :

Les premières visites étaient essentiellement avec les gestionnaires et partenaires, avec qui nous faisons le point sur site 2-3 fois par an. Puis au fur et à mesure, d'autres acteurs sont venus y compris au-delà des « frontières » de la Provence : des associations de paysagistes, groupements de maîtrise d'œuvre, agences d'urbanisme, collectifs de Jardiniers, visites d'école primaires ou d'enseignement supérieur... Nous avons dû faire près de 80 visites en trois ans. La ville de Vitrolles est même venue avec une délégation d'une vingtaine de Jardiniers !



Visite avec les membres du conseil d'administration de l'EPAEM - Octobre 2022 © Efficacy

8 Quand d'autres sujets émergent : ambiances urbaines, nouveaux mobiliers, béton en terre crue...

APPROPRIATION

La littérature scientifique s'est maintes fois penchée sur le phénomène de « sérendipité » (ou « heureuses rencontres du hasard »). Cela s'est vérifié dans cette démarche : partant de la nature en ville, ce sont d'autres velléités d'expérimenter sur les espaces publics méditerranéens qui sont nées grâce au Jardin.

66

Isabelle Vignolles, directrice de l'Agence Ilex : *En parallèle des questions de renaturation et de désimperméabilisation, nous avons très tôt voulu travailler sur les « ambiances urbaines » d'un quartier neuf en partant de l'objet urbain du mât d'éclairage : peut-il être le support de mutualisation d'autres fonctions de gestion urbaine, voire même de nouvelles ambiances d'un quartier ? Cela a été facilité par le fait qu'on avait ce Jardin, et qu'on pouvait y tester des prototypes. Le Jardin a aussi accueilli du mobilier transitoire, des toilettes sèches par une start-up qui voulait installer un prototype, un démonstrateur de procédé de béton de terre crue par St Gobain... Rien de tout cela n'était programmé au départ !*



La délégation de Jardiniers de la ville de Vitrolles - Septembre 2023 © Pierre-Alan Jobic

9 De nouvelles expérimentations sur l'arrosage par la Ville de Marseille

COLLABORATIONS

Intéressée par les procédés d'arrosage alternatifs au goutte à goutte testés sur le Jardin, la Direction des Parcs et Jardins de la Ville de Marseille a suivi le potentiel d'expérimentation et mobilisé fortement ses équipes. En effet, la Ville aménage aussi des espaces de tests dans certains de ses parcs.

66

Sébastien Brisson, directeur de projets chez EGLIS : *C'est intéressant à plusieurs titres. D'abord, cela conforte la démarche d'Euroméditerranée de savoir que les acteurs publics sont légitimes pour innover eux-aussi et sont de parfaits initiateurs de telles démarches. D'autre part, et de manière plus pragmatique, c'est évidemment utile de partager les enseignements entre maîtres d'ouvrage !*



Démo de prototypes de mâts d'éclairage - Été 2022 © Efficacy

Une « bourse aux plantes » pour fêter la déconstruction du Jardin

PARTAGE

Mi-Février 2024, après une dernière batterie de tests sur les dalles de revêtements drainants, le Jardin entame sa déconstruction sélective, pour laisser sa place à de futurs aménagements. Les arbres, ainsi qu'une partie des végétaux sont replantés dans d'autres aménagements (y compris hors du périmètre d'Euroméditerranée). Le restant est proposé gracieusement aux habitants.

66

Renaud Francou, chef de projet Innovation chez Efficacy :

Il reste une centaine de végétaux (romarins, oliviers, cistes...) qui n'ont pas vocation à être replantés dans les espaces publics. Une « bourse aux plantes » est proposée aux habitants-es pour venir chercher des végétaux déplantés, charge à eux d'en prendre soin. Il y a eu un peu de communication auprès des habitant-es alentours, on s'attendait à intéresser quelques curieux. Mais l'information a été relayée par des médias locaux, et des dizaines de gens et associations sont venues, y compris de l'autre bout du département. Tout est parti en quelques minutes, on ne s'y attendait pas !



Soutenance de la thèse de Louise Authier en Décembre 2023 © Agence Illex Paysages + Urbanisme



Les équipes opérationnelles de l'EPAEM - Printemps 2021 © Efficacy

FRAGMENTS DE VIE D'UN JARDIN...



Tests de drainabilité « à la main »



Une pédagogie simple mais efficace, ici
lors d'une visite avec des habitants de
Smartseille - Juin 2021 © Efficacity

Lors d'un atelier de découverte urbaine



Mars 2022
© La Compagnie des Rêves Urbains

Visite d'une classe de CM1



Septembre 2021 © Efficacity

Visite des équipes de l'Agence de l'eau



Septembre 2021 © Efficacity

Mesure de l'albedo des revêtements



Avec les chercheurs
du laboratoire IUSTI d'Aix-Marseille
Université - Juillet 2021 © Efficacity

Tests de nettoyage

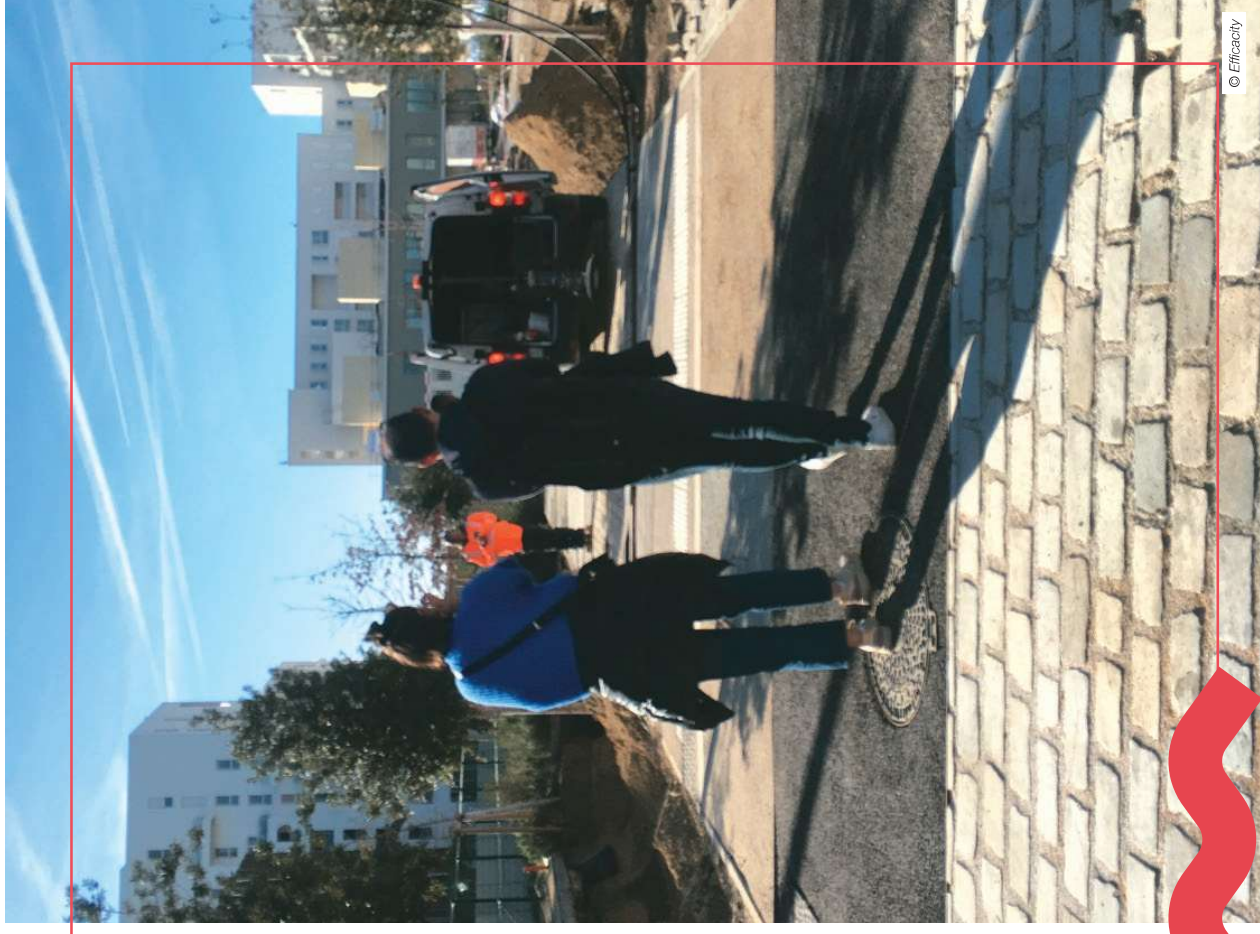


Octobre 2022
© Efficacity

LES ENSEIGNEMENTS : QU'AVONS-NOUS APPRIS DES EXPÉRIMENTATIONS ET DE LA DÉMARCHÉ ?

Le dénominateur commun aux 4 expérimentations menées sur le Jardin d'Expérimentation des Fabriques est de rétablir certaines des fonctions assurées par le sol : capacité d'infiltration de l'eau, échange entre le sol et l'atmosphère, stockage de carbone et réservoir de biodiversité.

Nous en présentons ici les principaux résultats à destination des acteurs de l'aménagement.



2-1 MATÉRIAUX DRAINANTS

EXPERIMENTATION #1

1- LE DISPOSITIF

D'EXPERIMENTATION

Que voulions-nous tester, pourquoi - et qu'avons-nous mis en place pour en tirer des enseignements ?

L'enjeu pour les villes : désimperméabiliser les espaces publics via des matériaux drainants

Comme le rappelle le groupement de maîtrise d'œuvre Ilex-EGIS dans son document d'AVP : « les sols urbains sont aujourd'hui très imperméables : les rues sont généralement recouvertes d'enrobé de façade à façade. Ainsi, pour l'eau de pluie, impossible de s'infiltrer dans le

sol : on a alors recours à la construction d'infrastructures d'assainissement, de plus en plus « grosses », avec des avaloirs permettant à l'eau d'être évacuée dans un réseau souterrain, avec comme exutoire le milieu naturel. D'un point de vue technique, c'est un non-sens : le sol a en effet la capacité naturelle d'infiltrer les eaux. En bétonnant nos rues, nous nous imposons donc une contrainte supplémentaire pour réussir à gérer ces eaux. »

L'expérimentation a donc consisté à mobiliser les équipes R&D de 4 fabricants de revêtements (CEMEX, Colas, Gregori Provence et Lafarge) pour installer **56 échantillons de revêtements drainants sur le Jardin**, puis d'organiser pendant 3 ans une série de tests sur ces derniers.



Les 56 planches de revêtements drainants en janvier 2021 - ©Agence Ilex Paysages + Urbanisme

.....

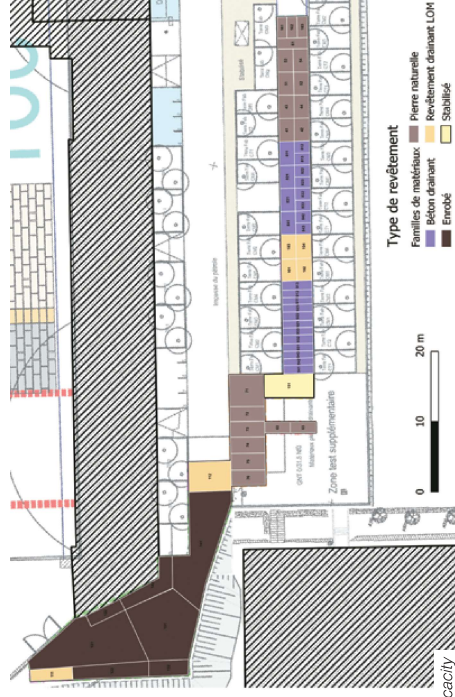
Glossaire :

- Planchette d'essai : définit l'échantillon d'un matériau mis en œuvre sur le Jardin d'expérimentation.
- Revêtement : désigne la couche supérieure d'une structure de voirie.
- Structure de voirie : désigne l'ensemble des matériaux composant la voirie et le trottoir (fondation et revêtement).
- Calepinage : désigne le maillage de pose des pavés et autres revêtements modulaires.

.....

Le protocole d'expérimentation mis en place

- 56 planches de revêtements de 1 à 4 m² disposées sur l'allée centrale du Jardin
- 10 autres planches ont été rajoutées en cours d'expérimentation pour éprouver de nouvelles formulations de matériaux suite aux retours des premiers tests (cf plan ci-dessous)
- 4 entreprises de travaux sont intervenues sur site pour la mise en place des planches d'essais : CEMEX, Colas, Gregori Provence et Lafarge.



Source : Efficacity

Les questions opérationnelles à résoudre

- Du point de vue des acteurs de la chaîne de l'aménagement, est-il possible de prescrire des revêtements drainants dans les cahiers des clauses techniques particulières offrant toutes les garanties pour les maîtrises d'ouvrage et gestionnaires d'espaces publics ? Si oui, sous quelles conditions ?
- Du point de vue du quartier, désimperméabiliser près de 60% des espaces publics permet-il de réduire considérablement le recours au réseau d'assainissement en comptant sur une infiltration naturelle ?

Le protocole d'évaluation

Une grille d'évaluation a été co-construite avec les collectivités partenaires (principalement différents services de la Ville de Marseille et de la Métropole Aix-Marseille-Provence) entre 2020 et 2021, par itération. Sa version finale propose 14 critères d'évaluation :

d'ordre **environnemental** (bilan carbone des matériaux, recyclabilité...), d'ordre **technique** (perméabilité, pérennité, pouvoir réfléchissant...), d'ordre qualitatif (esthétisme des revêtements, **qualité** architecturale, confort visuel...) et liés à la **gestion de l'espace public** (nettoyabilité, réparabilité, entretien, pérennité, maîtrise des coûts...).

FAMILLE DE CRITERE	CRITERES, MESURES, OBSERVES, VERIFIES	DESCRIPTION DU CRITERE	UNITE	MESURES, TESTS REALISES
Propriété des matériaux	Glissance	Adhérence à l'usage en fonction du type de voirie (Piéton, vélo, ...)	su	Caractéristiques des matériaux fournis par les entreprises
	Ilot de chaleur Drainabilité	Albedo	su	Mesures réalisées par le laboratoire IUSTI d'Aix-Marseille Université
		Emissivité	su	Mesure réalisée par Next Road Engineering
Contraintes de mise en œuvre et de mise en concurrence	Disponibilité/Mise en œuvre	Capacité d'infiltration - Ajouter des essais de colmatage à prévoir	Om/s	
Contraintes d'exploitation		Retour d'expérience sur la mise en œuvre des matériaux	su	Evaluation qualitative de la maîtrise d'œuvre
	« Nettoyabilité »	Maintien propreté / contraintes supportées par les services gestionnaire		Evaluation qualitative réalisée par la Direction du Pôle Propreté, Cadre de Vie et Valorisation des Déchets de la Métropole Aix-Marseille Provence (AMPM)
	Pérennité	Garantie dans le temps	ans	Ressources documentaires
Coût	Investissement/Réparation	Prix au m² pour le revêtement seul et pour la structure	€/m²	Données fournies par la maîtrise d'œuvre (base devis de marché de travaux)
	Entretien	Coût du nettoyage par m² par an	€/m²	
Esthétisme / confort	Qualité architecturale	Homogénéité, mise en valeur du granulat, aspect naturel, absence de gravillonnage...	su	Evaluation qualitative réalisée par la maîtrise d'œuvre
	Confort des différents usages	Ressenti pour les piétons, vélos, PMR.	su	Evaluation qualitative réalisée par la maîtrise d'œuvre
	Confort Visuel	Luminance / réflectance du matériau	su	Evaluation qualitative réalisée par la maîtrise d'œuvre
Environnemental	Bilan carbone	Impact carbone du matériau sur l'ensemble de son cycle de vie		Base rapport SEVE fournis par les entreprises
	Recyclabilité (directe - indirecte)		su	Ressources documentaires

Les temps forts de l'évaluation :

- Une phase d'échange (3 mois) avec 4 entreprises de travaux, pour évaluer leur potentiel de réalisation de revêtements innovants et leur enthousiasme à les tester sur le Jardin. Cette phase a abouti à plusieurs commandes de la part du maître d'ouvrage, sur le principe d'achats innovants.
- 2 ateliers d'élaboration de la grille d'évaluation (en visio, COVID oblige) entre les concepteurs du Jardin et les partenaires gestionnaires.
- 2 séries de mesure de drainabilité des matériaux : juin 2021 et février 2024.
- 1 série de mesures d'albedo réalisées par le laboratoire IUSTI d'Aix-Marseille Université, pour donner des orientations sur la contribution des revêtements à l'ilôt de chaleur urbain : juin 2021.

- 3 sessions de nettoyage (balayeuses et lances haute pression de la Métropole) : juin 2021, février 2022 et février 2024
- 1 étude d'ACV carbone des matériaux sur l'ensemble de leur cycle de vie réalisée par le cabinet REcto (réalisée entre avril et décembre 2023)
- 5 réunions sur site entre l'équipe de concepteurs et les gestionnaires pour faire évoluer la grille d'évaluation et partager les enseignements au fil de l'eau
- A cela, il faut ajouter près de 50 visites ou temps forts sur site pendant la durée du projet à des fins pédagogiques (cycle de visites d'écoles), de recueil de retours d'usages (habitant-es, scolaires), de partage de la démarche et ses enseignements (élus, équipes de l'Agence de l'eau, écoles d'urbanisme et paysage, agences d'urbanismes...)



Tests de nettoyage des revêtements avec les agents d'Aix-Marseille -Provence Métropole, juin 2021 © Efficacy

2 - LES ENSEIGNEMENTS

Qu'avons-nous appris et quelles questions restent en suspens ?

À RETENIR

1 - Globalement, les tests réalisés sur les planches de matériaux sont concluants, suffisamment pour engager la désimperméabilisation à l'échelle des Fabriques - donc à grande échelle. À ce jour, ce sont plus de 4000 m² de matériaux drainants qui ont été déployés.

En particulier, deux résultats méritent d'être soulignés :

→ **la drainabilité des matériaux :** la totalité des revêtements drainants testés présentent un coefficient de perméabilité supérieur au seuil d'infiltration directe des sols perméables (5x10⁻⁶ m/s) ;

→ **le potentiel et le bilan carbone des pavés recyclés :** les opérations d'espace public d'Euroméditerranée utilisent massivement des « pavés marseillais » issus des chantiers de démolition ; en ACV, ces pavés recyclés présentent un bilan carbone près de 100 fois moins important que des pavés acheminés du Portugal (fournisseur courant sur le territoire marseillais).

Des marges de progression résident néanmoins dans la mise en œuvre et l'exploitation. Ceux-ci devront faire l'objet d'un « carnet d'entretien » ultérieurement.

2 - Les tests (et donc les enseignements) ne sont pas terminés avec la destruction du lieu : **ils se poursuivent pendant le déploiement** (des tests de nettoyage ont été effectués sur des espaces publics livrés, les premiers principes d'arrosage ont été réadaptés une fois déployés sur l'espace public - voir partie 3.4)

3 - Les tests sur le jardin d'expérimentation ont contribué à identifier de nouveaux enjeux, comme la mesure à une échelle plus large de l'eau rendue au sol ou encore des besoins de Recherche sur des secteurs spécifiques (notamment en périmètre dégradé en réhabilitation dans le quartier des Crottes).



© Efficacy

LES RÉSULTATS SCIENTIFIQUES ISSUS DE LA RECHERCHE-ACTION

Perméabilité : mission accomplie !

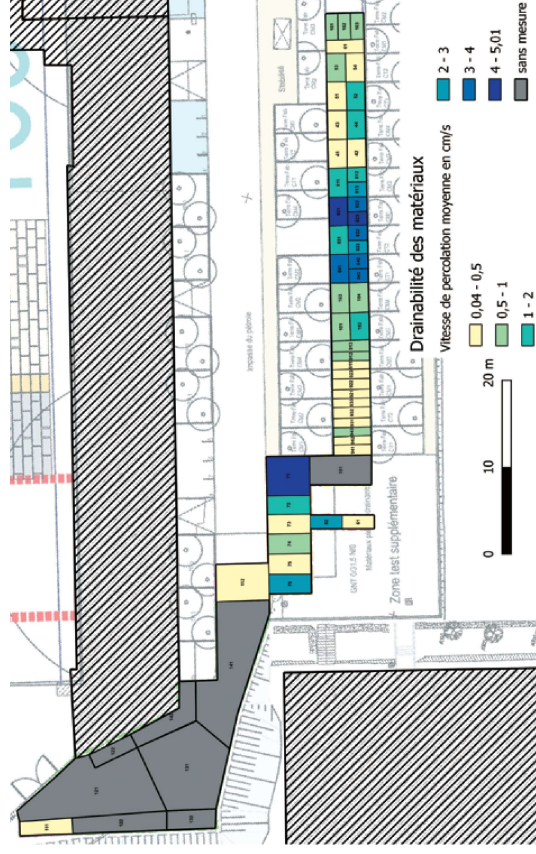
La totalité des revêtements drainants testés présentent un coefficient de perméabilité **très largement supérieur au seuil d'infiltration directe des sols perméables** (5x10⁻⁶ m/s).

Une hypothèse de perméabilité de 2 cm/s semble facilement atteignable et garantie par plusieurs solutions.

Le différentiel entre la capacité du sol à infiltrer les eaux, et la capacité du revêtement à le drainer vers le sol support, nécessite la mise en place d'une structure drainante de stockage (réalisée dans le présent cas, par la mise en place d'un ballast recyclé type 40/80, enrobé dans un géotextile).



Derniers tests de drainabilité, février 2024, avant la déconstruction - © Efficacy



Cartographie de la drainabilité des revêtements du jardin d'expérimentation - © Efficacy

Un albédo adapté au confort piéton

Dans l'ensemble, **25 matériaux sur les 56 testés présentent un albédo supérieur à 30%**, sans dépasser 50%, ce qui favorise le confort piéton. Les matériaux ayant des albédo faibles, notamment les enrobés, présentent des mesures supérieures aux valeurs de référence des revêtements de même nature disponibles.

A noter qu'il a pu être constaté, à l'issue d'une période d'utilisation, que les matériaux ont tendance à s'éclaircir sous l'action des UV.

Capacité des matériaux à résister au lavage à haute pression : des résultats mitigés

A l'exception de quelques revêtements modulaires (particulièrement sur certains liants organiques testés pour la première fois sur ce type d'aménagement), l'ensemble des matériaux des espaces piétons présente une résistance au lavage à haute pression et au balayage mécanisé satisfaisante, et dûment confirmé par la Métropole. La perspective de sélectionner l'*Urbanlith* en joint était envisagée mais a dû être abandonnée suite à une résistance moindre aux tests de nettoyage à la lance haute pression.



© Efficacity (juin 2021)

Des coûts de fournitures et de pose variables

Les enveloppes de prix de fourniture et pose des matériaux varient fortement - parfois du simple au double - entre les familles de revêtements (il faut noter que cette analyse se porte sur des quantités relativement faibles). Les performances techniques ainsi que la qualité esthétique des matériaux sont nécessaires pour justifier la sélection d'un matériau vis-à-vis d'un autre. Toutefois, analyser le sujet sous ce seul prisme est forcément erroné.

Une approche en coût global serait plus pertinente. La mise en place d'un revêtement perméable permet de diminuer la taille des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales (diminution de l'investissement sur ce poste) et limite l'entretien dudit réseau (les premières pluies sont gérées par infiltration dans le sol) par une moindre sollicitation dudit réseau pour des pluies courantes.

La mise en œuvre et les finitions ont un impact sur les performances des matériaux

L'expérimentation a permis de vérifier pour chaque type de matériau les spécificités de leur mise en œuvre nécessaires à leur bonne performance. Elle a permis également d'écarter certains revêtements au regard de leur faible réparabilité (fabrication de petite quantité complexe).

Entre les expérimentations, et les premières phases de travaux, l'équipe s'est forgée de nouvelles convictions sur les conditions de mise en œuvre des revêtements, allant parfois des conditions météorologiques, du niveau d'humidité des granulats des joints perméables, des temps de séchage...

Sur les bétons drainants, plusieurs finitions ont été testées sur un même revêtement (naturel, poncé, déminéralisé). Il a pu être constaté sur certaines planches que les valeurs d'albédo et de glissance (vécue) pouvaient varier entre les finitions d'un même matériau. Il a aussi été constaté que la qualité du rendu et les performances étaient fortement liées à la qualité de la mise en œuvre (la réplicabilité s'est avérée être une problématique ; le procédé de mise en œuvre nécessitant un fort savoir faire)

Le traitement de surface de ces matériaux peut être une solution pour venir, a posteriori des travaux, améliorer les performances des revêtements, ou rectifier des aménagements après une période d'observation.



Echantillons de pavés à joints drainants, juin 2021 - © Efficacity

Bilan carbone des familles de matériaux en ACV (Analyse du cycle de vie) : des résultats à manier avec précaution

- La solution technique apparaissant comme globalement la plus impactante est celle du **béton drainant**. Ce résultat dépend néanmoins de la classe de ciment retenue pour la production du matériau. Une amélioration du bilan carbone a aussi été tentée en proposant la mise en œuvre de béton réalisé à partir de granulats recyclés.
 - En ce qui concerne **les pavés en pierre naturelle et béton**, l'impact est directement lié à la masse de matériaux mis en œuvre. Les techniques d'applications peuvent ainsi avoir une influence sur l'impact d'un m² de matériau (mise en œuvre de joints larges par exemple). On rappellera par ailleurs que l'épaisseur des pavés constitue un élément déterminant du bilan, dont l'influence qui dépasse celle de la production (transport d'une masse plus importante de matériaux à surface équivalente, mise en œuvre plus complexe, quantité de matériaux en fin de vie plus élevée).
 - **Les pavés recyclés** montrent un impact sensiblement plus faible que le cas de la production des pavés neufs. La prise en compte des éléments négligés par manque de données (chargeur articulé) ne semble pas devoir remettre en cause cette conclusion.
 - Enfin, les **enrobés** de différents types semblent constituer la famille de produit la moins contributrice au changement climatique sur la phase de production. Cette tendance est notamment portée par une masse de matériaux plus faible mise en œuvre pour 1m² de revêtement, mais aussi par des procédés de production moins contributeurs au réchauffement climatique. En l'absence de données détaillées sur ceux-ci, il reste néanmoins difficile d'analyser finement cette tendance.
- Notons également qu'à partir de 2021, des critères de performance environnementale quantitatifs calculés par le logiciel SEVE sont introduits dans le premier contrat de travaux d'espaces publics.



Les revêtements drainants, déployés dans les Fabriques, ici dans le « Carré des enfants », septembre 2024 © Efficacy

LES RÉSULTATS OPÉRATIONNELS : QUELS ENSEIGNEMENTS ET PRÉCONISATIONS POUR LES PROFESSIONNELS DE L'AMÉNAGEMENT ?

Précision :
Les résultats ci-dessous résument les grands enseignements issus des expérimentations du Jardin d'expérimentation, mais également, des premiers déploiements dans les aménagements publics des Fabriques et plus largement sur certains secteurs de l'extension du périmètre de l'OIN.

LE DÉPLOIEMENT DE MATÉRIAUX DRAINANTS SUR LE PÉRIMÈTRE D'EUROMEDITERRANÉE : QUELQUES CHIFFRES

A mi-2024, les premières rues réalisées ont été désimperméabilisées via la mise en œuvre de certains de ces matériaux :

- 2 300 m² de revêtements en pavés à joints perméables
- 2 500 m² d'Urbalith

Lors de la passation des marchés publics de travaux pour la réalisation de la première phase des espaces publics, il est retenu le principe de l'appel d'offres avec négociation pour poursuivre la réflexion sur les innovations et aboutir à la contractualisation avec les soumissionnaires.

L'exigence imposée dans le cahier des charges des entreprises est de réaliser des revêtements perméables avec une performance, à la date de réception, de 2 cm/s.

Après les premières campagnes d'essais et à l'issue de la consultation des entreprises, deux typologies de revêtements sont retenues :

- réalisation de revêtements modulaires (pavés granit ou pavés marseillais recyclés et sciés) jointoyés par un liant porté par le fournisseur Mapestone.
- réalisation de revêtement perméable à liant organo minéral développé par la société INMS, dénommé *Urbalith*, et élaboré suivant les préconisations définies par le maître d'œuvre en termes de granulats.

Mise en œuvre : des contraintes a priori surmontables

- La réalisation des pavés à joints poreux impose des caractéristiques pour les pavés qui doivent être clivés (et non sciés) pour une meilleure adhérence du joint ; cela exclut le calcaire sur ce type de solution.
- La réalisation des joints proprement dite nécessite un outillage adapté (souvent vendu avec le liant) et une technicité particulière (application au pistolet sur une faible largeur) ; les cadences de réalisation sont relativement faibles par rapport à des solutions courantes de jointoiement. Il est nécessaire aussi de s'assurer lors de la mise en œuvre que les granulats sont bien « secs », pour éviter un effet « mousse » après l'application.
- La réalisation des bétons drainants qui sont de qualité hétérogène sur le Jardin confirme la nécessité de disposer d'une entreprise qualifiée. Les industriels, normalement, ne délivrent leur produit qu'à des entreprises qualifiées par eux-mêmes. Ce point, lié à la réplicabilité, est important, car il peut impacter fortement le rendu.
- Comme pour l'*Urbalith*, la réalisation des bétons drainants nécessite de disposer le plus possible de surface où les tâches de mise en œuvre peuvent être mécanisées, pour s'assurer d'une fin de qualité.
- La réalisation de l'*Urbalith* impose des conditions météorologiques favorables (taux d'humidité <80%, température supérieure à 15°C en journée, 8 à 10° la nuit) pour permettre la bonne dessiccation du liant en phase aqueuse.

Les phases chantier ont ainsi permis de vérifier les conditions d'application particulières pour les revêtements de trottoir à liant minéral. A noter que le temps de séchage et la contrainte de circulation se révèlent plus importants que pour un enrobé classique.

Cela implique également des contraintes ultérieures pour les collectivités gestionnaires en charge de l'entretien des revêtements (travaux concessionnaires et autres interventions/dégradations des aménagements réalisés). Cela concerne également d'éventuels colmatages nécessitant l'intervention de machines adaptées afin de retrouver la perméabilité initiale.

Esthétique : un peu de patience est souvent nécessaire...

En fonction des typologies de joints, le rendu esthétique est très différent à la mise en œuvre : si la couleur peut paraître vive à la pose, les UV contribuent à donner une couleur définitive au bout de quelques mois. Sans expérimentation, nous n'aurions pas pu appréhender cet élément...

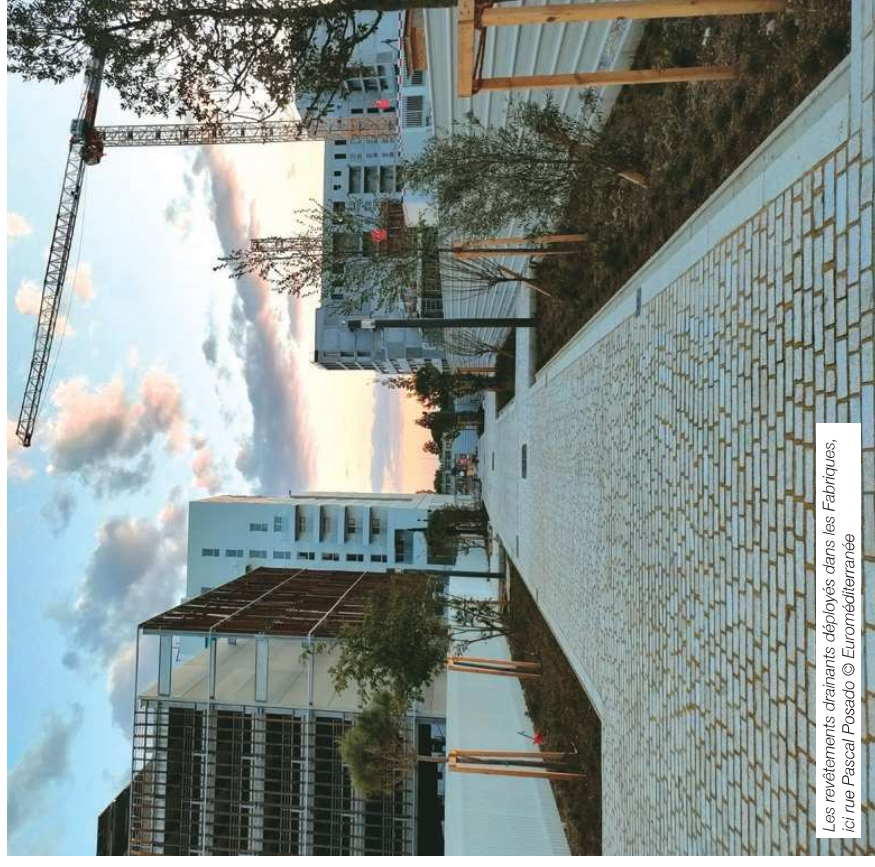
Une planche d'essai préalable est vivement recommandée pour sensibiliser le maître d'ouvrage.

Exploitation : l'utilité de tester avant les solutions

- En phase exploitation, les matériaux considérés sont disponibles pour des réparations sur espaces publics. Les matériaux modulaires (pavés) présentent la plus grande capacité de réparation car ils permettent des interventions éventuelles sur une petite surface et un moindre impact visuel après travaux car l'entreprise remet en place les pavés du site.

→ Des matériaux plus fiables ont été testés et restent une solution de secours si les produits innovants ne pouvaient être fiabilisés. En effet, certains tests ont été menés au bout (*Urbalith* en joint) mais ont été abandonnés, suite notamment à une résistance moindre aux procédés de nettoyage de voirie.

Il est donc utile de prévoir une « solution de secours » lors de l'élaboration d'expérimentation dans une logique de mise en œuvre dans la foulée – ce qui est d'autant plus important lorsque les planings sont serrés...



Les revêtements drainants déployés dans les Fabriques, ici rue Pascal Posado © Euroméditerranée

Le cas des pavés recyclés : une contribution indéniable au bilan carbone des opérations mais une logistique à mettre en place

Les opérations d'espaces publics d'Euroméditerranée utilisent massivement des « pavés marseillais », dont beaucoup ont pu être récupérés des espaces publics réaménagés par l'EPAEM mais également via le chantier du tramway. Ainsi, un atelier de valorisation mobile de pavés déposés a été mis en œuvre afin de traiter des pavés usagés, issus de déconstruction, pour réemploi.

Une scie mobile, mise en œuvre par l'entreprise Natursteine Naumann GmbH, est acheminée depuis l'Allemagne sur le site de valorisation des pavés.

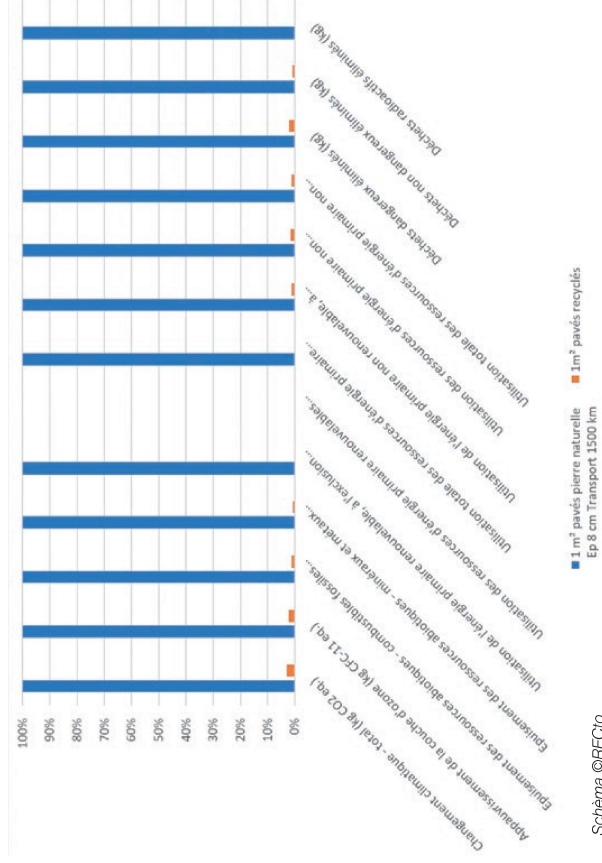
Leur utilisation présente des avantages (notamment en termes de bilan carbone), mais aussi des inconvénients liés à leur mise en œuvre.



- Les pavés recyclés montrent un impact sensiblement plus faible que le cas de la production des pavés neufs. Leur bilan carbone près de 100 fois inférieur à des pavés neufs à partir de matériaux acheminés depuis le Portugal
- Le rendu après sciage est considéré comme étant très qualitatif
- Un gain financier certain
- La diminution du prélèvement de ressources naturelles
- Une démarche cohérente avec une approche « économie circulaire »



- La disponibilité de la ressource est source d'incertitude et dépend des autres chantiers
- La nécessité de trouver un espace de stockage qui mobilise du foncier sécurisé (le vol de pavés est une réalité) et de déplacer les stocks en permanence
- Une mise en œuvre plus longue, avec 20 à 40% de taux de perte (qui peut être diminué par de bonnes conditions de stockage, plutôt en palettes qu'en big bags)
- Le procédé de sciage - par ailleurs bruyant - ne peut se faire que de manière industrielle : déplacer une entreprise pour scier 100 m² de pavés n'est pas viable économiquement





ET APRÈS ? 3 PISTES POUR PROLONGER LA DÉMARCHE

Globalement, si la démarche d'expérimentation a été concluante en étant déployée à grande échelle sur Euroméditerranée 2 (modulo les ajustements nécessaires indiqués ci-dessus), 3 pistes de poursuite de ces travaux font l'objet de réflexions - et pour certains l'objet de projets ou études complémentaires.

1 - Vers un « Carnet d'entretien » des revêtements drainants

Les performances des revêtements relatives à leur pérennité et à leur risque de colmatage n'ont pu être totalement étudiées dans le cadre de cette démarche. A la fois par manque de temps (rappelons que ce Jardin avait une vocation transitoire) mais aussi par manque de retour d'usage lié à la fréquentation (rappelons que le Jardin était un espace dédié à l'expérimentation, il n'était pas ouvert au public en tant que tel).

Il serait désormais opportun de suivre l'évolution de ces matériaux afin notamment de mesurer le niveau de performance de drainabilité dans le temps et observer la pérennité de ceux-ci dans un environnement urbain dense.

Ces observations pourraient ensuite être intégrées globalement à un cahier des charges « métropolitain » permettant également d'établir des recommandations de mise en œuvre, d'usage et d'intervention ultérieure.

Par exemple, quand un concessionnaire fait une demande de travaux sur un tel revêtement, il pourrait avoir, dès la délivrance de son arrêté municipal, des prescriptions de réfection prenant en compte la couche drainante.

2 - De la désimperméabilisation au redimensionnement des réseaux

Si les initiatives telles que développées plus haut contribuent à basculer vers une gestion intégrée des eaux pluviales, le « zéro tuyau » ne sera pas une réalité, compte-tenu des spécificités des épisodes pluvieux méditerranéens (intenses sur une courte durée) et des évolutions possibles des régimes pluvieux en lien avec le changement climatique.

Toutefois, **une prochaine étape pourrait être de mesurer à grande échelle la part de l'eau rendue au sol**, de « regarder à chaque pluie ce qui rentre et ce qui sort, passer d'une approche intuitive à une approche quantifiée, qui pourrait donner des indications sur le redimensionnement des réseaux » comme l'y invite l'Agence de l'eau (cf Partie 2.5).

Ajoutons que cette perspective ne concerne pas uniquement les matériaux drainants, mais l'ensemble des dispositifs concourants à la désimperméabilisation des sols urbains (végétalisation, noues, fosses d'arbre, etc.).



3 - Le défi de gérer l'infiltration des eaux pluviales en contexte de réhabilitation urbaine

La réalisation d'une première démarche d'expérimentation a ainsi permis de préciser les choix à opérer en termes d'aménagements paysagers et de revêtements drainants en voirie. Elle a aussi contribué à lever une grande partie des freins opérationnels liés à la conception et à l'exploitation d'espaces publics nouvellement aménagés.

Pendant la question **se pose différemment dans des quartiers anciens où les bâtiments n'ont pas été construits sur la base des dernières normes, notamment en matière d'étanchéité**. Comment adapter les solutions d'infiltration identifiées pour de nouveaux quartiers à des secteurs en requalification, en évitant de générer de nouveaux risques de déstabilisation des bâtiments ou d'humidité dans les sous-sassements ?

La question s'est posée à l'EPAEM dans le cadre du projet de réhabilitation du quartier des Crottes, un secteur qui concentre diverses contraintes : bâtiments en mauvais états, présence de caves de manière hétérogène, forte densité de réseaux structurants sous les voiries ou encore présence de pollution.

Compte tenu de ces paramètres, les choix de conception en faveur d'une végétalisation de l'espace public se sont concentrés sur des fosses plantées proches des façades (les rues étant étroites) en veillant à guider l'eau pluviale mécaniquement vers ces dernières.

La pertinence de ce choix de conception vis-à-vis de la pérennité des bâtis fragiles à proximité a fait l'objet en 2024 d'une étude commandée par l'EPAEM auprès du CSTB : « *Risque humidité sur les bâtiments lié à l'infiltration d'eaux pluviales à proximité* »

La problématique posée par l'étude est double : **les démarches de végétalisation et d'infiltration des eaux pluviales à proximité des façades de bâtiments anciens est-elle de nature à induire des risques ? Si oui, quelle démarche mettre en œuvre pour les limiter et les maîtriser ?**

Si l'étude montre que des leviers existent et permettent de gérer ces risques dans les démarches de végétalisation dans le cas particulier du quartier des Crottes, elle conclut qu'une telle démarche est difficilement généralisable notamment en matière d'infiltration des eaux pluviales et nécessite de prendre en compte les caractéristiques (urbanistiques, climatiques, techniques, etc) propres à chaque quartier par des études complémentaires (géotechniques, hydro-géotechniques ou encore structurelles).

RESSOURCES : POUR ALLER PLUS LOIN

- Désimperméabiliser les espaces publics - Rapport d'évaluation de l'expérimentation sur les sols drainants d'Euroméditerranée (2020 - 2023) - Coordonné par Efficacity, Janvier 2024
- Protocole d'évaluation de l'albédo des matériaux par le laboratoire IUSTI du CNRS (07/2021)
- Evaluation simplifiée des impacts environnementaux des grandes familles de produits mis en œuvre sur le jardin d'expérimentation des Fabriques par REcto (Décembre 2023)

2-2 RÉGÉNÉRER DES TERRES VÉGÉTALES

EXPERIMENTATION #2

1- LE DISPOSITIF

D'EXPERIMENTATION

Que voulions-nous tester, pourquoi - et qu'avons-nous mis en place pour en tirer des enseignements ?

À l'échelle du quartier des Fabriques, cette deuxième expérimentation s'intéressait à la fois au recyclage des sols du site et aux interactions entre plantes et organismes du sol.

Aujourd'hui, la re-création de sols fertiles peut se faire en omettant le compartiment biologique du sol. Dans ce projet, une méthode novatrice a été adoptée : celle de **réfléchir à l'adéquation entre la biologie du sol et les communautés végétales qui s'y établiront**. Cela passe par une analyse approfondie des organismes facilitateurs tels que les champignons ectomycorhiziens.

C'est l'objet de cette 2^{ème} expérimentation.

L'enjeu pour les villes : recréer des sols fertiles à partir de terres sur site

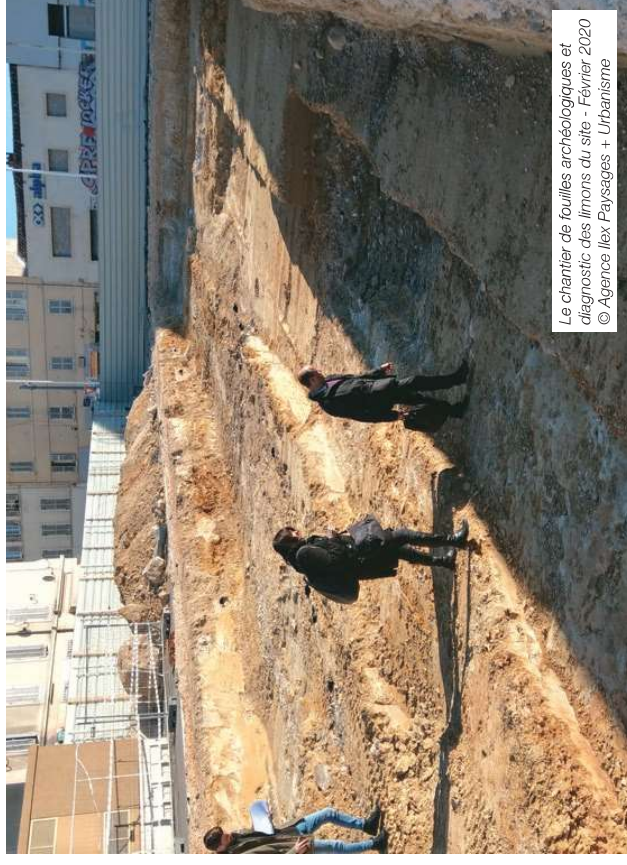
Face à la nécessité de redonner une place à la nature dans la ville et le plan ZAN¹⁰ (Zéro Artificialisation Nette), un enjeu majeur pour l'aménagement d'espaces végétalisés est de recréer un sol riche et accueillant pour les communautés végétales, et ce, en limitant

les pressions exercées sur la ressource en sol des milieux agricoles : la terre végétale. **La capacité d'une ville à ne pas « dépolluer » des espaces naturels d'un côté pour « apporter » de la nature en ville de l'autre** incarne une des dimensions de la résilience de la ville.

Il s'agit alors de constituer des terres fertiles, dont la composition physico-chimique et biologique permet autant une capacité d'accueil des végétaux durable dans le temps que l'établissement d'interactions synergiques entre plantes et microbiome du sol. Les sous-sols des revêtements imperméables représentent une ressource abondante, dont le microbiome est peu connu. Les méthodes d'enrichissement de la communauté biotique du sol existent aujourd'hui mais leur efficacité reste peu documentée, notamment sur les interactions entre organismes symbiotiques et végétaux.

Ainsi, cette expérimentation se donnait pour objectif de **tester la régénération de terres issue du site anciennement industriel des Fabriques via un procédé d'inoculation qui consistait en l'addition d'une fraction de sol naturel dans les sols des fosses de plantations**.

Cet intrant procurait à la fois un apport de matière organique et un enrichissement des communautés biologiques du sol - notamment celles des champignons symbiotiques tels que les champignons ectomycorhiziens.



Le chantier de fouilles archéologiques et diagnostic des limons du site - Février 2020
© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Les questions opérationnelles auxquelles cette expérimentation se proposait d'apporter des réponses

Quelles sont les capacités biologiques d'accueil des sols ayant subi un scellement prolongé de quelques décennies ? Dit autrement : **quelle diversité biologique est capable de persister dans les sols malgré une imperméabilisation prolongée ?**

→ Est-il possible de rétablir un microbiome du sol similaire à celui des milieux naturels adjacents, et ce, par l'apport/ l'inoculation d'une faible quantité de sol prélevée dans les écosystèmes péri-urbains ? **Est-il possible de régénérer des grandes quantités de sols scellés**

sous du béton depuis des dizaines d'années avec l'apport d'une faible quantité de terres naturelles ?

→ **Les sols inoculés permettent-ils l'établissement et la persistance des végétaux ?** Le mélange ainsi créé est-il suffisamment robuste pour accueillir les végétaux des espaces publics d'un quartier - en l'occurrence, ici, le quartier des Fabriques ?

→ Peut-on recréer des sols fertiles in situ sans période longue de fertilisation des terres en andains ? Est-il possible de remplir les fosses de plantation sans délai pour ne pas geler des secteurs constructibles et ne pas retarder le déroulé du chantier ?

10 - Adopté en 2021 : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/artificialisation-sols/objectif-zero-artificialisation-nette-zan-1>

Ces questions ont été approfondies par une **expérimentation en conditions contrôlées en laboratoire**, au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive¹¹ du CNRS de Montpellier. Cette expérimentation posait les questions suivantes :

- Quelle quantité d'inoculant (fraction de terre naturelle) est requise pour assurer la colonisation du sol par l'essentiel de la communauté ectomycorhizienne ?
- Les écosystèmes périurbains du pourtour marseillais sont divers (chênaies, garrigues, maquis). Quelle source d'inoculant privilégier pour la réhabilitation des sols urbains scellés ?



Le protocole d'expérimentation mis en place

Dans le jardin d'expérimentation, 36 fosses de plantations dédiées au test de la réhabilitation des sols scellés ont été mises en place. Ces fosses dont les dimensions ont été standardisées (profondeur : 1,50 m longueur : 6 m largeur : 3,20 m) ont été déclinées en plusieurs modalités expérimentales :

- 18 planches ont été remplies avec des limons scellés et 3% d'inoculum provenant d'une chénaie péri-urbaine (chénaie verte du Vallon des Peyrards, Marseille).
- 18 planches ont été remplies avec des limons scellés et 3% d'inoculum provenant d'une garrigue péri-urbaine (garrigue du chemin de la Mûre, Marseille).
- Ces fosses de plantation ont été végétalisées avec deux palettes végétales méditerranéennes distinctes : l'une de garrigue (dont les hautes-tiges sont des Quercus ilex), et l'autre de maquis (dont les hautes-tiges sont des Quercus pubescens). Les communautés végétales se composaient de taxons ectomycorhiziens.
- 12 fosses en terre-pierre ont été réalisées et testées en plus des 36 planches de l'expérimentation.

En laboratoire (CEFE, CNRS, Montpellier), un équivalent à ce qui a été fait sur le Jardin a été mis en place, avec un nombre accru de répétitions des modalités. Dans des pots de taille standardisée (« mésocosmes »), les modalités expérimentales suivantes ont été mises en place :

- 10 pots de sol urbain scellé, non inoculé.
- 10 pots de sol de garrigue.
- 10 pots de sol de chénaie.
- 20 pots de sol urbain scellé inoculé avec une fraction de sol de chénaie, à raison de 0,01, 0,1, 1 et 10 % du volume final (4 répétitions par % d'inoculation).
- 20 pots de sol urbain scellé inoculé avec une fraction de sol de garrigue, à raison de 0,01, 0,1, 1 et 10 % du volume final (4 répétitions par % d'inoculation).



Des plantes ectomycorhiziennes ont été cultivées dans ces pots. Leur rôle était de mobiliser l'inoculum fongique sur

leurs racines afin de qualifier la fraction de la communauté fongique qui établit des interactions avec les champignons symbiotiques.

Que ce soit sur le quartier d'expérimentation ou en laboratoire, l'inoculation des sols scellés avec une fraction d'inoculant a été réalisée par un brassage de terre afin d'assurer une distribution uniforme de l'inoculum dans les fosses de plantation et dans les pots.

A partir de 2022, un **partenariat avec la SEMM** (Société Eau de Marseille Métropole) a été mis en place. Cette dernière met à disposition des limons issus du nettoyage des bassins de pompage pour les besoins des premiers aménagements d'espaces publics végétalisés des Fabriques.

Le protocole d'évaluation

Plusieurs méthodes d'évaluation ont été employées afin de tester la capacité de réhabilitation des sols scellés.

- 1 - Analyses physico-chimiques et biologiques des sols scellés avant et après l'inoculation.
- 2 - Analyses physico-chimiques et biologiques des sols inoculants.
- 3 - Analyses moléculaires des sols inoculés et non-inoculés afin de qualifier la diversité des communautés ectomycorhiziennes présentes.
- 4 - Analyses moléculaires des apex racinaires des végétaux, afin de qualifier la diversité des communautés ectomycorhiziennes qui interagissent avec le microbiome du sol.
- 5 - Traitement statistique des données acquises : statistiques descriptives, analyses comparatives et multivariées.

11 - <https://www.cefe.cnrs.fr/fr/>



Structure expérimentale en mésocosme, Plateforme Terrain Experimental (ITE) du CNRS de Montpellier
© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Les résultats ont été présentés au fil de l'eau, en fonctions des avancées, à plusieurs occasions, dont notamment :

- Une séance annuelle de présentation des résultats intermédiaires sur site, à destination des gestionnaires et partenaires de l'EPAEM.
- Lors du colloque scientifique « La ville méditerranéenne perméable : approches scientifiques et opérationnelles » organisé par Aix-Marseille Université en 2022¹².
- Lors de salons professionnels comme le salon Cycl'Eau en novembre 2023¹³.

Les résultats finaux des expérimentations menées en laboratoire ont été rédigés et soumis à un journal universitaire à comité de lecture, *Landscape and Urban Planning*¹⁴.

12 - https://sciences.univ-amu.fr/sites/default/files/ressources_docs/Programme_Colloque_La_ville_m%C3%A9diterran%C3%A9enne_parc_m%C3%A9diterran%C3%A9enne_8_nov_22.pdf

13 - <https://www.cycleau.fr/edition/cycleau-provence-alpes-mediteranee-2023/conferences>

14 - L'article est disponible à ce lien : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167636924001468>

2 - LES ENSEIGNEMENTS

Qu'avons-nous appris et quelles questions restent en suspens ?

À RETENIR

→ Les sols urbains qui ont subi un scellement disposent de communautés biologiques dont la dominance prolongée est un atout. **Malgré l'imperméabilisation, ces sols ne sont pas morts.** La végétalisation permet de lever la dominance des propagules fongiques et d'établir des interactions plantes-champignons. Ces communautés fongiques sont résilientes.

→ **La pratique d'inoculation s'est révélée concluante.** Le geste d'ajouter une fraction de sol naturel dans un sol scellé permet d'enrichir sa communauté biologique.

→ L'inoculum provenant de **garrigue s'est montré plus transférable que celui de chênaie.**

→ **Une très faible fraction d'inoculant** permet de transférer la vaste majorité de la communauté ectomycorhizienne : seul 1 % du volume final de la fosse de plantation est requis.

Les enseignements ont été jugés suffisamment concluants pour être déployés à grande échelle dans les espaces publics des Fabriques.

Quelques nuances sont néanmoins à apporter.

On suppose notamment qu'on a à la fois un apport qui est dû à la matière organique qu'on apporte d'un côté, et de celui des champignons de l'autre. Or, « la signature de l'un et de l'autre » n'est pas très claire d'un point de vue scientifique.

Toutefois, cette nuance scientifique ne constitue pas un frein au déploiement dans les aménagements urbains. Les sols désimperméabilisés se sont en effet révélés très appauvris en matière organique, et l'injection de carbone organique conjoint à celle des communautés fongiques **ne nuit en rien à la qualité du sol.**



La déconstruction des fosses de plantation en février 2024 fait apparaître les « traces » de régénération des terres ©Efficacity



DES ENSEIGNEMENTS ISSUS DE LA RECHERCHE-ACTION

Les expérimentations menées en laboratoire en appui à ce qui était mis en place dans le quartier expérimental des Fabriques ont fourni quelques résultats majeurs quant aux pratiques d'inoculation :

→ La banque de spores ectomycorhiziennes résiduelle des sols scellés est très appauvrie et se compose majoritairement de champignons ectomycorhiziens dont la capacité de dormance est accrue. **Capables d'une dormance prolongée de quelques décennies, ces champignons sont adaptés à des sols perturbés et pauvres en matière organique.** Ces champignons ectomycorhiziens sont toutefois résilients : les genres *Geopora* et *Sphaerosporella* sont capables d'établir des interactions ectomycorhiziennes avec les végétaux.

→ La pratique d'inoculation d'une fraction de substrats issus de milieux naturels dans ces sols inertes montre des résultats prometteurs avec une véritable interaction entre ces champignons et les végétaux mis en place. **Les plantes mobilisent cet inoculum.** Plus particulièrement, une affinité entre plantes et champignons hypogés a été notée. Ces derniers sont particulièrement adaptés aux conditions arides et perturbées des garrigues méditerranéennes.

→ **Les sols de garrigue représentent un inoculum à privilégier pour la réhabilitation des sols scellés.**

Ils disposent d'une diversité fongique adaptée au stress hydrique, à la perturbation (piétinement, feu), ainsi qu'à la pauvreté des sols – qui sont

autant de conditions que l'on retrouve dans les espaces végétalisés des villes méditerranéennes. Ainsi, les communautés fongiques des sols de garrigues montrent une transférabilité accrue par rapport aux communautés fongiques des sols de chênaie ; ces dernières étant davantage associées à des forêts matures, de fin de succession végétale.

→ D'un point de vue méthodologique, les outils moléculaires mobilisés dans ce travail se sont révélés adaptés pour réaliser un diagnostic de la diversité fongique des sols scellés, inoculés ou non.

Notons toutefois qu'il existe d'autres procédés de régénération de terre qui n'ont pas été expérimentés dans ce projet. On pourrait résumer les enseignements par cette formule : « Si l'expérimentation a été très loin sur une des méthodes de régénération des sols (la mycorhization), il en existe d'autres qui n'ont pas fait l'objet de tests dans le cadre de notre démarche ».



Ouverture des mésocosmes pour le prélèvement des apex mycorhizés (visibles en blanc sur la photo)
© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

LES RÉSULTATS OPÉRATIONNELS : QUELS ENSEIGNEMENTS ET PRÉCONISATIONS POUR LES PROFESSIONNELS DE L'AMÉNAGEMENT ?



LE DÉPLOIEMENT DE L'EXPÉRIMENTATION DANS LES AMÉNAGEMENTS D'ESPACES PUBLICS D'EUROMÉDITERRANÉE

A mi-2024, 5 secteurs ont été végétalisés via ce processus d'inoculation : la rue Pascal Posado (anciennement rue Jardin), la voie sans nom Fabriques sud et centre (anciennement Traverse de l'Extension), la rue André Allar, la rue de l'hélice (anciennement venelle 5B3) et la rue Larbi Benbarek (anciennement rue des Activités Ouest). La totalité des fosses de plantation du quartier ont été réalisées avec un substrat issu de ce processus.

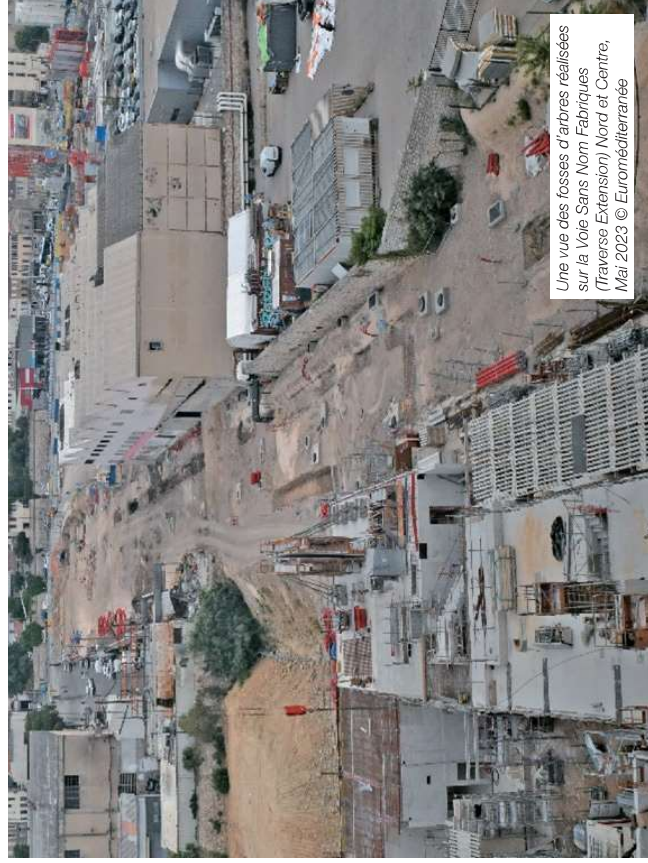


La traversée de l'extension des Fabriques, mai 2023
© Euroméditerranée

A l'échelle des Fabriques, le savoir-faire sur les compositions et les mélanges a été mis en action dans les espaces publics et les végétaux poussent.

Les apports de limons ont été rendus possibles par le biais de l'entretien réalisé par la SEMM (Société Eau de Marseille Métropole) sur ses bassins et l'évacuation de ses dépôts issus de la décantation. Ce processus a vocation à être réutilisé pour les phases ultérieures de travaux. Il nécessite pour autant une bonne coordination avec l'organisme émetteur, la compatibilité des terres concernées et la possibilité de pouvoir stocker la quantité souhaitée sur la zone chantier pour réemploi.

Néanmoins, la réalisation de substrat fertile à partir de terres du site reste aujourd'hui plus complexe qu'un approvisionnement en terre végétale maîtrisée par les entreprises de paysages. En effet, ce procédé classique **est moins vertueux d'un point de vue environnemental** et ne garantit pas des qualités de terre homogènes d'un projet à l'autre, ce qui peut avoir des conséquences sur le développement des végétaux.



Une vue des fosses d'arbres réalisées sur la Voie Sans Nom Fabriques (Traverse Extension) Nord et Centre, Mai 2023 © Euroméditerranée

Cette complexité est liée à plusieurs données parmi lesquelles :

- Les difficultés liées à la maîtrise des approvisionnements en limons pour satisfaire l'ensemble des besoins du projet, les limons disponibles sur le site ne pouvant être libérés globalement dans les temps de la construction des espaces publics.
- Les difficultés liées à la disponibilité foncière disponible dans le périmètre du projet pour stocker les terres excavées et les terres approvisionnées et faire les mélanges en adéquation avec le planning de réalisation des aménagements.
- Les difficultés liées à la contractualisation de la méthodologie de création de terres fertiles liée aux incertitudes des deux items ci-avant.

Du fait de ces incertitudes, la création de terres fertiles peut avoir un coût supérieur à l'emploi de terre végétale, coût à nuancer face aux bienfaits environnementaux et à la durabilité de la démarche.

L'enjeu pour passer à une échelle encore plus large que celle du quartier est donc d'augmenter l'efficacité de la « boucle d'économie circulaire ». Raisonner à une échelle plus large permettrait de limiter voire annihiler les surcoûts.

Cette perspective passe par 3 défis :

1 - Créer une filière d'approvisionnement fiable est un défi logistique

Dans le cadre d'un partenariat, la SEMM (Société des Eaux de Marseille Métropole), qui dispose de gros gisements de limons, les a mis gratuitement à disposition de l'EPAEM dans le cadre de la démarche. Ces limons représentent, de leur point de vue, autant de déchets qu'ils n'ont pas à évacuer ou valoriser, ce qui évite des frais de décharge. Cependant, le transport pour les acheminer sur le chantier demeure un coût, d'autant moins élevé que les commandes sont importantes.

Afin d'approvisionner le chantier en limon, il faut identifier une filière qui fonctionne en termes de quantité, mais aussi de temporalité. Ce processus de fabrication de substrat fertile demande moins d'espace et de temps que les méthodes plus classiques de mise en andains, **mais il faut cependant veiller à conserver un espace pour stocker les limons et réaliser le mélange.**

Les approvisionnements restent toutefois aléatoires, ce qui a deux conséquences :

- La nécessité de prévoir dans les marchés que l'entreprise puisse en fournir de leur côté, de manière fiable, ce qui est plus coûteux qu'une fourniture classique de terre végétale.
- La nécessité de prévoir des espaces de stockage quand les quantités ne collent pas au besoin à l'instant « T », en fonction des impératifs de nettoyage des bassins de la SEM.

Il est important d'estimer les quantités de limons le plus précisément et de contrôler le prix de réponse de l'entreprise sur ce poste. Ces deux paramètres permettent d'éviter une forte plus-value en chantier, si le prix unitaire était surestimé et la quantité venait à augmenter, mettant en péril l'équilibre financier de l'opération.

Il est nécessaire, compte tenu de la démarche innovante, de bien appréhender la stratégie d'achat au moment du lancement des DCE (de quelles quantités « sûres » disposent le MOA ? Quelles quantités à acquérir ? Sous quelle forme ? ...)

2 - Un cadre commun sur la qualité des limons

La question de l'état de pollution des limons (les dépôts) est aussi importante que variable. Les limons de la SEMM sont analysés par un laboratoire indépendant et sont nécessaires pour déclassifier les limons et pouvoir les utiliser. Reste que **la question se complexifie quand on accepte des limons de plusieurs maîtres d'ouvrage.**

En phase réalisation, il est possible d'adapter les limons selon leur qualité (les « moins bons » sont par exemple utilisés là où il n'y a pas d'arbres fruitiers).

Dans une démarche d'économie circulaire plus large, il faut ainsi prévoir des ajustements en chantier en fonction des flux de limons.

3 - Trouver 1% de terre naturelle, cela ne paraît de rien, mais cela s'organise !

En sus des limons, **il faut prévoir un approvisionnement suffisant en terre naturelle.** Même si le ratio est de l'ordre de 1% comme l'ont prouvé les tests sur le Jardin, cela reste un sujet. Les

quantités nécessaires pour les tests ont pu être couvertes par un partenariat avec la carrière Bronzo Perasso, mais cette opportunité se mue en défi pour des quantités plus importantes : jusqu'à quelle distance est-on prêt à aller les chercher ? Quid si une autre ZAC ou un chantier de tramway, par exemple, en ont besoin en même temps ?

Une analyse rétrospective sur les chantiers des cinq dernières années pourrait donner des ordres de grandeur sur les quantités à anticiper. Traduire ces besoins en potentiels économiques pourrait attirer des opérateurs qui organiseraient l'offre et la demande et développeraient ainsi un modèle économique.

En résumé, l'équation entre la qualité, le surcoût liés - pour le moment - aux démarches innovantes et l'impact environnemental demeure.

Pour « créer la boucle », il serait nécessaire d'identifier (à l'échelle métropolitaine par exemple) les différents chantiers de chaque maître d'ouvrage, ainsi que les typologies de ressources disponibles.

L'aménagement du futur Parc du ruisseau des Aygallades sera l'occasion d'aller un cran plus loin sur ces questions (cf partie 3.2).



ET APRÈS ? 3 PISTES POUR PROLONGER LA DÉMARCHÉ

- La démarche a permis de tester les procédés d'inoculation de communautés fongiques ectomycorhiziennes à la fois de manière empirique sur les planches du Jardin d'expérimentation, et scientifique en laboratoire. Il serait intéressant d'avoir une démarche similaire sur d'autres compartiments biologiques du sol tels que les communautés bactériennes, la microfaune. Une démarche d'agronomie permettrait d'avoir une vision systémique des boucles de rétroactions positives entre organismes du sol, propriétés physico-chimiques du sol et santé des végétaux.
- Des interrogations sur la qualité de la terre produite par le procédé de mycorhization demeurent : le substrat est-il plus pauvre qu'une terre végétale ?
- Établir une cartographie des sous-sols, à minima au niveau des sites de projet urbain afin de préciser les ressources dans les cahiers des clauses techniques particulières et les bordereaux de prix unitaires de marchés publics.
- La mise en place de plateforme de fertilisation permet également de réduire les risques de pénurie de substrat fertile en augmentant la diversité des process et donc en offrant des solutions de secours pour l'approvisionnement.

LES DÉMARCHES « FRICHECO » ET « APPL(L)EX » POUR PROLONGER LA DÉMARCHÉ DE RÉGÉNÉRATION DES TERRES

Le projet FrichEco, mené par le bureau d'études Neo-Eco, autour d'un consortium dont l'EPAEM fait partie, a remporté l'appel à projets GESIPOL de l'ADEME en 2023. L'ambition du projet FrichEco est de proposer une approche écologique et sociale du renouvellement urbain par la co-construction d'un projet de territoire autour de l'idée simple de mise en place d'un « petit cycle des terres ».

Les objectifs principaux du projet sont :

- Développer des indicateurs liant requalification écologique et performances d'éco-matériaux, notamment la création de « passeports des sols ».
- Créer des méthodes scientifiques pour favoriser des synergies entre les projets de requalification.
- Expérimenter des formulations d'éco-matériaux adaptées au climat méditerranéen.
- Co-construire une gouvernance agile pour soutenir la transformation du territoire et la structuration de filières locales, créant ainsi des emplois non-délocalisables.

Le projet, démarré en septembre 2023, se déroule sur 60 mois. Il est porté par Neo-Eco, l'Université d'Aix-Marseille, le BRGM et l'EPAEM, qui fournit les outils opérationnels et coordonne les acteurs publics et privés locaux.

Le projet de recherche APP(LL)EX a été lancé dans la continuité de FrichEco et de l'étude menée en phase incubation de l'AMI France 2030. APP(LL)EX a vocation à structurer un *living lab* local sur la gestion des terres ; il a été approuvé par l'Ademe en comité technique. Les subventions seront accordées en 2025.

2-3 ASSOCIATIONS VÉGÉTALES

EXPÉRIMENTATION #3

1- LE DISPOSITIF

D'EXPÉRIMENTATION

Que voulions-nous tester, pourquoi - et qu'avons-nous mis en place pour en tirer des enseignements ?

Dans le contexte actuel de dérèglement climatique, les villes méditerranéennes sont et seront particulièrement exposées à des événements extrêmes tels que des sécheresses prolongées et des inondations intenses. Un enjeu majeur de l'adaptation de ces villes au changement climatique est donc de proposer à leurs habitants des espaces végétalisés efficaces (lutte contre les îlots de chaleur, faible potentiel allergène) et durables dans le temps. Il est donc **important que la palette végétale méditerranéenne s'adapte et persiste** dans ce climat changeant.



Les végétaux fraîchement plantés, en novembre 2020 © Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Afin d'assurer la durabilité dans le temps des palettes végétales, plusieurs pistes de réflexion sont explorées :

- une adéquation entre sol et plante, pour le bon établissement des végétaux ;
- la limitation des interactions compétitives pour les ressources nutritives ;
- la favorisation d'interactions synergiques entre plantes voisines, par le biais d'organismes facilitateurs tels que les champignons ectomycorhiziens.

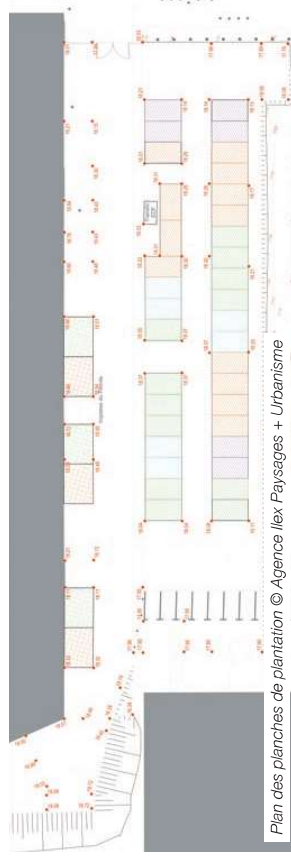
Les questions opérationnelles auxquelles cette expérimentation se proposait d'apporter des réponses

- Quelles palettes végétales méditerranéennes peuvent être implantées dans les villes ?
- Quelles compositions multi-strate herbacées / arbustives / arborescentes permettent de proposer un paysage méditerranéen en ville ?
- Quel est le succès de l'implantation de palettes végétales méditerranéennes en ville ? Quelle acceptabilité sociale ?
- Du point de vue du maître d'ouvrage, comment intégrer ces objectifs dans les futurs cahiers des charges pour que d'autres maîtrises d'œuvre que celle qui a suivi l'expérimentation soient en capacité de répondre à des demandes d'associations végétales - en utilisant ces méthodes ou d'autres ?

Le protocole d'expérimentation mis en place

Dans le jardin expérimental, **36 fosses de plantations** dédiées à tester la réhabilitation des sols scellés ont été mises en place. Ces fosses dont les dimensions ont été standardisées (profondeur : 1,50m x longueur : 6m x largeur : 3,20m), ont été déclinées en deux différentes palettes végétales, l'une de maquis, l'autre de garrigue avec :

- des hautes-tiges : Chêne vert et Chêne pubescent
- des arbustes : Romarin, Pistachier, Filaria, Coronille, Ciste, Bruyère, Arbousier...
- des vivaces : Thym, Sarriette...



Plan des planches de plantation © Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Un encart spécial sur les interactions synergiques entre plantes voisines a été réalisé. Deux associations végétales dont le caractère synergique est supposé ont été mises en place : il s'agit de l'arbousier et du chêne vert, ainsi que du ciste de Montpellier et du chêne pubescent.

Le caractère synergique de ces associations végétales résulte de la capacité des protagonistes à partager des partenaires fongiques. L'arbousier et le ciste sont des espèces de début de succession végétale - elles s'établissent prioritairement dans les écosystèmes, sur des sols parfois pauvres, nus, ou compactés. Leur capacité à mobiliser l'inoculum ectomycorhizien dans les sols a été largement documentée : optant pour

une stratégie généraliste, elles tissent des interactions avec de nombreux taxons de champignons ectomycorhiziens. **Cela permet de proposer l'hypothèse selon laquelle les plantes dites receveuses - ici le chêne vert et le chêne pubescent - bénéficient de la présence de l'arbousier et du ciste** - notamment pour établir des réseaux d'interactions ectomycorhiziens, avec l'inoculum mobilisé par les plantes pionnières. Ces interactions ectomycorhiziennes jouent un rôle important dans la nutrition chimique et hydrique des végétaux.



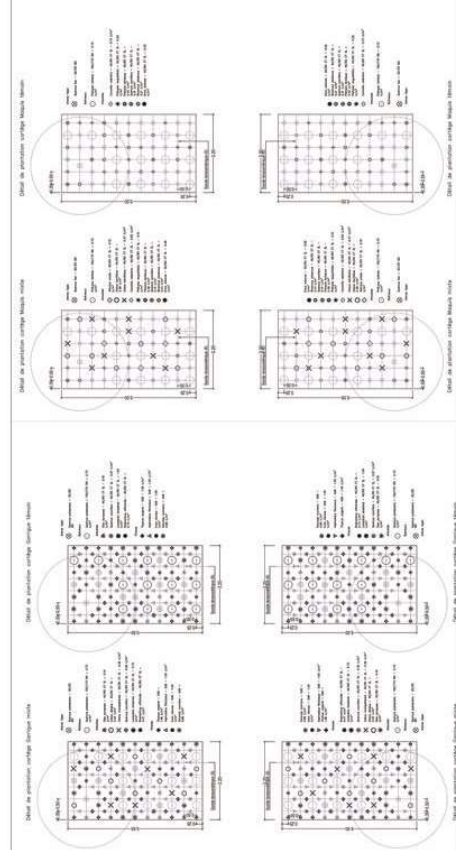
Croissance de plantules d'essences méditerranéennes en mésocosmes, Plateforme Terrain Expérimental (TE) du CNRS de Montpellier © Agence Ilex Paysages + Urbanisme



Morphotypage et collecte des mycorhizes sous loupe binoculaire, Université de Montpellier © Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Afin de tester les mécanismes de facilitation que peuvent apporter les plantes pionnières, on retrouve alors dans les deux palettes végétales du jardin expérimental des modalités avec ET sans plante nurse, c'est à dire avec ET sans arbousier et ciste de Montpellier.

En laboratoire (CEFE, CNRS, Montpellier), un équivalent à ce qui a été fait sur le jardin d'expérimentation a été mis en place, avec un nombre accru de répétitions des modalités. Dans des pots de taille standardisée (mésocosmes), des plantes donneuses et receveuses ont été semées en cooccurrence ou non, afin d'analyser les mécanismes de cohabitation entre plantes voisines.



Exemples de cortèges de plantations © Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Le protocole d'évaluation

Les méthodes d'évaluation utilisées :

- L'évaluation du succès de reprise des végétaux sur des sols désimperméabilisés.
- L'analyse des communautés microbiennes du sol, en particulier les communautés ectomycorhiziennes, analysées à l'aide de méthodes moléculaires puissantes (séquençage par métabarcoding).
- Estimation empirique de la croissance des végétaux sur 3 ans.
- Une séance par an de présentation des résultats intermédiaires sur site, auprès des gestionnaires et partenaires de l'EPAEM. Les retours des partenaires et différents services ont permis d'évaluer l'acceptabilité de telles palettes végétales.

2 - LES ENSEIGNEMENTS

Qu'avons-nous appris et quelles questions restent en suspens ?



À RETENIR

À l'instar des deux premières expérimentations (cf ci-dessus), les enseignements des planches et des recherches en laboratoire ont pu être intégrés dans la phase réalisation des espaces publics des Fabriques.

On peut notamment retenir que :

- **La palette végétale méditerranéenne s'établit avec succès sur les sols désimperméabilisés et inoculés avec une fraction de terre naturelle.** La survie des végétaux est à ce stade encourageante ;
- On a observé **une reprise lente, avec une faible croissance des végétaux suite à la transplantation, la première année** ;
- Il y a eu de la mortalité, en particulier sur les hautes tiges, notamment les chênes pubescents ; **les deux années suivantes, le rythme de croissance s'est élevé** ;
- Malgré les réticences de certains partenaires de prime abord au début de la démarche quant à ces deux palettes végétales, un enthousiasme collectif autour du paysage qu'elle constitue s'est progressivement développé.



DES ENSEIGNEMENTS ISSUS DE LA RECHERCHE-ACTION

La survie des plantes dans ces nouvelles associations végétales sont très encourageantes

Un premier résultat marquant et très encourageant concerne la survie de la vaste majorité des végétaux établis sur les sols désimperméabilisés. Cela révèle d'une part de la capacité d'accueil de ces sols pour la végétation ainsi que la capacité des plantes à s'y établir.

Ce constat est toutefois à nuancer : **durant l'année suivant la transplantation, la croissance des végétaux a été très faible.** Les plantes ont végété durant un an avant d'observer **un rythme de croissance élevé durant les deux années suivantes.**



Avant/Après : les végétaux en juin 2021 e en novembre 2023 © Agence Illex Paysages + Urbanisme

Il y a également eu de la mortalité, en particulier chez les hautes tiges telles que le chêne pubescent, une essence qui a déjà été retirée de la palette végétale des Fabriques.

Toutefois, cette mortalité peut être expliquée par des dysfonctionnements au cours de la vie du Jardin : la première année suite à la transplantation, des pannes d'arrosage ont impacté le projet. Ces dysfonctionnements ont d'une part montré la résilience des communautés végétales face à la sécheresse, mais aussi la faiblesse de certaines hautes-tiges sans intervention humaine en phase post-plantation.



© Efficacity

Côté partenaires gestionnaires, une adoption progressive mais réelle
Expérimenter de telles palettes végétales a aussi représenté un test pour l'acceptation sociale des usagers.

Ces paysages ont d'abord été accueillis avec une dose de scepticisme, qui s'est transformé en enthousiasme au fil du temps.

Ce changement d'opinion semble reposer sur plusieurs choses : d'abord, l'esthétique de la palette végétale a évolué au cours du temps, proposant un paysage méditerranéen florissant et buissonnant ; ensuite, les actions de sensibilisation menées par les protagonistes du projet ont permis d'expliquer la vision à long terme autour de cet aménagement, avec de solides bases scientifiques.

De manière plus empirique, les différents protagonistes à l'initiative de ce projet expérimental ont reçu des retours positifs des habitant-es du quartier quant à l'esthétique du Jardin, sur la volonté d'utiliser ce lieu (par exemple, des ouvriers venaient régulièrement déjeuner à proximité du Jardin).

Enfin, au sein du quartier des Fabriques, très dense et artificialisé, le Jardin a joué un rôle de zone refuge pour la biodiversité. De nombreuses observations empiriques de la faune ont été réalisées et montrent que les zones végétalisées en territoire urbain très dense permettent tout de même la re-création d'habitat pour diverses abeilles sauvages, coléoptères, ou encore, des reptiles (lézards).

Les analyses des expérimentations menées conjointement en laboratoire au CNRS de Montpellier sur la co-occurrence entre plantes voisines sont encore en cours.

Il n'existe aujourd'hui que peu de choses dans la littérature scientifique qui traite des interactions synergiques entre plantes voisines dans des contextes urbains.

La démarche proposée par le jardin d'expérimentation est donc assez novatrice et les résultats des analyses en laboratoire représenteront des travaux tout à fait pionniers. Toutefois, les résultats de ces travaux se révéleront assez fondamentaux. Le pas vers une application opérationnelle est plus difficile à franchir tant les conditions réelles d'établissement des plantes en ville sont éloignées des expérimentations en laboratoire.



Quand la nature reprend ses droits...
Cette courge a poussé d'elle-même, probablement issue de l'activité de compostage assuré par les Alchimistes à côté du jardin d'expérimentation !
Décembre 2021 © Efficacy



© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

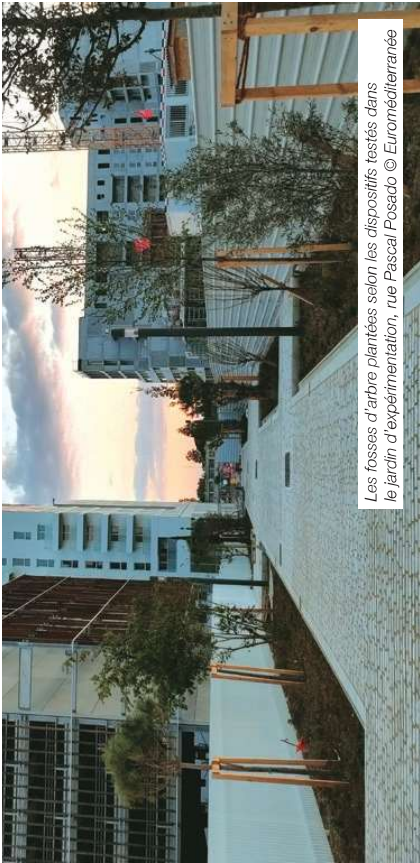
LES RÉSULTATS OPÉRATIONNELS : QUELS ENSEIGNEMENTS ET PRÉCONISATIONS POUR LES PROFESSIONNELS DE L'AMÉNAGEMENT ?

UN POINT SUR LE DÉPLOIEMENT DANS LES AMÉNAGEMENTS D'ESPACES PUBLICS D'EUROMÉDITERRANÉE

A mi-2024, 5 secteurs ont été végétalisés via ce processus d'inoculation : la rue Posado (anciennement rue Jardin), la voie sans nom sud et centre (anciennement Traverse de l'Extension), la rue Allar, la rue de l'hélice (anciennement venelle 5B3) et la rue Larbi Benbarek (anciennement rue des Activités Ouest). La palette végétale du quartier des Fabriques a été travaillée avec l'incorporation des végétaux testés sur le jardin d'expérimentation, complétés par des essences nurses différentes et d'autres plus horticoles.

Type	Essences	Composition	Nourrices	Jardin d'expérimentation	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Arbustes	Artemisia arborescens	M														
	Artemisia ludoviciana	M														
	Bupleurum fruticosum (végéter 2 à 3 ans)	CP														
	Erica arborea	CP														
Vivaces	Rosmarinus officinalis	CP*2ou3														
	Centranthus ruber	CP														
	Euphorbia characias	CP*2ou3														
	Euphorbia dendroides	CP														
	Euphorbia myrsinites	M														

© Agence Ilex Paysages + Urbanisme



Les fosses d'arbre plantées selon les dispositifs testés dans le jardin d'expérimentation, rue Pascal Posado © Euroméditerranée

Un arbitrage délicat à faire entre re-fertilisation des sols et esthétique des espaces publics

Créer une palette végétale selon les procédés décrits plus haut répond à deux objectifs qu'il n'est pas toujours évident de concilier :

- Un objectif esthétique : l'enjeu est de travailler les ambiances du quartier au fil des 4 saisons (floraison, fructification...) et de faire des choix en conséquence ;
- Un objectif de contribution à la re-création de sols fertiles : il s'agit ici d'adapter la palette en veillant à repérer les plantes nurses - ce qui a nécessité une grosse expertise commune. Or, il n'existe pas de résultats scientifiques probants à visée opérationnelle sur la quantité de nurses à mettre. Plus généralement, on connaît d'ailleurs assez mal le rôle de nurses et ses effets dans un contexte urbain, ni même la quantité nécessaire de nurses à prévoir dans une palette.

Cette « tension » entre deux objectifs différents peut rajouter de la complexité à un maître d'œuvre.

Un manque de recul à ce stade qui rend difficile des résultats « scientifiques » en phase réalisation

Des premiers déploiements (rue Jardin, aujourd'hui rue Pascale Posado), il est difficile à ce jour de tirer des conclusions sur le fait que certains végétaux s'adaptent mieux que d'autres : le vent, les déchets accumulés... peuvent biaiser les enseignements.

Aujourd'hui, il est prévu d'adapter les futures palettes en tenant compte des observations des végétaux déjà plantés - certaines espèces ne seront d'ailleurs pas reconduites.

De même, en climat méditerranéen, identifier des végétaux qui « supportent 3 mois sans arrosage puis 30 cm d'eau d'un coup » réduit le champ des possibles.

A nouveaux procédés, nouvelles compétences dans les groupements

Ajoutons qu'à ce jour, en dehors des Fabriques, il y a peu d'autres opérations d'espaces publics (y compris hors Marseille) qui ont été aménagés avec ces méthodes. L'expérimentation a néanmoins montré le besoin de renforcer les compétences en agronomie et en écologie des milieux dans les groupements de paysagistes.



ET APRÈS ? 3 PISTES POUR PROLONGER LA DÉMARCHÉ

A l'issue de la thèse¹⁵ réalisée par Louise Authier, un contrat postdoctoral a été établi entre Ilex Paysage + Urbanisme, Euroméditerranée et le CNRS). Pour une durée de deux ans, ce projet postdoctoral vise à approfondir et valoriser les travaux sur les sols urbains et ainsi que de développer des méthodes pour leur réutilisation dans les espaces végétalisés. Il s'agit d'un travail de recherche-action qui s'inscrit à la fois dans la continuité des recherches scientifiques menées entre 2019 et 2023, dans le développement et la vulgarisation des aspects opérationnels et vise à produire des livrables pour des applications opérationnelles.

Ce travail de recherche-action s'articule autour de trois axes :

1. la synthèse et la vulgarisation des résultats de recherche, notamment ceux issus de la thèse de Louise Authier ;
2. la finalisation des travaux expérimentaux menés au CNRS de Montpellier, incluant l'analyse des données et la rédaction d'articles universitaires destinés à être publiés dans des journaux à comité de lecture ;
3. l'intégration des résultats des travaux expérimentaux dans des documents dédiés à la gestion et l'entretien, portant notamment sur la conception des palettes végétales et les techniques d'arrosage.



© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

15 - Etude de la capacité de mycorhization des sols urbains - diversité, fonctionnalité et résilience, soutenue en décembre 2023

2-4

ARROSAGES ALTERNATIFS

EXPERIMENTATION #4

1- LE DISPOSITIF

D'EXPERIMENTATION

Que voulions-nous tester, pourquoi - et qu'avons-nous mis en place pour en tirer des enseignements ?

L'enjeu pour les villes : vers des alternatives au goutte à goutte pour arroser les espaces publics

Le « goutte à goutte » est un système économe en eau mais qui présente cependant des inconvénients. **Il favorise un développement superficiel des racines**, rendant ainsi les végétaux moins résilients au stress hydrique. De plus, **ce dispositif fragile se détériore souvent rapidement**, endommagé par des rongeurs ou abîmé par des comportements inciviques.

L'enjeu est donc d'identifier des systèmes d'arrosage plus rustiques et alternatifs au goutte à goutte qui favorisent un meilleur développement racinaire des plantes et qui résistent aux pressions urbaines.

Ces alternatives se doivent également de répondre à la pression exercée par le changement climatique sur la ressource en eau dans les villes méditerranéennes. Ainsi, les alternatives à l'arrosage classique se doivent d'assurer la survie des végétaux, tout en limitant la consommation d'eau.



Pose des caniveaux d'arrosage, Juillet 2020
© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Les questions opérationnelles

auxquelles cette expérimentation se proposait d'apporter des réponses

L'hypothèse de départ est la suivante : quels dispositifs peut-on valider qui, à la fois :

- Résistent aux dégradations entraînées par les rongeurs ?
- Répondent au besoin d'enracinement des végétaux pour leur croissance et en maintenant des interactions biotiques, dans un climat méditerranéen fait de périodes sèches et de pluies intenses ?

Le protocole d'expérimentation mis en place

Trois types de dispositifs d'arrosage ont été testés sur le jardin d'expérimentation des Fabriques :

- Arrosage par submersion via un caniveau.
- Arrosage par submersion via un regard directement dans le massif.
- Arrosage manuel qui fait office de témoin.

Le système d'arrosage par **submersion via un caniveau** présente l'avantage de créer une lame d'eau qui se déverse dans le massif. L'arrosage est ainsi apporté de

manière homogène sur la longueur de la fosse de plantation. Le caniveau permet également de recueillir une partie des eaux pluviales en plus d'assurer une finition esthétique.

Le système d'arrosage par **submersion via un regard** est une version simplifiée de la première variante avec caniveau. Le regard déverse l'eau directement dans la fosse de plantation. Ce dispositif est plus économe à la mise en place (suppression du caniveau), mais la répartition de l'eau est moins homogène dans la fosse.

L'arrosage manuel permet de créer des planches témoins. Ce dernier n'est utilisé qu'en cas de stress hydrique afin de garantir la survie des végétaux sur les planches d'expérimentations.

Le protocole d'évaluation

- Mesures par le biais de sondes tensiométrique dans certaines planches d'expérimentation
- Observation empirique de la croissance des végétaux en fonction des différentes techniques d'arrosage
- Une séance par an de présentation des résultats intermédiaires sur site, auprès des gestionnaires et partenaires de l'EPAEM



Sonde tensiométrique utilisée pour mesurer chaque semaine les propriétés hydriques du sol
© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

2 - LES ENSEIGNEMENTS

Qu'avons-nous appris et quelles questions restent en suspens ?

PRÉCAUTION D'USAGE : DES ENSEIGNEMENTS À LIRE AVEC PLUS DE PRUDENCE QUE LES AUTRES EXPÉRIMENTATIONS

Si les trois autres expérimentations ont fait l'objet d'un protocole d'expérimentation solide ainsi que d'observations empiriques tout au long du projet, cela a été moins le cas des observations sur les procédés d'arrosage.

Deux raisons principales l'expliquent :

- Des aléas liés au déroulement du projet : fuite du réseau, pression défaillante et délais de raccordement plus longs que prévus font que les périodes de mesure se sont décalées dans le temps. Ces aléas expliquent que nous ne disposons pas de données quantifiées issues des sondes à l'heure de la publication du présent document ;
 - D'autre part, il s'agit d'un choix intentionnel de donner la priorité à d'autres aspects de la thèse, notamment la régénération des sols et les associations végétales
- Néanmoins, si la démarche a été moins scientifiquement éprouvée, il demeure que les tests de terrain permettent de tirer des conclusions opérationnelles, qui sont décrites ci-dessous.

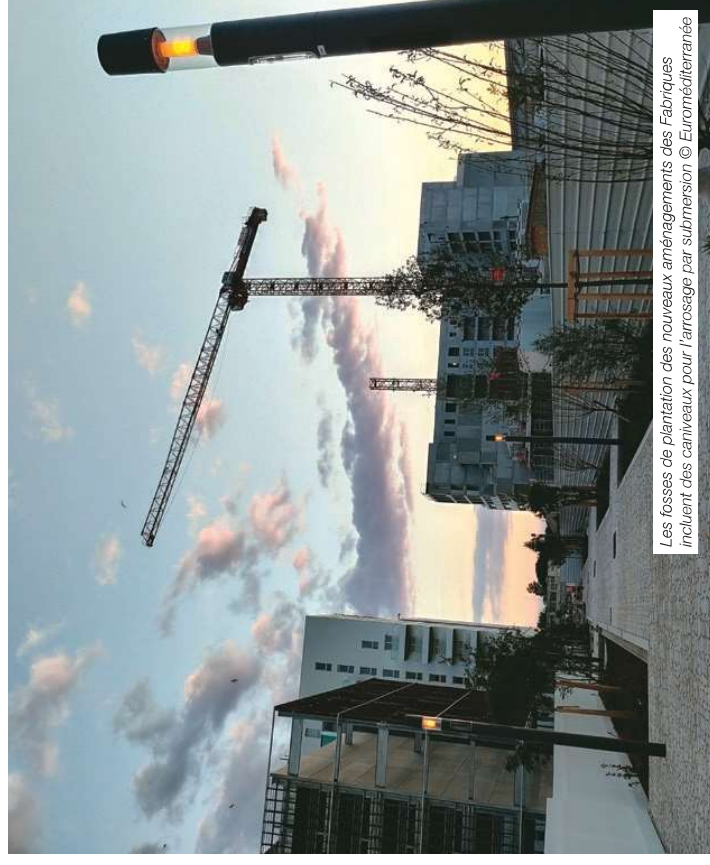
À RETENIR

- Les tests menés sur le Jardin sont concluants sur un aménagement à plat : les expérimentations sur l'arrosage par caniveau (qui se remplit et qui déborde pour arroser l'intégralité de la jardinière) sont aujourd'hui déployés dans les Fabriques.
- Ce système par caniveau a fait l'objet d'évolutions en phase de déploiement car il était moins adapté sur certaines typologies d'aménagement, notamment les aménagements en pente : l'expérimentation se poursuit donc en partie dans la phase réalisation.
- La pose de caniveaux et de bouches d'arrosage constitue un surcoût, principalement lié à la complexification des réseaux d'arrosage secondaires et aux ouvrages en pierre à ajouter. Ce surcoût est néanmoins à mettre en balance avec la qualité esthétique des aménagements.
- Enfin, des aléas liés au projet font qu'il n'y a à ce jour pas d'ordre de grandeur sur les éventuelles économies en eau entre les dispositifs d'arrosage par submersion et le goutte à goutte.

QU'AVONS-NOUS APPRIS ET QUELLES QUESTIONS RESTENT EN SUSPENS ?

UN POINT SUR LE DÉPLOIEMENT DANS LES AMÉNAGEMENTS D'ESPACES PUBLICS D'EUROMEDITERRANÉE

Le système d'arrosage par submersion est déployé sur l'ensemble du quartier des Fabriques. La rue Posado est équipée avec le système de caniveaux longitudinaux. Le sud de la « voie sans nom » est équipée avec des caniveaux et un système de restanque qui devait permettre de gérer l'arrosage dans ces massifs à 4% de pente longitudinale. La rue de l'Hélise et le centre de la « voie sans nom » sont équipés d'une évolution du système détaillée ci-après. Enfin la rue Allar est équipée en goutte à goutte afin d'offrir une continuité d'aménagement avec sa partie pré-existante à l'Ouest.



Les fosses de plantation des nouveaux aménagements des Fabriques incluent des caniveaux pour l'arrosage par submersion © Euroméditerranée

Des tests concluants sur le Jardin mais des ajustements nécessaires en phase travaux...

Les tests menés sur le Jardin sont concluants sur un aménagement à plat : les expérimentations sur l'arrosage par caniveaux (qui se remplit et qui déborde pour arroser l'intégralité de la jardinière) ont été validées et transcrits dans l'opérationnel.

Ce système par caniveaux **a fait l'objet d'évolutions sous la houlette de la maîtrise d'œuvre** car il était moins adapté sur certaines typologies d'aménagement. Des caniveaux parfaitement plans se sont ainsi heurtés à plusieurs contraintes : la tolérance de pose et le nivellement général du projet ont fait que le débordement n'a pas été aussi homogène que prévu.

A titre d'exemple, sur une pente de la traverse de l'extension Sud, la partie basse des fosses en restanque n'est pas suffisamment alimentée et a nécessité des adaptations en phase réalisation (pose de drain).

C'est aussi un des enseignements utiles à noter. Si les planches d'essai du Jardin ont été conçues sur des modèles d'aménagement à plat ou en pente légère, il aurait été utile de prévoir quelques planches présentant une pente plus élevée, pour être plus en phase avec les dénivelés des Fabriques.

...qui ont donné lieu à de nouvelles « innovations »

Les ajustements nécessaires en phase chantier **ont conduit l'entreprise à proposer un nouveau système...** qui avait été mise en œuvre avec la Ville de Marseille et qui a occasionné de nouveaux tests avec les agents.

Ce nouveau système est composé par un regard béton 30x30 et une grille en fonte. Le regard est rempli en GNT (Grave Non Traitée) afin d'optimiser le volume d'eau nécessaire pour qu'elle se déverse dans les espaces adjacents. Il possède également un fond percé afin d'empêcher cette dernière de stagner à l'intérieur à la fin de l'arrosage.

Le système est placé au cœur des massifs paysagers tous les 3 ou 4 m (pour une pente de 4%) afin de garantir une répartition homogène de l'arrosage.

Un des regrets est de ne pas avoir consacré assez de temps à mieux capitaliser les différentes expérimentations entre celles menées par l'EPAEM et celles menées par la Ville de Marseille. Si la « jonction » s'est faite via l'entreprise, elle n'a pas été anticipée plus tôt.



© Agence Ilex Paysages + Urbanisme

Une équation économique incertaine

La pose de caniveaux et de bouches d'arrosage constitue un surcoût. Il est principalement lié à la complexification des réseaux d'arrosage secondaires, aux ouvrages en pierre à ajouter (caniveau) et au système utilisé aujourd'hui (détournement d'une bouche d'arrosage Bayard).

Ces surcoûts sont à mettre en regard de la qualité des espaces publics (l'esthétisme des fosses est reconnue) ainsi qu'à la pérennité du goutte à goutte détérioré par les rongeurs et qu'il faut changer régulièrement.

Economie d'eau : des inconnues

Le report des mesures pour les raisons expliquées plus haut font **qu'il n'y a pas d'ordre de grandeur sur les éventuelles économies en eau entre les dispositifs d'arrosage par submersion et le goutte à goutte.**

En phase réalisation, on ne sait aujourd'hui pas quantifier les gains/pertes dans un contexte où les arrêts sécheresse risquent de se multiplier à l'avenir.

Néanmoins les simulations réalisées en phase études prévoient une consommation plus importante d'eau sur les deux premières années, avec un retour à l'équilibre (vs un goutte à goutte) sur les 3^{ème} et 4^{ème} année. Ensuite, les végétaux sont normalement implantés et l'arrosage ne doit être déclenché qu'en cas de stress hydrique important et donc de risque de mortalité.



© Agence Ilex Paysages + Urbanisme



ET APRÈS ? 2 PISTES POUR PROLONGER LA DÉMARCHÉ

1 - L'accès et le traitement des données des sondes tensiométriques

La phase réalisation dans les Fabriques s'accompagnera de remontées de données des sondes tensiométriques via les BST (NB : les boîtiers qui permettent de faire remonter l'information via le dispositif réseau LoRa¹⁶) qui seront installés dans les mâts d'éclairage des Fabriques.

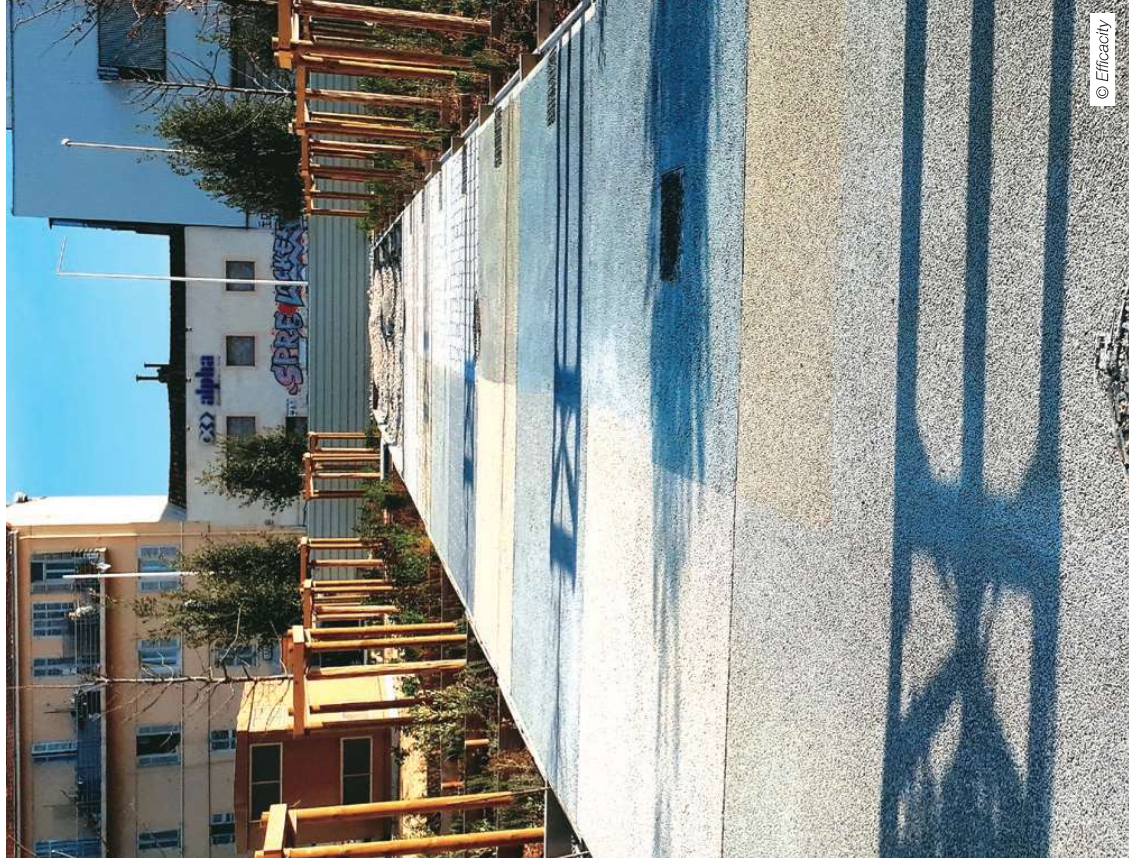


© Efficacity

2 - Tester la ré-utilisation des eaux grises pour l'arrosage du Parc Bougainville

Dans le cadre du projet de Démonstrateur Ville Durable¹⁷ co-porté par la Métropole Aix-Marseille Provence et Euroméditerranée, un des axes concerne une expérimentation sur la **ré-utilisation des eaux grises et eaux de renouvellement** d'une future piscine, la piscine Bougainville. L'objectif est de couvrir plus de 50% des besoins en arrosage d'un parc municipal. Localisée dans le quartier de Bougainville, la future piscine municipale Bougainville sera implantée dans le quartier Bellevue à l'entrée du nouveau parc Bougainville, au cœur du 3^e arrondissement. Les travaux sont prévus entre 2024 et 2027.

Le dispositif comprendrait notamment la mise en place d'équipements de traitement pour les eaux de nettoyage des filtres de la piscine, de régénération des pédiluves ainsi que les eaux des douches et lavabo (eaux grises). Avant traitement, une cuve permet de stocker l'eau et de limiter le débit de fonctionnement des installations de traitement. Après traitement, l'eau est orientée vers une cuve permettant le stockage de l'eau correspondant à une journée d'exploitation de la piscine. Cette eau est ensuite pompée pour alimenter le réseau d'arrosage du parc. En complément, une double alimentation via le réseau d'eau potable est prévue afin de couvrir 100% des besoins d'arrosage du parc.



© Efficacity

16 - protocole de communication radio qui définit comment des équipements terminaux communiquent sans fil au travers de passerelles, constituant ainsi un réseau étendu à basse consommation selon Wikipedia, consulté le 3 décembre 2024 : <https://fr.wikipedia.org/wiki/LoRaWAN>
 17 - « Inscrit dans le cadre de France 2030 et du 4^e Programme d'investissements d'avenir (PIA) Un programme d'investissements d'avenir (PIA) Un programme d'investissements d'avenir (PIA) Un programme d'investissements d'avenir (PIA) transformant, doté d'un haut niveau d'ambition sociale et environnementale, qui met en œuvre des solutions innovantes (techniques, technologiques, process...) porté par une Collectivité et un consortium d'acteurs » : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/demonstrateurs-ville-durable>

UN JARDIN POUR DYNAMISER LA CULTURE DE L'INNOVATION PUBLIQUE



Les résultats opérationnels et scientifiques de chaque expérimentation décrits ci-dessus seront (nous l'espérons !) précieux pour les aménageurs et gestionnaires.

En prenant du recul, d'autres enseignements sont à tirer, notamment liés à la culture de l'innovation, qui s'attache et se développe autour d'un lieu dédié à l'expérimentation, comme l'a été le Jardin d'expérimentation pendant quatre ans.

Ce sont ces enseignements liés à la culture du changement et à l'apprentissage collectif que nous proposons de partager ici en cinq points principaux.

1- Apprendre en faisant est une démarche enthousiasmante et engageante sur le plus long terme

66

Brice Chandon, responsable développement durable et innovation chez Euroméditerranée :

Au début de la démarche, nous pensions que la fonction du Jardin serait de démontrer des choses, et qu'en ayant des conclusions, on allait arriver à convaincre. Cela ne s'est pas vraiment passé comme cela. Avec du recul, le « simple » fait de tester sur site - sans même être certain d'avoir des résultats - mobilise et lève des freins psychologiques sur la culture du changement. Même quand certaines questions restent, cela produit des effets sur les participants !

Ce verbatim illustre bien l'un des étonnements - en même temps qu'un résultat fort - de la démarche.

En effet, au-delà des aspects plus techniques liés aux expérimentations elles-mêmes, **l'ap-proche « par le faire » est en soi un puissant levier pour lever les freins à la réplication.**

L'expérience du jardin d'expérimentation des Fabriques a ainsi pu valider à nouveau le principe selon lequel il est primordial de laisser « du jeu dans le système » dans un projet d'innovation pour favoriser l'engagement : en partageant ses questionnements, en laissant des « espaces vides » pour de nouvelles planches de tests... En bref, en ne faisant pas les questions et les réponses !

© Efficacity

Dit autrement, un espace où l'on peut faire venir les gens, inciter les services techniques des partenaires à s'exprimer, montrer, partager ses incertitudes et ses espoirs sur un vrai lieu a plus d'impact qu'une réunion en salle.

Proposer un espace (symbolique) de participation aux partenaires renforce ainsi mécaniquement leur implication.

D'utilisatrices (parfois réfractaires) de la démarche, les parties prenantes peuvent trouver une place de co-concepteur et s'approprier ainsi une démarche qui devient « leur », et dans laquelle ils auront d'autant plus d'appétence à s'impliquer qu'ils ont une certaine prise dessus.



Les visites de terrain : un moyen efficace et ludique pour sensibiliser et partager les résultats, ici en préparation de la visite des équipes de l'Agence de l'Eau en septembre 2021 © Efficacity



© Efficacity

2 - L'expertise d'usage est aussi importante que l'expertise technique

En juin 2021, le collectif « Vélo en Ville » est sollicité pour apporter son expertise d'usage sur les différents revêtements du Jardin. Parmi les questions qui sont posées à leurs représentants qui se sont déplacés sur site : quels revêtements seront les plus confortables pour les cyclistes au quotidien ? Les moins glissants ? Lesquels seront-ils les mieux adaptés aux pratiques du vélo urbain ?

La réponse du collectif n'est pas celle attendue, mais tout aussi précieuse : « Pour les cyclistes, ce n'est pas le revêtement le plus important, tous sont de toute façon homologués. Ce qui compte souvent, c'est la continuité et la taille des bordures dans les virages ».

La visite des planches se transforme alors en... atelier improvisé sur la carte des pistes cyclables qui traverseront les Fabriques dans quelques années !

De même, quand en octobre 2022 les agents de la Métropole sont sollicités pour des tests de nettoyage avec les balayeuses, la conclusion de l'un d'entre eux apporte une précision inattendue : « c'est concluant, mais il faudra voir ce que cela donne avec des balais neufs ».

Quand les agents reviendront un an plus tard pour une 3^e et dernière série de tests de nettoyage, la précaution sera prise de prévoir des balais neufs

Ces deux anecdotes soulignent à quel point les protocoles d'évaluation techniques, si fins soient-ils, doivent rester ouverts à l'expertise d'usage.

Ainsi, même lorsque la démarche d'expérimentation revêt une forte densité technique (dans notre exemple : caractéristiques de matériaux, processus de développement racinaire, analyse de la régénération des sols...) et mobilise beaucoup d'expertises en sciences dites « exactes » (ici, ACV, thermodynamique, biologie, etc.), il est toujours précieux de laisser des espaces d'expression à l'expertise d'usage¹⁸.



Février 2022 © Efficacity

¹⁸ - Un autre Jardin situé sur le périmètre d'Euroméditerranée fait d'ailleurs l'objet de démarches expérimentales dans sa conception, en s'appuyant plus expressément sur l'expertise d'usage des habitants. Cette démarche est décrite dans la partie 4 du présent document.

3 - De l'expérimentation en « espace clôt » à l'expérimentation continue

Autre apprentissage à noter : **expérimenter est à la fois une étape (que l'on pourrait penser délimitée dans le temps), mais aussi un état d'esprit d'apprentissage en continu.** Le retour sur la démarche invite à se donner un certain recul vis-à-vis du schéma linéaire classique « concevoir-tester-déployer ».

La réalité est en effet plus complexe : la démarche du projet et la démarche d'évaluation sont intimement liées, elles se nourrissent l'une et l'autre et ne doivent pas se penser en parallèle.

Ainsi, l'évaluation d'un critère appelle souvent à des tests ou des protocoles complémentaires, qui amènent à leur tour à faire « pivoter » le projet en lui-même.

Les systèmes d'arrosage testés sur les planches d'essai en sont un bon exemple : ils ont fait l'objet de nouveaux tests lors des premières phases de déploiement dans les Fabriques, lorsque, par exemple, la pente était différente de celle sur le Jardin.

Il est donc difficile de prévoir ex ante l'ensemble des mesures qui seront nécessaires : le choix du pragmatisme a ainsi parfois prévalu dans les arbitrages entre une forme de « rigueur extrême » dans les mesures d'une part, et les impératifs de délais et coûts liés aux opérations de l'autre. Cet aspect pragmatique et agile de la démarche d'évaluation est ainsi un des aspects remarquables du projet.

4 - Le Jardin a ouvert la porte à d'autres idées et démarches parfois non prévues à l'avance

Comme évoqué au point 1, au-delà d'accueillir des expérimentations bien définies, le lieu en lui-même a une autre vertu : celle d'embarquer les parties prenantes dans un état d'esprit positif... qui peut s'avérer contagieux !

Le Jardin a ainsi tour à tour joué le rôle de vitrine et de tremplin au gré des visites et rencontres sur site. D'autres projets - dont beaucoup n'étaient pas prévus au départ - y ont trouvé une source d'inspiration et un terrain d'accueil.

Le lieu a d'abord fait office de vitrine pour des industriels ou des innovateurs.

Un démonstrateur de terre crue conçu par Saint Gobain, des mobiliers urbains (bancs et tables) à tester, un prototype de toilettes sèches... ont été successivement installés dans un « coin » du Jardin.

Il a également joué le rôle de tremplin pour d'autres démarches, dont certaines n'ont pas été à l'initiative de l'EPAEM. Ainsi, d'autres expérimentations sur l'arrosage ont été menées par la Ville de Marseille dans des espaces verts de la ville, en parallèle de celles dont il est question dans ce document. De l'aveu même des agents qui ont suivi les expérimentations sur site, le Jardin a joué un rôle d'« inspirateur », et contribué à insuffler de nouveaux tests. C'est également dans la perspective de la fermeture du jardin d'expérimentation qu'est née l'idée de concevoir l'espace public voisin « Jardin des Fabriques » dans une logique de ré-emploi (Cf Partie 4).

Dans le même élan, le Jardin a joué un rôle important dans une démarche d'innovation sur l'éclairage urbain initiée en 2020. L'idée était de travailler sur la mutualisation de services urbains au sein de mâts d'éclairage : des fonctions de gestion urbaine (via notamment des capteurs) à destination des gestionnaires urbains et des fonctions plus « sensibles » (grâce notamment à des dispositifs de diffusion d'image, de récits et de « bruits masquants » sur l'espace public) pour les habitants.

Le Jardin a ainsi accueilli les premiers prototypes de ces mâts d'éclairage en 2021 et fait l'objet de différents tests techniques.

Initiée en 2020 via un « dialogue compétitif » en parallèle des expérimentations du Jardin, cette démarche est toujours en cours et se prolongera jusqu'en 2026, via des tests sur l'espace public.

A noter enfin que le quartier des Fabriques a fait partie des territoires pilotes français pour tester Urban Print¹⁹, un outil d'évaluation quantitative de la performance carbone, énergétique et environnementale d'un projet urbain à l'échelle quartier, développé par Efficacy en partenariat avec le CSTB.



Mobilier urbain installé à titre de démonstrateur sur le jardin d'expérimentation, octobre 2021 © Efficacy

19 - <https://efficacy.com/urbanprint/>



Démo des mâts d'éclairage innovants sur le carré des enfants, les Fabriques, septembre 2024 © Efficacy

5 - Le Jardin comme point de contact vers un changement d'ambition et d'échelle

Le Jardin a enfin joué le rôle de point de contact entre un quartier réceptacle de démarches innovantes (Les Fabriques) et l'enjeu de déploiement d'innovations à l'échelle de l'OIN.

Initialement, le Jardin d'expérimentation était en effet dédié à tester des solutions neuves pour les espaces publics du quartier. La visée de la démarche était donc délibérément opérationnelle.

Progressivement, cette visée s'est élargie vers un objectif beaucoup plus large :

- Dans son ambition, en partant d'un objectif de désimperméabilisation et de nature en ville pour aller vers un objectif plus large de transition écologique des villes ;
- Dans son échelle, en partant du quartier pour l'élargir à l'ensemble de l'OIN.

Plusieurs moments déclencheurs ont contribué à ce changement de perspective.

Une présentation de la démarche aux différents groupements de maîtrise d'oeuvre de la ZAC Littorale (donc au-delà des Fabriques) en 2021 a été un premier pas vers l'extension de la démarche.

Le partenariat avec l'Agence de l'eau (cf. ci-dessous) a acté l'élargissement des enjeux vers l'ensemble de l'OIN portée par Euroméditerranée.

Enfin, la structuration du Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine a permis d'aller un cran plus loin sur la portée des enjeux, en actant l'OIN comme territoire d'expérimentation pour l'ensemble des partenaires du conseil d'administration de l'EPAEM.

À propos du Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine

Le Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine est un espace de partage sur les enjeux, priorités et difficultés de l'innovation au service de la fabrique de la ville, en réponse aux grands défis climatiques et sociétaux d'un monde en transitions.

Il est piloté par l'Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée (EPAEM) à Marseille, en collaboration avec les acteurs publics du territoire.

Le Laboratoire vise à stimuler l'émergence de projets adaptés à ces enjeux et aux besoins des usagers, d'accompagner des réalisations concrètes, tout en documentant la méthode et en apportant une analyse collective des réussites mais aussi des échecs.

C'est également une manière différente d'utiliser l'opération d'aménagement Euroméditerranée, comme un terrain d'expérimentation collectif permettant un essai et une généralisation des procédés et solutions. Les enseignements tirés peuvent ainsi bénéficier à d'autres maîtrises d'ouvrage, à différentes échelles : le territoire national, la Région Sud, le Département des Bouches-du-Rhône, la Métropole Aix-Marseille-Provence et la Ville de Marseille.

En conclusion, en partant de problématiques concrètes et en agissant par le « faire », la perspective s'est progressivement élargie d'enjeux opérationnels vers des enjeux plus stratégiques. C'est en cela que l'on peut qualifier la démarche du Jardin d'expérimentation de « Bottom-Up ».

ZOOM

POUR L'AGENCE DE L'EAU, LE JARDIN EST UN « CONCENTRÉ DE RÉFLEXION ET DE PROPOSITIONS TECHNIQUES »

En 2020, l'Agence de l'eau a passé un contrat avec l'EPAEM sur trois sujets : la lutte contre la pollution, la renaturation du ruisseau des Aygalades et la désimperméabilisation, intégrant une action à dimension expérimentale sur les Fabriques. Si le Jardin d'expérimentation était déjà construit au moment de la conclusion du partenariat, l'Agence a pu soutenir la démarche en co-finançant notamment une thèse encadrée par le CNRS et des actions



expérimentales menées par le groupement de maîtrise d'œuvre.

En septembre 2021, l'Agence a organisé une journée technique qui a rassemblé 150 personnes sur le thème de la désimperméabilisation, dont une partie s'est déroulée sur le Jardin. Les participants ont pu ainsi découvrir les planches d'expérimentation du lieu, guidés par des représentants de l'EPAEM, de la maîtrise d'œuvre, du CNRS, d'Efficacy et des entreprises de construction et de production de matériaux.

66

Pour François Roberi, chargé d'intervention eau et pollutions à la délégation de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, la démarche d'expérimentation a été riche en enseignements à plusieurs titres :

« Soutenir des projets d'innovation n'est pas le cœur de métier de l'Agence, même si le siège accompagne régulièrement des projets d'innovation portés par des collectivités.

La démarche proposée autour de ce Jardin nous a paru intéressante à plusieurs niveaux, ce qui nous a amené à la soutenir.

C'est d'abord une démarche pionnière de recherche-action, qui nous a aidé à appréhender un sujet assez neuf pour nous, la désimperméabilisation. Si celui-ci est dans nos radars depuis 10 ans, cette démarche a contribué à former nos équipes, acquérir des compétences et formaliser un discours. Les visites sur le Jardin ont contribué à cela en proposant un concentré de réflexion et de propositions techniques dans une approche très pragmatique, comme l'idée de faire passer les balayeurs sur les revêtements. Cette démarche pionnière a permis de fédérer des actions collectives entre plusieurs typologies d'acteurs (Recherche, Maîtrise d'ouvrage, Maîtrise d'œuvre, exploitants...) sur des sujets qui n'étaient pas maîtrisés jusqu'alors. Nous avons fait de belles rencontres sur cet espace !

Nous avons également suivi la phase de déploiement sur les Fabriques avec intérêt. La thèse sur la mycorhization des terres a été riche d'enseignements pour les futurs aménagements. Idem sur la désimperméabilisation, le déploiement à l'échelle du quartier témoigne de la réussite de la démarche.

Enfin, au-delà des résultats concrets, l'« approche par le faire » proposée par ce Jardin a également été stimulante, en renversant la posture pour un acteur public. Généralement, l'optique est d'aménager un secteur et de laisser les entreprises proposer des matériaux. Alors que dans la démarche du Jardin d'expérimentation, c'est la démarche de test de matériaux et de dispositifs d'arrosage qui devait orienter les aménagements. C'est une approche de l'innovation pertinente sur ce sujet qui nous sort de notre posture habituelle.

A l'avenir, nous aimerions progresser ensemble sur la mesure des volumes d'eau pluviaux qui sont effectivement déconnectés des réseaux d'assainissement pour être infiltrés ou pas dans tous les dispositifs de désimperméabilisation : enrobés et bétons drainants, couches de ballast pour stocker avant d'infiltrer, volumes aménagés dans les fosses d'arbre, noues... C'est un sujet que nous évoquons avec d'autres partenaires, comme l'AMU qui travaille à désimperméabiliser les campus St Charles et St Jérôme.

Beaucoup de bureaux d'étude ont en effet travaillé à chiffrer les volumes potentiels infiltrés. Il serait précieux de le vérifier, regarder à chaque pluie « ce qui rentre et ce qui sort ».

passer d'une approche théorique à une approche quantifiée, qui pourrait donner des indications sur l'efficacité des aménagements réalisés.

En faisant office de laboratoire de la Ville Durable Méditerranéenne, Euroméditerranée est la bonne échelle pour continuer à innover dans ce sens ! »

« OUVRIR LE CAPOT » DE LA DÉMARCHE : COMMENT S'Y EST-ON PRIS ?

Le chemin a été long entre l'idée d'aménager un tel espace et sa fermeture, en passant par sa construction et son animation.

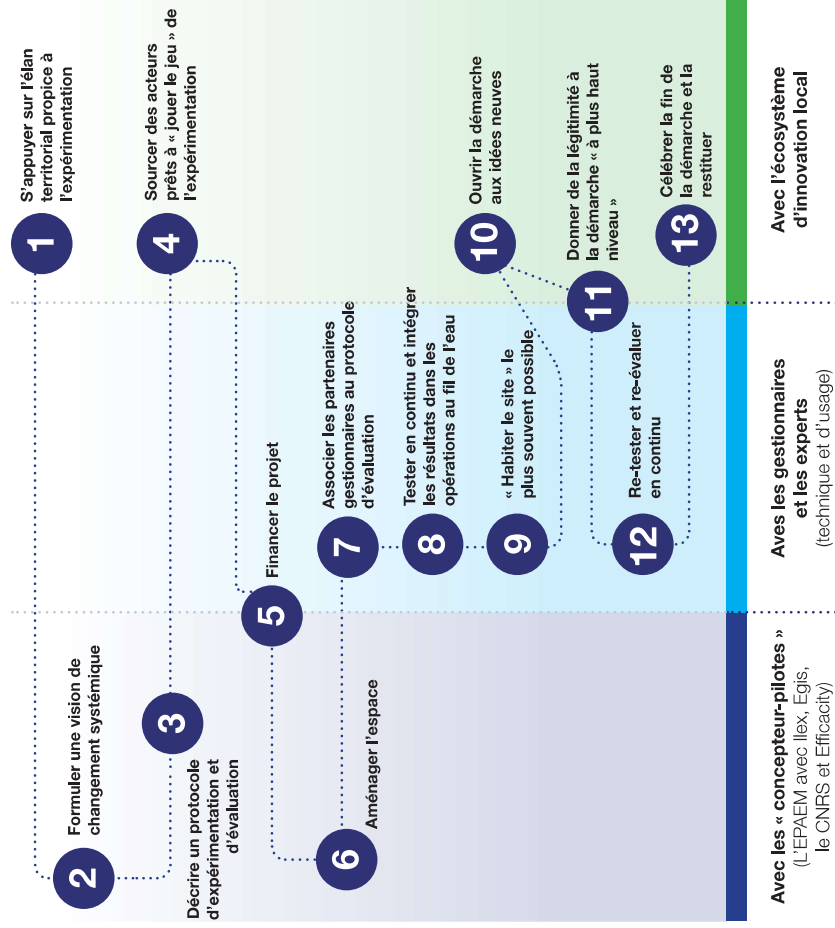
Nous partageons ici dans cette troisième partie le "code source" de la démarche : les étapes clefs, les réussites mais aussi, avec du recul, les moments qui auraient pu se dérouler autrement.

L'idée ? Inspirer et aider - même modestement - d'autres aménageurs ou acteurs territoriaux à engager des démarches similaires.



3.1 LE « CODE SOURCE » DU JARDIN D'EXPÉRIMENTATION : DE LA CONCEPTION À LA FERMETURE EN 13 GRANDES ÉTAPES

Quelles ont été les grandes étapes de la vie du Jardin ?
Le schéma ci-dessous synthétise la démarche à travers 13 moments forts.



1 - S'appuyer sur l'élan territorial propice à l'expérimentation

Dans notre cas ici : Euroméditerranée est labellisé EcoCité en 2009
Le quartier des Fabriques est inclus dans l'Ecoquartier 112 / Le permis d'innover est expérimenté dès 2017 par trois EPA dont Euroméditerranée.

2 - Formuler une vision de changement systémique

Dans notre cas ici : comment, dans un contexte méditerranéen, (re)créer de la nature durable en ville ?

Ce « grand objectif » peut être découpé en micro-défis, ici : désimperméabiliser, refertiliser des terres, créer des associations végétales durables, arroser autrement.

NB : il est utile de s'appuyer ici sur les « 17 objectifs de développement durable à l'horizon 2030²⁰ » de l'ONU

3 - Décrire un protocole d'expérimentation et d'évaluation

Dans notre cas ici : designer un espace d'expérimentation (le Jardin d'expérimentation) et son aménagement / Formuler des hypothèses à vérifier par les tests « grandeur nature ».

4 - Sourcer des acteurs prêts à « jouer le jeu » de l'expérimentation

Dans notre cas ici : repérer des entreprises motivées pour « challenger » leur R&D sur la drainabilité des matériaux / Identifier des laboratoires de recherche et R&D ouvert aux questions opérationnelles (CNRS Montpellier, Efficacity).

5 - Financer le projet

Dans notre cas ici : convaincre en interne, inscrire le Jardin dans le budget global d'aménagement du quartier des Fabriques et le faire valider par le conseil d'administration / Solliciter l'Agence de l'Eau pour mobiliser des expertises complémentaires.

6 - Aménager l'espace

Dans notre cas ici : construire et aménager l'espace de 2000 m² et les planches d'essai (de matériaux et de végétaux).

7 - Associer les partenaires gestionnaires au protocole d'évaluation

Dans notre cas ici : qualifier les questions opérationnelles auxquelles il faut apporter des réponses... opérationnelles ! Dans le cas des matériaux, par exemple : disponibilité, réparabilité, entretien, bilan carbone, contribution à l'îlot de chaleur urbain,...

8 - Tester en continu et intégrer les résultats dans les opérations au fil de l'eau

Dans notre cas ici : les seuils de drainabilité et de résistance des matériaux aux machines d'entretien ont été intégrés dans les premiers cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) des aménagements d'espaces publics des Fabriques.

9 - « Habiter le site » le plus souvent possible

Dans notre cas ici : visites ouvertes, réunions sur site, événements... Venir sur site est le meilleur moyen pour embarquer les partenaires, partager les réussites ET les échecs.

10 - Ouvrir la démarche aux idées neuves

Dans notre cas ici : sous forme d'expertises d'usage non prévues (ex : cyclabilité, finesse de l'entretien) ou de nouvelles vellétés d'expérimentation (ex : mutualiser des fonctions sur les mâts d'éclairage, nouveaux mobiliers installés sur site, démonstrateur béton de terre crue, etc.).

11- Donner de la légitimité à la démarche « à plus haut niveau »

Dans notre cas ici : une visite du conseil d'administration d'Euroméditerranée a permis de sensibiliser les élus. La création du Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine en janvier 2023 a permis aux partenaires de partager résultats et envies.

12 - Re-tester et re-évaluer en continu

Dans notre cas ici : les tests se font au fil de l'eau, autant que possible sous la forme de visites sur site, intégrant de « nouveaux » participants à la démarche et d'« anciens » qui ont suivi la démarche depuis ses débuts

13 - Célébrer la fin de la démarche et la restituer

Dans notre cas ici : organisation d'une « bourse aux végétaux » à destination des habitants / Rédaction d'un REX (celui-là même que vous tenez entre les mains !).



LES COÛTS DE LA DÉMARCHE DU JARDIN D'EXPÉRIMENTATION

NB : les montants ci-dessous sont donnés à titre indicatifs, et ne sont pas consolidés.

PRÉPARATION DE L'ESPACE (Travaux et études)	585 000 €
Travaux de préparation du site	115 000 €
Travaux d'aménagements paysagers et arrosage, y compris entretien sur 3 ans	415 000 €
Études de maîtrise d'œuvre	55 000 €
PROTOCOLE D'EXPÉRIMENTATION (Mobilisation d'acteurs et tests)	115 000 €
Construction du protocole d'expérimentation, organisation des tests techniques et implication des parties prenantes	85 000 €
Animations, visites et actions de communication	30 000 €
EVALUATION (Actions d'évaluation et capitalisation des enseignements)	200 000 €
Thèse CIFRE (partenariat avec le CNRS de Montpellier)	175 000 €
Livrables (REX intermédiaires, REX « Matériaux drainants » et REX final (celui que vous tenez entre les mains !)	25 000 €
TOTAL	900 000 €

3.2 SI C'ÉTAIT À REFAIRE, S'Y PRENDRAIT-ON DIFFÉREMMENT ?

Imaginons un instant que, comme Marty McFly dans la DeLorean de Retour vers le Futur, nous pouvions, l'espace d'un instant, revenir 4 ans en arrière au lancement de la démarche du jardin d'expérimentation... Ferions-nous les choses différemment ? Que garderait-on ? Ou au contraire, que ferions-nous de différent ?

Porter un regard réflexif sur nos propres pratiques dans cette « aventure » est l'objet de cette partie. Nous proposons ainsi, de manière transparente, une sorte de « mini-memo » des choses importantes à penser pour rendre la démarche à la fois efficace et entraînante !

DANS LA CONDUITE DE LA DÉMARCHE D'INNOVATION		
« Nous reproduirions... »	« Nous aurions pu nous y prendre autrement... »	
→ Garder cette ligne directrice de « faire » avant de « démontrer »	→ Vouloir tout mesurer est difficile, il vaut mieux prioriser et sélectionner	
« Au début de la démarche, nous pensions que c'est en démontrant des choses et en obtenant des résultats que nous allions convaincre ; or, juste le fait de mettre en place des innovations « à ciel ouvert », sans certitude d'avoir des enseignements positifs est extrêmement mobilisateur et lève des freins psychologiques ».	Faire le lien entre la Recherche et la démarche d'aménagement nécessite de se donner un cadre commun : simplifier les systèmes pour limiter les facteurs qu'on ne contrôle pas et se concentrer sur les choses qu'on veut vraiment mesurer.	
→ Prendre le « droit à l'erreur » au pied de la lettre	Ne pas être trop ambitieux sur l'adéquation entre les résultats scientifiques et les attentes opérationnelles, car les temporalités sont différentes.	
Ce projet a montré en situation réelle le « droit à l'erreur » : si certains résultats n'ont pas été concluants, « le ciel ne nous est pas tombé sur la tête » comme le résume un des animateurs du Jardin.	« Au bout de 6 mois de thèse, on me demandait des résultats alors que les plantes commençaient à peine à germer... » rappelle Louise Authier.	
→ Développer un partenariat de recherche-action visant à faire progresser ensemble le monde de la recherche et les pratiques d'aménagement.	→ Etaler l'aménagement des planches d'essai dans le temps et procéder par itération.	
	Par exemple, au lieu de déployer dès le début une quarantaine de matériaux, il aurait été judicieux de n'en aménager que la moitié, de les tester pour ensuite garder de la place pour de nouvelles formulations. Idem pour les planches de végétaux : prévoir une itération aurait permis de « réparer l'oubli » de prévoir des planches à forte pente pour les tests d'arrosage.	

DANS LA CONDUITE DE LA DÉMARCHE D'INNOVATION (SUITE)

« Nous reproduirions.... »

→ Ré-interroger chaque nouvelle phase de projet au regard des résultats effectifs de l'expérimentation à ce moment-là.

Les données scientifiques et les données issues de l'expérimentation sont soumises à des aléas, il est nécessaire d'adapter le projet de réplification en fonction des données disponibles au début de chaque phase. La conduite d'un projet urbain innovant nécessite donc une certaine souplesse et une capacité à réinterroger le projet périodiquement.

→ Prendre le temps de « **démystifier** » ce que nous entendons par « **innovation** ».

Dans l'esprit de beaucoup, l'innovation est en effet « **exogène** », et ne peut venir que de l'entreprenariat. Or, l'innovation publique existe, et sous de nombreuses formes. Il n'est jamais inutile de le rappeler et de marteler le message.

DANS L'IMPLICATION DES PARTENAIRES

« Nous reproduirions.... »

→ **Disposer d'un espace physique mobilise et rassure**

La démarche a permis de sécuriser la maîtrise d'œuvre dans le déploiement d'innovations, évitant ainsi de faire commettre d'éventuels impairs à l'aménageur.

→ **Animer cet espace est essentiel**

Multiplier les visites et les temps forts est consommateur de temps mais le jeu en vaut la chandelle : c'est le meilleur moyen d'impliquer les gestionnaires, beaucoup plus que via les « réunions en salle ».

Ceux-ci ont eu le temps d'exprimer leurs besoins, au rythme qui est le leur : cela contribue à fluidifier les relations.

« Nous aurions pu nous y prendre autrement... »

Prendre le temps **d'impliquer les collectivités partenaires** à tous les niveaux.

Si l'implication des techniciens s'est faite assez naturellement, remonter la hiérarchie (niveau élus et décisionnaires) demande plus d'énergie. Idem pour la communication publique. Cette étape est pourtant importante en étant à la fois une reconnaissance pour les personnes engagées ainsi qu'une caution pour les techniciens qui souhaiteraient prolonger les expérimentations.

→ Moins espacer les visites dans le temps, notamment dans la phase réalisation

→ Impliquer les financeurs dès l'amont du projet pour mieux sécuriser la démarche

DANS LA DÉMARCHE D'ÉVALUATION

« Nous reproduirions.... »

→ **Co-construire la grille d'évaluation**
C'est à la fois un moyen d'affiner et hiérarchiser ce que l'on veut mesurer, mais aussi d'impliquer les parties prenantes.

« Nous aurions pu nous y prendre autrement... »

→ Nouer davantage de partenariats avec des **universités locales**

→ Mieux échanger et **capitaliser avec des initiatives voisines**, comme les expérimentations sur les systèmes d'arrosage menées par la Ville de Marseille. Cela aurait permis d'accélérer les premiers déploiements.

DANS LA VALORISATION ET LA COMMUNICATION DES RÉSULTATS

« Nous reproduirions.... »

→ Des visites et **formats variés** (près de 1500 personnes ont visité le Jardin, c'est une fierté !)

→ Le temps investi à **candidater à des prix** comme cela a été le cas au début de la démarche : le Jardin a été lauréat des dispositifs France Ville Durable et Défis Urbains en 2021.

« Nous aurions pu nous y prendre autrement... »

→ Mieux anticiper la résonance **au-delà du périmètre métropolitain** : la communication a été essentiellement pensée à l'échelle de l'OJN et de ses partenaires ; or, la démarche a suscité de l'intérêt hors territoire (beaucoup de demandes d'autres territoires, d'associations de paysagistes...).

→ Être plus proactifs **dans la valorisation de la démarche**, comme candidater plus systématiquement à des prix d'innovation urbaine.

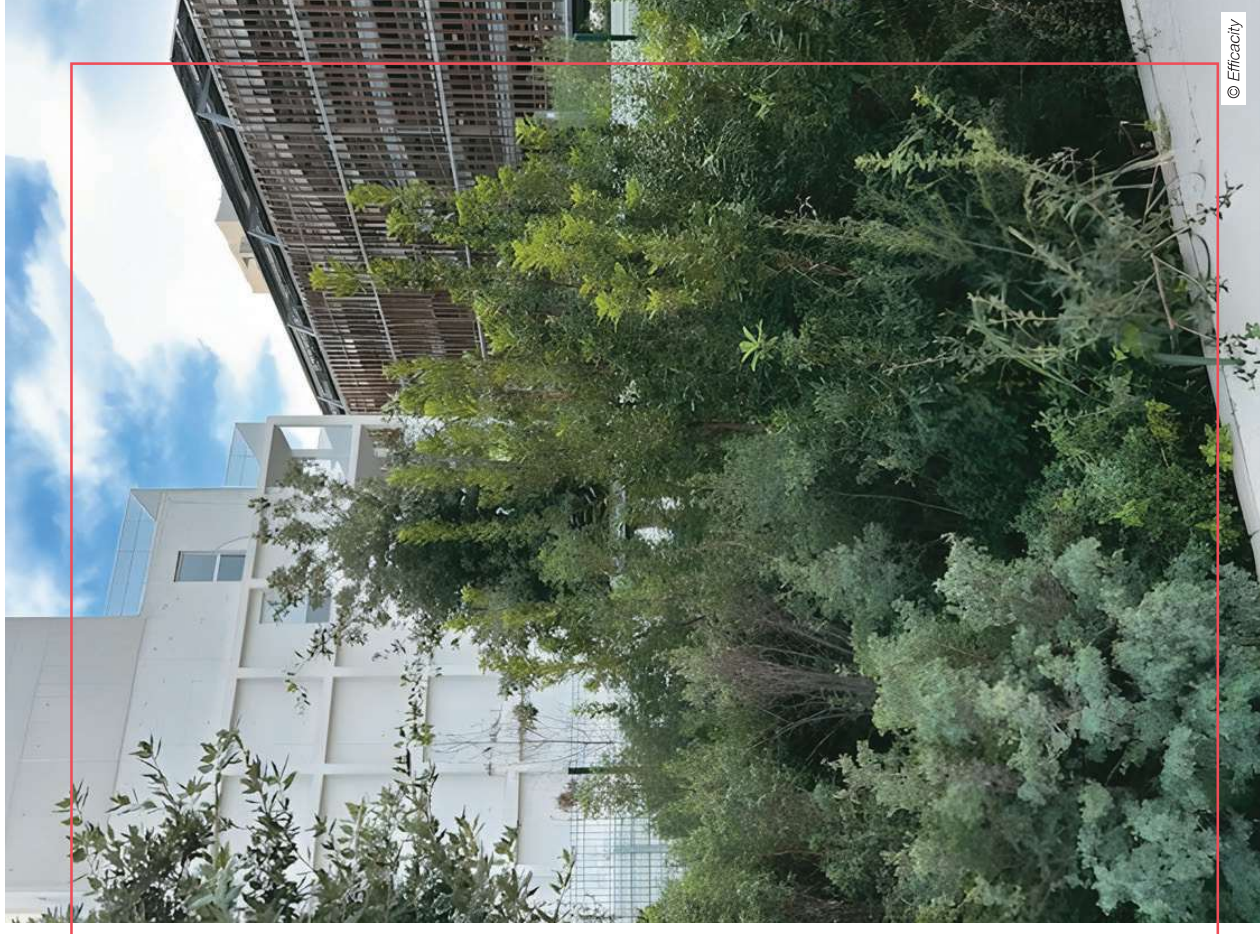
→ Mieux **communiquer vis-à-vis des nouveaux habitants**, en phase réalisation, sur les spécificités des revêtements déployés. Notons toutefois que les habitants n'étaient pas encore installés aux Fabriques pendant une grande partie de l'expérimentation.



ET APRÈS ? DEUX NOUVEAUX JARDINS D'EXPÉRIMENTATION SUR EUROMÉDITERRANÉE

En février 2024, conformément aux prévisions initiales, le jardin d'expérimentation des Fabriques a été déconstruit pour laisser sa place à de nouveaux aménagements. Deux des porteurs de projet MOVE (La Réserve des Arts et Toutenvélo), hébergés en face du Jardin, animent désormais un nouveau lieu du périmètre Euroméditerranée avec d'autres structures associatives : le Casanova, sur le boulevard du même nom, dans le quartier du Canet.

Fort des enseignements décrits dans le présent document, deux nouveaux « Jardins » feront l'objet de nouvelles expérimentations dès 2024 et jusqu'en 2030 dans le cas du Parc du ruisseau des Aygaldes.



CO-CONCEVOIR UN ESPACE PUBLIC AVEC LES HABITANTS :

LE JARDIN DES FABRIQUES

4.1

Comme vu précédemment, les expérimentations menées sur le Jardin d'expérimentation ont toutes fait l'objet d'une **démarche de co-conception**²¹ entre professionnels de l'aménagement : maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, futurs gestionnaires, ainsi qu'une myriade d'expertises diverses.

Les habitants du périmètre ont été sciemment peu associés, ceci pour deux raisons principales :

→ D'une part, les habitants des Fabriques n'étaient pas encore arrivés dans le quartier, alors en construction sur la période de fonctionnement du Jardin ;

→ D'autre part - et c'est la raison principale - ces expérimentations revêtaient un caractère très technique (caractéristiques des matériaux, procédé de fertilisation de terres, modalités d'arrosage...) sur lequel l'expertise d'usage des habitant-es est faible.

Pour autant, sur les trois ans de fonctionnement du lieu, plus de 30 visites à vocation pédagogique et de médiation scientifique destinées au grand public ont été organisées : visites pour les habitant-es de Smartseille, ateliers de découverte urbaine (ADU) animés

par la Compagnie des Réves Urbains²², ateliers scolaires ou visites de collectifs de Jardiniers amateurs comme celle du collectif Jardinot²³.

L'occasion de mieux associer les habitants à la conception d'espaces publics des Fabriques s'est présentée dès 2022 quand a été actée l'aménagement d'un espace vert au cœur du quartier : le Jardin des Fabriques (à ne pas confondre avec le Jardin d'expérimentation des Fabriques, objet du présent document !).

D'une superficie d'environ 3 500 m², ce jardin situé au cœur du quartier des Fabriques devait initialement être aménagé via un processus classique de conception et être en mesure d'accueillir du public en 2026.

La totalité de l'emprise du Jardin n'étant disponible qu'à partir de mi-2025, il fut finalement décidé de saisir cette opportunité pour engager **une démarche de co-conception avec les habitants et usagers du quartier**.

Ainsi, la première phase dite « **transitoire** » **consiste à aménager de manière frugale une partie de l'emprise** (environ 1 500 m²) en un espace dit « capable ». Cet espace est le réceptacle d'une démarche d'urbanisme transitoire qui a débuté mi-2024. L'objectif : tester les usages et le mobilier avec les futurs usagers et les services gestionnaires pendant une période d'environ un an et demi. Cette période permettra également de mener une concertation afin de définir le programme du Jardin dans sa forme définitive (ambiance, fonctions, cheminements, etc.).



En résumé, la conception et l'aménagement du Jardin des Fabriques sera l'occasion d'obtenir des enseignements sur trois dimensions :

→ Sur les **démarches d'aménagement transitoire** : tester en quoi une ouverture partielle et précoce d'un espace public impacte le processus même d'aménagement : délais de gestion anticipée en lien avec la Ville de Marseille et la mairie d'arrondissement du 15^e-16^e qui en assurera la gestion future, impacts sur le planning des travaux, capacité des usagers à s'approprier un espace - même réduit - avant son ouverture définitive, etc. Une démarche de ce type avait déjà été menée en 2020 sur l'aménagement de la Traverse du Bachas ;

→ Sur les **méthodes de co-conception** avec les usagers : ateliers d'idéation, co-construction de mobiliers (via des chantiers ouverts et participatifs), tests et ajustements des mobiliers et ateliers de concertation ;

→ Sur l'**éco-conception d'espaces publics** : nombre de matériaux (clôture, planches, arbres et végétaux...) sont directement issus de la déconstruction du Jardin d'expérimentation. D'autre part, le Jardin des Fabriques permettra de tester la résistance de nouvelles espèces de pelouse aux chaleurs urbaines et au piétinement.

21 - Voir à ce sujet de la co-conception des espaces publics le cahier d'exploration « Usages publics : engager la co-conception des aménagements urbains avec les habitant-es » publié en septembre 2022 par Efficacity et Euroméditerranée : <https://efficacity.com/engager-le-co-conception-des-amenagements-urbains-avec-les-usagers/>

22 - La Compagnie des réves urbains « cherche à susciter la curiosité des habitant-es sur leur environnement urbain. Elle mène des actions de médiation et de concertation sur l'architecture et l'urbanisme auprès de publics de tous les âges des Bouches-du-Rhône » - <https://revesurbains.fr/>

23 - <https://jardinot.fr/>

VERS UN NOUVEAU JARDIN D'EXPÉRIMENTATION SUR LE FUTUR PARC DU RUISSEAU DES AYGALADES

La Métropole Aix-Marseille-Provence et Euroméditerranée sont lauréats de l'appel à manifestation d'intérêt France 2030 Démonstrateurs de la Ville Durable²⁴, opéré pour le compte de l'Etat par la Banque des Territoires, dans le cadre du Programme Investissement Avenir 4 (PIA4).

Cet AML vise à « la création d'un réseau national de démonstrateurs, à l'échelle d'îlots ou de quartiers, illustrant la diversité des enjeux de transition écologique et de développement durable des espaces urbains français²⁵ ».

Une partie des actions innovantes prévues dans ce programme est centrée sur la création du parc du ruisseau des Aygaldades, un aménagement paysager de 16 hectares sous maîtrise d'ouvrage de l'EPAEM en lieu et place d'installations ferroviaires - le réseau ferré du Canet. Avec la création du parc, l'EPAEM ambitionne également de faire réapparaître le ruisseau des Aygaldades et le Ruisseau des Lions, aujourd'hui partiellement enterrés.



Le faisceau ferré du Canet, emprise du futur parc du ruisseau des Aygaldades © 4 vents

Pour minimiser l'empreinte écologique de l'aménagement sur ce parc, cette opération s'appuiera sur une démarche d'économie circulaire poussée :

→ Sur le **réemploi des matériaux présents sur le site** (pavés granit et béton, remblais, enrobé, rails, plaques métalliques, éléments de charpente métallique, caténaires, ballast, traverses de chemin de fer...) pour produire des revêtements, structures de sol, éléments de mobilier, micro-architectures et de superstructure mis en place dans le parc ;

→ Sur la **recomposition de sols fertiles à partir des matériaux de sols extraits**, dont sols inertes. Ce deuxième volet visera à tester d'autres procédés de régénération des terres que celui qui a été expérimenté dans le Jardin d'expérimentation des Fabriques entre 2020 et 2023.

Un espace dédié à l'innovation sur ces enjeux sera ainsi aménagé sur deux hectares à partir de mi-2025, en bordure du périmètre du Parc.

Ce « **nouveau » Jardin d'expérimentation** comportera notamment :

- Des fosses de plantation pour des expérimentations sur la terre végétale ;
- Des parcelles tests pour des expérimentations sur les prairies ;
- Un espace de prototypage et de tests sur les matériaux issus du réemploi.

Mis à disposition du futur groupement de maîtrise d'œuvre du parc pour réaliser ses tests, cet espace sera animé dans un esprit proche de celui du Jardin d'expérimentation des Fabriques, en mêlant les apports des collectivités partenaires, de laboratoires de recherche, d'entreprises et d'habitants.

Cet espace, qui jouxtera un espace de stockage de matériaux et de terres pour une durée de cinq ans, doit permettre d'optimiser le réemploi, le recyclage et la valorisation des matériaux du site, dont les terres. Il s'agit également de s'assurer que la qualité des terres réemployées ou recyclées permettra au parc de remplir les services écosystémiques attendus en termes de biodiversité, stockage de carbone, gestion intégrée des eaux pluviales et dépollution.

Enfin, une partie de ce jardin sera ouvert au public et aura un rôle d'activation : l'idée est de «faire exister» le Parc du ruisseau des Aygaldades en avance de phase en proposant des actions hors les murs pour les écoles du quartier et travailler en lien avec les associations locales pour améliorer le cadre de vie des habitants. Ces actions de médiation viseront notamment à expliquer les principes écologiques qui ont guidé la conception du parc.



© 4 vents

SYNTHÈSE

du rapport

Créer un « jardin d'expérimentation » pour tester des innovations liées à la ville durable : c'est la démarche impulsée par Euroméditerranée entre 2020 et 2024.

Ce projet a pris vie au cœur du nouveau quartier des Fabriques, dans le 15^{ème} arrondissement de Marseille.

Aménagé entre 2020 et le début de l'année 2024, **le jardin d'expérimentation des Fabriques s'étendait sur une surface transitoire de 2 000 m²**. Situé en frange nord du périmètre de l'Opération d'Intérêt National (OIN), cet espace a accueilli quatre expérimentations dédiées à la nature durable en ville. Le quartier des Fabriques, opération pilote d'Euroméditerranée sur son deuxième périmètre d'intervention, s'est ainsi imposé comme un terrain d'innovation pour engager la transition écologique, notamment à travers l'aménagement des espaces publics sous maîtrise d'ouvrage (MOA) de l'établissement public.

Le jardin était équipé de 56 planches de tests pour matériaux drainants et de 36 planches expérimentales combinant différentes terres et végétaux. Son objectif principal ? Innover dans la végétalisation urbaine, la désimperméabilisation, la gestion des eaux pluviales par infiltration et le réemploi de matériaux.

Ce projet est né d'une collaboration entre l'Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée (EPAEM) et le groupement de maîtrise d'œuvre des Fabriques, composé de l'Agence Ilx Paysages et Urbanisme et d'Egis. Rapidement, de nouveaux partenaires ont rejoint l'aventure pour coordonner l'évaluation et animer la démarche d'innovation : l'Institut de Recherche & Développement pour la Transition Énergétique (ITE) Efficacy et le CNRS de Montpellier.

Conçu dès le départ comme un espace transitoire, ce jardin d'expérimentation ferait ses portes début 2024, laissant place à de nouveaux aménagements dans le quartier des Fabriques.



Le jardin d'expérimentation des Fabriques, vu depuis le toit du parking silo des Fabriques
Juin 2023 © Efficacy

QUATRE EXPÉRIMENTATIONS SUR LA VILLE DURABLE MÉDITERRANÉENNE

Le jardin a accueilli **quatre expérimentations complémentaires pendant trois ans et demi**, dont le dénominateur commun était la résilience des espaces publics.

Les enseignements tirés de ces expérimentations ont été jugés probants : les procédés testés dans le Jardin ont été intégrés aux aménagements des nouveaux espaces publics du quartier des Fabriques. Cette capacité à transposer rapidement les résultats en solutions concrètes constitue en elle-même un point remarquable.

En effet, la démarche expérimentale n'a pas été menée en amont des opérations, comme c'est souvent le cas, mais en parallèle. Cela a permis d'intégrer les enseignements en temps réel dans le processus d'aménagement, garantissant une application quasi-immédiate des solutions testées.

EXPÉRIMENTATION #1 SOLS DRAINANTS

Le défi : tester de nouveaux types de matériaux drainants (bétons, enrobés et pavés à joint perméables).

Concrètement, près de 40 matériaux drainants (dans leur modalité ou leur finition) ont été testés et ont fait l'objet de mesures sur plusieurs familles de critères : environnementaux (bilan carbone des matériaux, recyclabilité...), techniques (perméabilité, pérennité, pouvoir réfléchissant...), qualitatifs (esthétisme des revêtements, qualité architecturale, confort visuel...) et liés à la gestion de l'espace public (nettoyabilité, réparabilité, entretien, pérennité, maîtrise des coûts, etc.).

Les principaux enseignements de l'expérimentation

De manière générale, les tests réalisés sur les planches de matériaux se sont révélés concluants, ouvrant la voie à la désimperméabilisation à grande échelle dans le quartier des Fabriques. À ce jour, plus de **4 000 m² de matériaux drainants** ont été déployés.

Si l'évaluation a permis de capitaliser sur de nombreux résultats (lié à l'îlot de chaleur urbain, l'entretien, l'esthétique, la qualité...) deux d'entre eux méritent d'être soulignés :

→ La totalité des revêtements drainants testés présente un coefficient de perméabilité supérieur au seuil d'infiltration directe des sols perméables (5x10⁻⁶ m/s).

→ Les opérations d'espaces publics d'Euro Méditerranée utilisent massivement des pavés marseillais issus des chantiers de démolition. En analyse du cycle de vie (ACV), ces pavés recyclés présentent un bilan carbone près de 100 fois inférieur à celui de pavés importés du Portugal (fournisseur courant sur le territoire marseillais) ou d'ailleurs.

Des marges de progression résident néanmoins dans la mise en œuvre et l'exploitation²⁶.

EXPÉRIMENTATION #2 RÉGÉNÉRATION DES SOLS PAR L'INOCULATION D'UN FRAGMENT DE TERRE NATURELLE AVEC SON CORTÈGE MYCORHIZIEN

Le défi : reconstituer sur place les terres nécessaires aux aménagements des espaces publics végétalisés du quartier, en enrichissant la communauté microbienne des sols via un procédé d'addition de fraction de terre naturelle.

Ce procédé permet de compléter la communauté biologique des sols avec celles qui peuplent les sols naturels - microfaune et communautés microbiennes (bactéries et champignons).

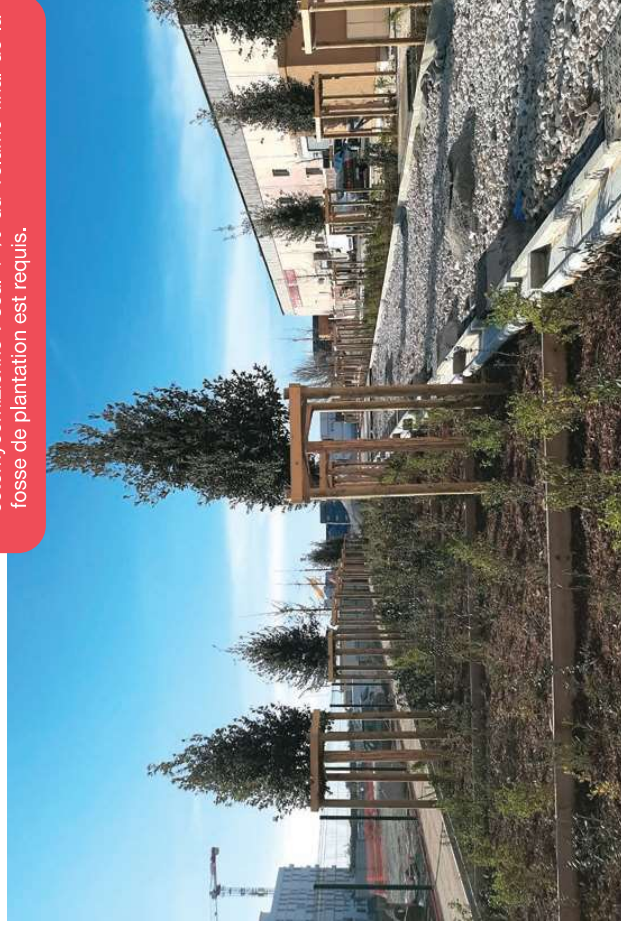
Les principaux enseignements de l'expérimentation

→ Les sols urbains qui ont subi un scellement disposent de communautés biologiques dont la dormance prolongée est un atout. Malgré l'imperméabilisation, ces sols ne sont pas morts. La végétalisation permet de lever la dormance des propagules fongiques et d'établir des interactions plantes-champignons. Ces communautés fongiques sont résilientes.

→ La pratique d'inoculation s'est révélée concluante. Le geste d'ajouter une fraction de sol naturel dans un sol scellé permet d'enrichir sa communauté biologique.

→ L'inoculum provenant de garrigue s'est montré plus transférable que celui de chênaie.

→ Une très faible fraction d'inoculant permet de transférer la vaste majorité de la communauté ectomycorhizienne : seul 1 % du volume final de la fosse de plantation est requis.



Le défi : tester des associations végétales qui puissent coopérer ensemble et mieux supporter le climat méditerranéen, avec l'apport des terres reconstituées. Concrètement, l'hypothèse est que les espèces pionnières profitent des mycorhizes pour jouer le rôle de nourrices vis-à-vis d'autres espèces.

Les principaux enseignements de l'expérimentation

- La palette végétale méditerranéenne s'établit avec succès sur les sols désimperméabilisés et inoculés avec une fraction de terre naturelle. La survie des végétaux est à ce stade encourageante.
 - Une reprise lente, avec une faible croissance des végétaux suite à la transplantation a été observée la première année.
 - Il y a eu de la mortalité, en particulier sur les hautes tiges, notamment les chênes pubescents. Les deux années suivantes, le rythme de croissance a augmenté.
 - Malgré les réticences de certains partenaires au début de la démarche quant à ces deux palettes végétales, un enthousiasme collectif autour du paysage qu'elle constitue s'est progressivement développé.
- Les fosses de plantation (intégrant les terres régénérées et les végétaux) ont été déployées dans les espaces publics des Fabriques selon les modalités testées dans le Jardin.



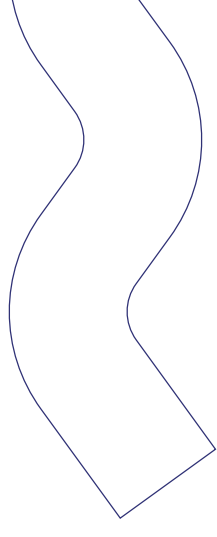
Les planches de terres et de végétaux (au 1^{er} plan) et les planches de matériaux du Jardin d'expérimentation
Juin 2021 © Efficacity

Le défi : tester des systèmes d'arrosage alternatifs au goutte à goutte pour favoriser un meilleur développement racinaire des plantes méditerranéennes habituées à un régime périodes sèches/pluies intenses et non à un régime d'humidité permanente, notamment :

- L'arrosage par submersion via un caniveau (écoulement par le biais d'un caniveau qui répartit l'écoulement)
 - L'arrosage par submersion via un regard (écoulement directement dans la fosse de plantation)
- Ces nouveaux systèmes répondent également à une problématique de dégradation liée à la présence de rats.

Les principaux enseignements de l'expérimentation

- Les tests menés sur le Jardin sont concluants sur un aménagement à plat : les expérimentations sur l'arrosage par caniveau (qui se remplit et qui débordé pour arroser l'intégralité de la jardinière) sont aujourd'hui déployées dans les Fabriques.
- Ce système par caniveaux a fait l'objet d'évolutions en phase de déploiement car il était moins adapté sur certaines typologies d'aménagement, notamment les aménagements en pente : l'expérimentation se poursuit donc en partie dans la phase réalisation dans les aménagements des Fabriques.
- La pose de caniveaux et de bouches d'arrosage constitue un surcoût, principalement lié à la complexification des réseaux d'arrosage secondaires et aux ouvrages en pierre à ajouter. Ce surcoût est néanmoins à mettre en balance avec la qualité esthétique des aménagements.
- Enfin, des aléas liés au projet font qu'il n'y a à ce jour pas d'ordre de grandeur sur les éventuelles économies en eau entre les dispositifs d'arrosage par submersion et le goutte à goutte.



UN JARDIN POUR DYNAMISER LA CULTURE DE L'INNOVATION PUBLIQUE

Le Jardin d'expérimentation des Fabriques n'a pas seulement produit des résultats scientifiques et opérationnels significatifs. Il a aussi contribué à instaurer une véritable « **culture de l'innovation** » auprès d'Euroméditerranée et de ses partenaires.

Si les expérimentations ont été concluantes à bien des égards, la démarche collective qui les a portées constitue en elle-même une innovation importante. Cette approche a permis de réunir une diversité d'acteurs - entreprises du BTP,

chercheurs, collectivités locales, paysagistes et habitants parfois - autour d'un projet commun, où chacun a pu apporter son expertise **tout en apprenant par la pratique**.

Les services de la Ville de Marseille et de la Métropole Aix-Marseille Provence (MAMP), futurs gestionnaires des espaces publics aménagés par l'EPAEM, ont joué un rôle clé en apportant une expertise technique et d'usage précieuse.



Visite des membres du conseil d'administration d'Euroméditerranée - Octobre 2023 © Efficacity

Cinq enseignements nous paraissent importants d'être relevés.

1 - L'approche « par le faire » comme levier d'adhésion

Disposer pendant trois ans d'un espace physique tel que le jardin d'expérimentation a offert un cadre symbolique de participation entre les partenaires. Ce processus a transformé des parties prenantes parfois sceptiques en véritables co-concepteurs du projet. Cela a renforcé leur implication et facilité la diffusion des expérimentations.

2 - L'expertise d'usage : un complément essentiel à l'expertise technique

Dans toute démarche d'expérimentation impliquant une forte composante technique et mobilisant de nombreuses expertises scientifiques, il est crucial d'intégrer un espace dédié à l'expertise d'usage.

Par exemple, dans le cadre du Jardin d'expérimentation, l'apport des agents d'entretien a été précieux lors des tests de nettoyage des revêtements. Leur expérience pratique a permis d'affiner la grille d'évaluation et de disposer de résultats plus en phase avec la réalité de l'entretien des revêtements.

3 - L'expérimentation : une étape et un état d'esprit d'apprentissage continu

L'évaluation d'un critère conduit souvent à la mise en place de tests ou de protocoles complémentaires, qui peuvent à son tour réorienter le projet.

Ainsi, la démarche du projet et celle de l'évaluation sont étroitement liées et se nourrissent mutuellement. Elles ne peuvent être pensées séparément, mais doivent évoluer en parallèle, en s'ajustant constamment en fonction des enseignements tirés.

4 - Des innovations imprévues sont nées sur cet espace

Disposer d'un lieu dédié à l'innovation a ouvert la voie à de nouvelles idées et a souvent permis de les concrétiser. Par exemple, de nouveaux éléments de mobilier urbain et un démonstrateur de béton en terre crue ont été ajoutés au jardin au fil des années.

Ce lieu a également joué un rôle clé dans une démarche parallèle d'innovation sur l'éclairage urbain. Il a ainsi permis l'installation des premiers prototypes de mâts d'éclairage multi-fonctions, ainsi que la réalisation de premières séries de tests sur ces équipements.

5 - Le Jardin s'est avéré un tremplin vers une ambition plus forte de l'aménageur sur la transition écologique des villes

Le Jardin a enfin joué le rôle de point de contact entre un quartier réceptacle de démarches innovantes (les Fabriques) et l'enjeu de déploiement d'innovations à l'échelle de l'OIN. C'est en cela que l'on peut qualifier la démarche du Jardin d'expérimentation de « Bottom-Up ».

Initialement, le Jardin d'expérimentation était en effet dédié à tester des solutions neuves pour les espaces publics du quartier. La visée de la démarche était donc délibérément opérationnelle.

Progressivement, cette visée s'est élargie vers un objectif beaucoup plus large, la fois dans son ambition, en partant d'un objectif de désimperméabilisation et de nature en ville pour aller vers un objectif plus large de transition écologique des villes mais aussi dans son échelle, en partant du quartier pour l'élargir à l'ensemble de l'OIN - et plus largement aujourd'hui via le Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine.

ET DEMAIN ? DEUX NOUVEAUX JARDINS D'EXPÉRIMENTATION

La dynamique impulsée par le jardin d'expérimentation des Fabriques se poursuit (et continuera) à travers **deux nouveaux aménagements d'Euroméditerranée**, dans un esprit de collaboration proche de celui décrit dans le présent document.

Le premier aménagement est le jardin des Fabriques, espace vert de proximité destiné aux habitants du quartier. Ce jardin a été aménagé en deux phases, avec une première phase transitoire consistant à aménager de manière frugale environ 1 500 m² sur les 4 000 m² prévus pour le jardin définitif. Cet espace, qualifié de « capable », a ainsi accueilli une démarche d'urbanisme transitoire et une co-conception poussée avec les habitants et les services gestionnaires. Cette démarche a débuté en 2023 et se poursuit jusqu'au début de 2025.

Le deuxième aménagement qui fera l'objet d'une nouvelle démarche d'innovation est **le parc du ruisseau des Aygaldes**, un aménagement paysager de 16 hectares sous maîtrise d'ouvrage de l'EPAEM, qui remplacera les installations ferroviaires du réseau du Canet. La livraison de ce parc est prévue pour 2031.

À partir de mi-2025, **un nouvel espace dédié à l'innovation sera aménagé sur deux hectares**, en bordure du parc, pour accueillir de nouvelles expérimentations.

Ce nouveau jardin d'expérimentation comprendra notamment :

- Des fosses de plantation pour de nouvelles expérimentations sur la terre végétale ;
- Des parcelles tests pour des expérimentations sur les prairies et les végétaux ;
- Un lieu de prototypage et de tests sur les matériaux issus du réemploi ;
- Un espace « d'activation » à destination des habitants, qui fera l'objet d'une nouvelle démarche d'urbanisme transitoire.

Mis à disposition du futur groupement de maîtrise d'œuvre (MOE) du parc pour réaliser ses tests, cet espace sera animé dans un esprit proche de celui du jardin d'expérimentation des Fabriques, en associant les collectivités partenaires, des laboratoires de recherche, des entreprises et des habitants.

Ce nouveau jardin s'inscrit dans l'appel à manifestation d'intérêt **France 2030 Démonstrateurs de la Ville Durable**²⁷, opéré par la Banque des Territoires pour le compte de l'État, dans le cadre du Programme Investissement Avenir 4 (PIA4), dont la Métropole Aix-Marseille Provence et Euroméditerranée sont lauréats.



27 - <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/demonstrateurs-ville-durable>

RESSOURCES : POUR ALLER PLUS LOIN

PUBLICATIONS ET RAPPORTS

Désimperméabiliser les espaces publics - Rapport d'évaluation de l'expérimentation sur les sols drainants d'Euroméditerranée (2020 - 2023) - Coordonné par Efficacy, Janvier 2024 :

https://www.euromediterranee.fr/sites/default/files/2024-04/REX_Materiaux%20Jardin%20Fabriques_Euromediterranee%20-%20FINAL_%20BD_compressed.pdf

Jardin d'expérimentation des Fabriques : 1^{er} REX - Janvier 2021 :

https://issuu.com/renaudfrancou/docs/Jardinexpérimentation_lesfabriques_rexintermediair

Fonder le projet de paysage sur le sol urbain (Basing the landscape project on urban soil) - Marion Loviton et Audrey Marco :

<https://journals.openedition.org/paysage/31600>

After-sealing life in urban soils: Experimental evidence of resilience and efficiency of ectomycorrhizal inoculation, Authier Louise, Mallet Lucas, Taudière Adrien, Violle Cyrille et Richard Franck, in Landscape and Urban Planning, novembre 2024 :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204624001488>

Diversité, résilience et fonctionnalité des communautés

ectomycorhiziennes dans les sols urbains : du diagnostic moléculaire à l'aménagement urbain - Thèse de Louise Authier soutenue en décembre 2023

<https://theses.hal.science/tel-04648543>

« Usages Publics » : co-concevoir les aménagements urbains avec les habitants-es

Cahier d'exploration, Efficacy et Euroméditerranée, Septembre 2022

<https://kdrive.infomaniak.com/app/share/629306/2b663071-7341-4d7a-a507-35a1185ac064/preview/pdf/12>

MOVE - Mise en usage du territoire & urbanisme transitoire, 2022

[Présentation et Retour d'expérience du dispositif d'urbanisme transitoire]

https://www.euromediterranee.fr/sites/default/files/2022-10/DP%20MOVE%202022-EPAEM_compressed.pdf

ARTICLES

Jardin d'expérimentation des Fabriques - Fiche synthèse de France Ville Durable, 2021 :

<https://francevilledurable.fr/realisations/Jardin-dexpérimentation-fabriques/>

Euromed : Un nouveau jardin d'expérimentation pour l'écoquartier des

Fabriques - madeinmarseille.net, Janvier 2021 :

<https://madeinmarseille.net/85798-euromediterranee-fabriques-ecoquartier-ecologie-urbaine-jardin/>

A Marseille, on teste la régénération des terres stériles avec des champignons

/ Le Monde, janvier 2021 :

<https://www.lemoniteur.fr/article/a-marseille-on-teste-la-regeneration-des-terres-steriles-avec-des-champignons.2126914>

A Marseille, le CNRS, Ilex et Euroméditerranée cherchent à rendre fertiles des

terres stériles / Le Monde, juin 2022 :

<https://www.lemoniteur.fr/article/a-marseille-le-cnrs-ilex-et-euromediterranee-cherchent-a-rendre-fertiles-des-terres-steriles.2212467>

A Marseille, Euroméditerranée, plus que jamais terre d'expérimentation / Le

Moniteur, janvier 2023 :

<https://www.lemoniteur.fr/article/a-marseille-euromediterranee-plus-que-jamais-terre-d-expérimentation.2251166>

Deux publications scientifiques dans des journaux universitaires à comité de lecture

- Authier, L., Violle, C., & Richard, F. (2022). Ectomycorrhizal networks in the Anthropocene: from natural ecosystems to urban planning#. Frontiers in Plant Science, 13, 900231.

- Authier, L., Mallet, L., Taudière, A., Violle, C. & Richard, F. (2024). After-sealing life in urban soils: Experimental evidence of resilience and efficiency of ectomycorrhizal inoculation#. Landscape and Urban Planning, 251, 105149.

VIDÉO

Présentation du jardin d'expérimentation par Maël Camus d'Ilex : <https://www.youtube.com/watch?v=OHJr5ZWzUk>

PODCAST

GreenCity : Le jardin d'expérimentation d'Euroméditerranée, Efficacy / Février

2022 :

<https://podcast.ausha.co/green-city-la-ville-bas-carbone-s-invente-aujourd-hui/greencity-les-jardin-d-expérimentation-d-euromediterranee>

NOTES

Handwriting practice lines for page 115, featuring 20 horizontal dotted lines.

NOTES

Handwriting practice lines for page 114, featuring 20 horizontal dotted lines.

De 2020 au début de l'année 2024, Euroméditerranée a aménagé un jardin d'expérimentation au cœur du nouveau quartier des Fabriques.

Dédié à l'innovation, cet espace a accueilli quatre expérimentations dédiées à la nature durable en ville.

Ce document retrace son histoire et restitue les enseignements des démarches d'innovation qui s'y sont déroulées.

Une publication qui s'inscrit dans les productions du Laboratoire Collectif d'Innovation Urbaine, piloté par Euroméditerranée en collaboration avec les acteurs publics du territoire.



CONTACTS

Brice CHANDON - Euroméditerranée

Responsable ingénierie du développement durable

brice.chandon@euromediterranee.fr

Renaud FRANCOU - Efficacy

Chef de projet innovation et facilitateur - Marseille

r.francou@efficacy.com



Réalisation : arcencielcreation.fr