



*Le développement et l'application de solutions technologiques et de gestion cohérentes pour le traitement des eaux usées et leur réutilisation efficace pour une agriculture adaptée aux besoins des pays méditerranéens africains*  
[www.madforwater.eu](http://www.madforwater.eu)

Chère lectrice, cher lecteur,

Bienvenue au premier bulletin de MADFORWATER, un projet de l'Action de Recherche et d'Innovation Horizon 2020 financé dans le cadre de l'action WATER-5c-2015 sous le thème « Développement de la technologie, des systèmes et des outils et / ou méthodologies d'approvisionnement en eau et d'assainissement. » L'objectif général de MADFORWATER est de développer un ensemble de solutions technologiques et de gestion cohérentes pour améliorer le traitement des eaux usées, leur réutilisation pour l'irrigation, et l'utilisation efficace de l'eau dans l'agriculture en Egypte, au Maroc, et en Tunisie. MADFORWATER se concentrera sur les eaux usées municipales, agro-industrielles, et industrielles, ainsi que sur les eaux du canal de drainage du delta du Nil. Le développement et la validation des technologies seront combinés à la définition des stratégies intégrées de gestion de l'eau, adaptées au contexte local des bassins hydrologiques sélectionnés en Egypte, au Maroc, et en Tunisie. MADFORWATER, qui a débuté le 1<sup>er</sup> Juin 2016, marque son 12<sup>ème</sup> mois d'activité.

Ce bulletin d'information contient :

1. Une mise à jour sur les activités de MADFORWATER (p.2).
2. Une liste des conférences où MADFORWATER a été présenté ou sera présenté (p.10).
3. Une description de notre consortium (p.13).

Bonne Lecture ! Si vous souhaitez recevoir plus d'information ou créer des collaborations, n'hésitez pas à nous contacter :

Coordinateur : Dario Frascari ([dario.frascari@unibo.it](mailto:dario.frascari@unibo.it))

Co-coordonateur : Giulio Zanaroli ([giulio.zanaroli@unibo.it](mailto:giulio.zanaroli@unibo.it))

Contact de diffusion : Ada Della Pia ([a.dellapia@ciaotech.com](mailto:a.dellapia@ciaotech.com))

Site Internet : [www.madforwater.eu](http://www.madforwater.eu)



### L'eau et les vulnérabilités liées à l'eau en Egypte, au Maroc, et en Tunisie

Le centre de recherche de Wageningen est responsable de l'évaluation des vulnérabilités liées à l'eau en Egypte, au Maroc, et en Tunisie. L'entité et les causes du stress hydrique et des vulnérabilités liées à l'eau, en Egypte, au Maroc, et en Tunisie sont analysés en se focalisant sur le traitement des eaux usées, la réutilisation efficace de l'eau dans l'agriculture et leurs impacts sur la sécurité alimentaire, l'agriculture durable, la croissance socio-économique, et la protection de l'environnement. Dans le PT1 (plan de travail 1), une analyse au niveau du pays sera intégrée par des évaluations plus spécifiques des 3 bassins/sous-bassins ciblés.

La première tâche est d'analyser les accords de coopération internationaux actuels et leurs implications sur les objectifs liés à l'eau en Egypte, au Maroc, et en Tunisie. Cette tâche examine les activités de coopération internationales et les accords internationaux dans lesquels les 3 pays concernés sont engagés dans le domaine de la gestion des ressources en eau à différents niveaux : initiatives globales, comme les Nations Unies ; Euro-méditerranéen, comme l'Union pour la Méditerranée ; et les accords avec les pays Africains voisins. Les résultats de cette tâche seront utilisés dans la tâche suivante qui s'agit d'identifier les vulnérabilités de l'eau associées au manque de coopération internationale.

La seconde tâche consiste à analyser et cartographier le stress hydrique, les vulnérabilités liées à l'eau, et le potentiel de réutilisation des eaux en Egypte, au Maroc, et en Tunisie. Cette analyse est effectuée à l'échelle nationale des pays en se concentrant sur le traitement des eaux usées, la réutilisation de l'eau, et l'utilisation efficace de l'eau dans l'agriculture. Les éléments recueillis grâce à l'évaluation du stress hydrique et des vulnérabilités seront utilisés dans l'évaluation du potentiel de réutilisation des eaux usées traitées dans chaque bassin des pays ciblés. Cette tâche se compose de 5 étapes :

- Définition des indicateurs de vulnérabilité de l'eau ;
- Collecte de données sur le stress hydrique et la vulnérabilité provenant de diverses sources ;
- Élaboration de plans de stress hydrique et de vulnérabilité de l'eau dans chaque pays, en mettant l'accent sur la disponibilité de l'eau, la demande d'eau, les principales contraintes d'eau, le système intégré des terres et de l'eau ;
- Cartes de prévision : Projection du stress hydrique et des vulnérabilités liées à l'eau sur 20 ans basée sur les différents changements climatiques et scénarios socio-économiques ; et
- Identification des opportunités commerciales.

La troisième tâche du PT1 consiste à analyser et cartographier les effets du stress hydrique sur la sécurité alimentaire et le développement socio-économique en Egypte, au Maroc, et en Tunisie. Les effets identifiés du stress hydrique et des vulnérabilités liées à l'eau sur les différentes dimensions de la sécurité alimentaire et du développement socio-économique sont abordés et analysés suivant le modèle DPSIR (éléments moteurs-pressions-état-incidences-réactions). L'analyse effectuée à l'échelle nationale dans les 3 pays cibles conduira à la production d'un rapport et de deux cartes de risque de sécurité alimentaire, en référence à la situation actuelle et à une projection sur 20 ans. La dernière tâche consiste à évaluer en détail le stress hydrique et les vulnérabilités liées à l'eau dans chacun des 3 bassins sélectionnés, pour explorer des stratégies pour l'utilisation non conventionnelle de l'eau. L'analyse dans cette tâche est effectuée en deux étapes :

- L'élaboration d'un cadre d'évaluation régionalement adapté des vulnérabilités liées à l'eau, basé sur l'approche du modèle DPSIR et comprenant l'identification d'un nombre limité d'indicateurs de vulnérabilité de l'eau ; et
- L'identification des obstacles à la suppression des vulnérabilités et contraintes de l'eau identifiées. Les obstacles examinés comprendront les aspects suivants: l'aspect environnemental (par exemple, une faible disponibilité par habitant des eaux de surface et des eaux souterraines, et / ou une mauvaise qualité dans la région), l'aspect technique (qualité des eaux usées traitées, disponibilité de techniciens qualifiés et usines efficaces de traitement des eaux usées, les exigences légales pour la décharge et la réutilisation de l'eau, la disponibilité d'un approvisionnement énergétique fiable, la proximité des zones agricoles des usines de traitement de l'eau), l'aspect économique (investissements des acteurs publics et privés) et l'aspect sociétal (perception de la réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture).



## Adaptation des technologies de traitement des eaux usées pour une réutilisation agricole

MADFORWATER élabore et adapte au contexte local de la Tunisie, du Maroc et de l'Égypte, des technologies pour le traitement des eaux usées municipales, de l'industrie textile, agro-industrielles, en particulier les eaux usées des pressoirs à olives et du processus de conditionnement des fruits et des légumes, et les eaux du canal de drainage du Delta du Nil (Égypte), afin de produire de l'eau appropriée à l'irrigation. Onze technologies de traitement des eaux usées ont été sélectionnées pour un dépistage initial à l'échelle du laboratoire des solutions potentielles et des chaînes de traitement spécifiques aux différents types des eaux usées (Fig. 1). Les besoins en énergie et / ou le capital et les coûts de maintenance ont été pris en considération dans la sélection des technologies, en gardant à l'esprit que ce sont les principaux freins liés aux technologies de l'eau adoptées dans les 3 pays méditerranéens africains ciblés. La plupart des technologies de MADFORWATER pour le traitement des eaux usées sont des technologies déjà existantes et commercialisables qui sont à présent faiblement ou pas du tout appliquées dans les 3 pays méditerranéens africains, pour lesquelles des innovations sont en voie de développement afin de les adapter au contexte local du pays méditerranéen-africain et à la production d'eau de qualité suffisante pour d'irrigation, quelques technologies demeurent encore aux premiers stades de développement. Les technologies proposées font l'objet d'une enquête dans des unités de laboratoire pré-pilote (5-10 L), dans des conditions similaires à ceux des pays ciblés (par exemple, la température, les rayonnements solaires, etc.), en utilisant des eaux usées synthétiques ou réelles (ou de l'eau de drainage) échantillonnées dans les sites suivants dans les 3 pays méditerranéens africains choisis : Zone pilote de Manzala, Égypte du nord-est (eaux de canal de drainage); Drarga, Agadir, Maroc (eaux usées municipales); Tiznit, Agadir, Maroc (eaux usées municipales); Université de Manouba, bâtiment de biotechnologie, Tunis, Tunisie (eaux usées municipales); Taroudant, Maroc (eaux usées du processus de conditionnement des fruits et des légumes); Mnihla, Tunisie (eaux usées des pressoirs à olives ); Nabeul, Tunisie (eaux usées de l'industrie textile).

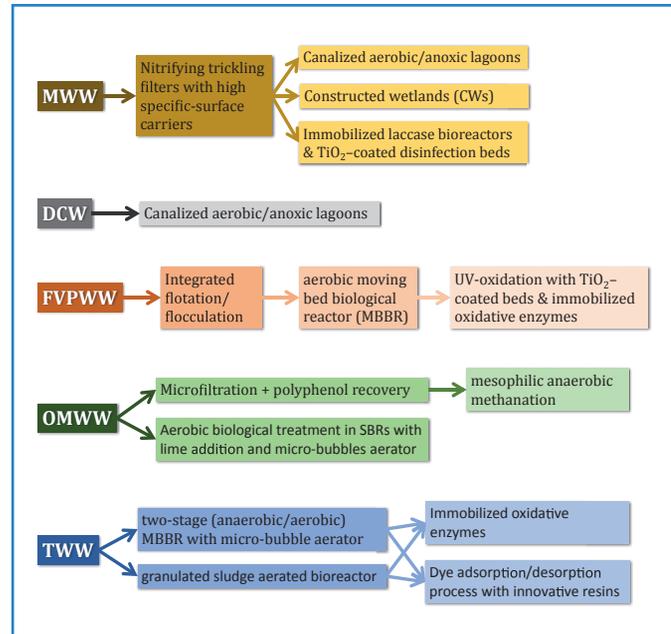


Fig. 1 – Chaînes de traitement potentielles pour chaque type d'eau usée

Les technologies sélectionnées suivantes sont en cours d'étude :

Technologie de traitement des eaux usées numéro 1 : Lagune canalisée avec une capacité de nitrification / dénitrification et de désinfection pour le traitement tertiaire des eaux usées municipales et le traitement des eaux du canal de drainage. Les lagunes facultatives canalisées sont caractérisées par l'alternance des zones aérobies et anoxiques, qui les rendent adaptées aux processus de nitrification / dénitrification et à l'élimination biologique de la DBO (Demande biologique d'oxygène) et du phosphore. Dans les pays d'Afrique du Nord, grâce à la forte radiation solaire, les lagunes peuvent également effectuer une désinfection très efficace. Elles peuvent également être utilisées comme réservoirs pour stocker l'eau d'irrigation à utiliser pendant les saisons sèches. Dans le contexte Égyptien, l'objectif de MADFORWATER est d'optimiser l'utilisation des canaux de drainage existants qui reçoivent des eaux de drainage et des eaux usées locales comme lagunes facultatives canalisées grâce à des modifications appropriées en termes de géométrie et de dynamique des fluides.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 2 : Lits bactériens de nitrification remplis de porteurs innovants caractérisés d'une surface spécifique élevée pour le traitement secondaire des eaux usées municipales. Dans le cas des communautés de taille moyenne ou petite, les lits bactériens peuvent représenter une alternative intéressante aux usines de boues actives grâce à la faible ou nulle consommation d'énergie requise pour l'aération des eaux usées. Alors que les lits bactériens traditionnels sont caractérisés par des temps de rétention élevés et de mauvaises performances de nitrification / dénitrification, MADFORWATER développe des filtres caractérisés par des porteurs innovants à haute surface afin (i) de réduire les temps de rétention grâce à une épaisseur élevée de biofilm et (ii) d'améliorer les performances de nitrification / dénitrification.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 3 : Zones humides construites avec des bactéries promotrices de la croissance des plantes pour le traitement tertiaire des eaux usées municipales. Les zones humides construites ont le potentiel d'éliminer les polluants prioritaires, l'azote, le phosphore, les métaux lourds, et la DBO résiduelle, grâce à l'effet combiné des plantes et de la communauté microbienne de la rhizosphère. La coexistence de microenvironnements anoxiques-aérobies-anaérobies favorise les différents mécanismes d'élimination. Les bactéries promotrices de la croissance des plantes peuvent jouer un rôle clé dans les zones humides construites en coopérant activement avec les plantes dans le processus de dégradation.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 4 : Dégradation enzymatique des polluants, des colorants, et des fongicides émergents avec des laccases immobilisées, pour le traitement tertiaire de eaux usées municipales, de l'industrie textile, et du processus de conditionnement des fruits et des légumes. Les enzymes oxydatives immobilisées telles que les laccases présentent un intérêt particulier pour l'élimination des colorants des eaux

usées de l'industrie textile, l'élimination des fongicides des eaux usées du processus de conditionnement des fruits et des légumes et l'élimination des micropolluants des eaux usées municipales en raison de leur sélectivité extrême par rapport à d'autres procédés d'oxydation ou adsorption avancés. Les laccases ne nécessitent pas de cofacteurs, et la robustesse et la réutilisabilité des laccases immobilisées sont démontrées. Elles peuvent être produites avec des technologies de fermentation simples et peu coûteuses (par exemple, fermentation en milieu solide), possiblement en utilisant des résidus agro-industriels peu coûteux et disponibles localement. Les coûts du processus de traitement des eaux usées peuvent également être réduits en considérant les systèmes de tour de filtration plutôt que les bioréacteurs à membrane.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 5 : Lits de désinfection catalytique activés par la lumière solaire UV pour le traitement des eaux usées municipales. La désinfection des eaux usées à l'aide de lits catalytiques activés par des rayons UV est une alternative efficace à faible coût et à faible impact environnemental aux systèmes classiques de désinfection. Ils sont bien adaptés aux conditions locales du contexte nord-africain, où une forte intensité de rayonnement solaire existe. Technologie de traitement des eaux usées numéro 6 : Processus intégré de flottation / floculation, pour le traitement des eaux résiduelles du processus de conditionnement des fruits et des légumes. La flottation représente une alternative intéressante à la sédimentation grâce à la réduction des volumes de traitement et à l'augmentation de l'efficacité du traitement. Le processus conjugué de flottation / floculation proposé par MADFORWATER permet d'obtenir des taux d'élimination élevés non seulement pour les solides en suspension, mais aussi pour la DBO. Il se caractérise par un temps de rétention hydraulique (TRH) très bas (3-4 minutes), un faible taux de recyclage, et une faible consommation énergétique.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 7 : Filtration membranaire + adsorption de composés phénoliques avec des résines sélectives + digestion anaérobie dans un réacteur à biofilm pour le traitement des eaux usées des pressoirs à olives. Bien que plusieurs types de processus aient été proposés dans la littérature pour traiter les eaux usées des pressoirs à olives, aucun d'entre eux n'a été adapté à des applications à très faible coût jusqu'à présent. La chaîne de traitement proposée par MADFORWATER est proche de l'application industrielle. Elle peut produire un effluent final adapté à l'irrigation, et chaque étape mène à une valorisation spécifique des eaux usées des pressoirs à olives : pâte d'olive à partir de la filtration, des mélanges riches en polyphénols avec des propriétés antioxydantes élevées provenant de l'adsorption / désorption, de l'électricité et du chauffage à partir de la digestion anaérobie. Le processus d'adsorption / désorption sera caractérisé par le recyclage complet du solvant de désorption. La digestion anaérobie peut être effectuée en une co-digestion possible et / ou en alternance avec d'autres déchets typiques du contexte Nord-Africain.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 8 : Réacteur discontinu séquentiel (RDS) aérobie avec addition de chaux pour le traitement des eaux usées des pressoirs à olives. Le processus du RDS présente plusieurs avantages potentiels par rapport à d'autres processus aérobies traditionnels. La mise en œuvre du processus du RDS aérobie pour le traitement des eaux usées des pressoirs à olives est particulièrement intéressant, ceci d'après des études pilotes réalisées par les partenaires de MADFORWATER. Pour minimiser la consommation énergétique associée à l'oxygénation, un nouveau système de distribution d'air à haute efficacité basé sur la production de microbulles sera mis en œuvre dans le processus du RDS

Technologie de traitement des eaux usées numéro 9 : Bioréacteur à boue granulaire pour le traitement des eaux usées de l'industrie textile. Des boues granulaires aérobies ont été proposées dans ces dernières années comme une technologie de traitement secondaire compacte, robuste et à faible consommation d'énergie pour les effluents industriels. MADFORWATER aborde les faiblesses potentielles des bioréacteurs aérés à boues granulaires en développant des consortiums stables adaptés au traitement des réelles eaux usées de l'industrie textile, et en étudiant les mécanismes de la formation de boue granulaire et les facteurs assurant sa stabilité.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 10 : Réacteur biologique à lit mobile pour le traitement des eaux usées de l'industrie textile. Le réacteur biologique à lit mobile (RBLM) trouve de plus en plus d'applications à l'échelle industrielle, pour le traitement des eaux usées à grande charge. Son application au traitement des eaux usées de l'industrie textile est innovatrice et pourrait conduire à une réduction significative des coûts de traitement. Un RBLM à deux étapes (anaérobie / aérobie) avec l'étape aérobie aérée par un oxygénateur novateur de Nanotera Group est en cours de développement.

Technologie de traitement des eaux usées numéro 11 : Traitement des eaux usées de l'industrie textile par adsorption avec des résines innovantes. Le processus proposé d'adsorption / désorption vise à éliminer les amines aromatiques, la couleur brune et les métaux. Les microsphères polyacryliques magnétiques précédemment développées par le partenaire chinois de MADFORWATER seront adaptées en modifiant la taille des pores et les groupes fonctionnels. Un capteur UV / Fluorescence en ligne, conçu pour surveiller les amines aromatiques et les chromophores, sera intégré au système en tant que signal de feedback, afin d'obtenir une optimisation automatique des paramètres opérationnels. La possibilité de réutiliser le matériau désorbé dans l'industrie textile sera évaluée. Les performances seront comparées à celles obtenues avec des procédés d'oxydation avancés (traitement électrolytique avec électrodes en diamant dopées au bore), prises en tant que technologie de référence.

Pour chacune des technologies, les conditions opérationnelles (telles que le temps de rétention hydraulique (TRH), le taux de chargement organique (TCO), le taux de recyclage (là où applicable), caractérisées par une meilleure efficacité et taux d'élimination en ce qui concerne les principaux polluants de chaque eau résiduelle testée seront identifiées. La qualité des effluents sera évaluée sur la base des normes internationales pour la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture. Les technologies pour le traitement des eaux usées municipales et de l'eau de drainage seront également évaluées en fonction de l'efficacité de la désinfection. Finalement, l'Analyse du Cycle de Vie (AVC) et l'Analyse Coûts-Bénéfices (ACB) des technologies seront menées pour évaluer et améliorer leur performance environnementale et les évaluer en termes de coûts et de chiffre d'affaires projetés. Les résultats de ces activités fourniront les éléments pour la sélection et la mise à l'échelle des technologies qui seront encore testées et adaptées pendant les projets pilotes sur le terrain qui seront construits et opérés dans les 3 pays méditerranéens- africain ciblés.

## Adaptation des technologies pour une gestion efficace de l'eau et la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture

Le PT3 se concentre sur les solutions innovantes pour la réutilisation efficace des eaux usées traitées dans l'agriculture de manière adaptée au contexte méditerranéen. Durant la première année du projet, des recherches sur plusieurs approches et technologies ont été lancées et des activités ont été menées dans les domaines suivants : Bactéries promotrices de la croissance des plantes (PCP) pour améliorer la résistance des cultures au stress hydrique et à la salinité ; Nouvelle génération de tensiomètres adaptés aux eaux usées traitées à haute salinité ; Outil de modélisation pour l'établissement d'un calendrier d'irrigation optimal avec différents types d'eau ; développement d'un mini-arroseurs à basse pression et de buses calibrées pour une irrigation localisée pour la modernisation de l'irrigation traditionnelle de surface; développement d'un modèle physique-économique intégré pour l'optimisation des terres et de l'eau. Enfin, une Analyse du Cycle de Vie (ACV) et une Analyse de Coûts-Bénéfices (ACB) des technologies de réutilisation des eaux usées testées ont été initiées.

Le Maroc et La Tunisie, en collaboration avec Le Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM) et la Università degli studi di Milano (UMIL), ont mené des essais expérimentaux pour étudier l'effet des souches de bactéries promotrices la croissance des plantes (PCP) sur la croissance et le rendement de différentes cultures. Les bactéries ont été isolées en utilisant différents types de milieux de culture bien adaptés à la condition de sécheresse. Plusieurs échantillons de sol et de matière organique ont été recueillis d'oliviers et d'arganiers au Maroc et 400 bactéries ont été isolées. En Tunisie, une collection de souches bactériennes a été obtenue à partir du système racinaire de l'olivier (100 isolats), du citronnier (50 isolats), et du figuier (40 isolats), tous actuellement irrigués avec de l'eau usée traitée. De plus, 80 bactéries endophytes ont été isolées à partir de luzernes (*Medicago spp.*), tandis que 500 souches ont été établies à partir de sorgho (*Sorghum*) irrigué avec des eaux usées traitées. Plus en détail, un génotypage et une identification ont été réalisés grâce au séquençage du gène 16S rARN sur les isolats d'*Argania spinosa* et sur un sous-ensemble d'isolats de *Sorghum*, cela pour sélectionner des souches bactériennes pour d'autres cultivars.

De plus, huit Bactéries promotrices la croissance des plantes (PCP), préalablement isolées dans le laboratoire de l'UMIL à partir de plantes extrémophiles telles que la salicorne (*Salicornia sp.*), ont été testées en serre à l'aide de tomate en tant que plante de référence et en suscitant un stress hydrique artificiel. Jusqu'à présent, des résultats positifs n'ont été observés pour certaines bactéries qu'au milieu de la saison de croissance (croissance accrue des plantes immunisées par rapport aux témoins non-immunisés). Pour cette raison, une autre expérience en serre est effectuée au CIHEAM pour étudier les avantages des bactéries sur le cycle de végétation de la tomate. Cinq souches bactériennes ont été sélectionnées en fonction de leurs effets positifs sur la survie et / ou la croissance de certaines plantes résistantes à la sécheresse (par exemple, la salicorne, la mangrove, la plante de la résurrection) cultivées dans les pays impliqués dans le projet. Les bactéries ont été isolées et identifiées pour exclure les agents pathogènes. Après la préparation du lit de semence au CIHEAM, des plantules ont été transplantées dans des pots remplis de sol échantillonné des champs expérimentaux au CIHEAM, alors que les souches de bactéries ont été inoculées dans le sol une semaine plus tard. Les plantes de tomates en pot sont cultivées sous trois régimes d'eau différents, afin d'observer si les bactéries promotrices de la croissance des plantes (PCP) réduisent la quantité d'eau fournie en augmentant l'utilisation efficace de l'eau des cultures (rendement / eau appliqué) de tomate. Les paramètres du sol et des cultures et le micro climat de serre sont surveillés pendant la saison de croissance de la tomate.



Quant à la génération de tensiomètres adaptés aux eaux usées traitées à haute salinité, les travaux ont été axés sur la sélection du meilleur compromis en termes de matériel (milieu poreux) et de développement d'un banc d'essai. Ce banc sera utilisé pour vérifier la performance des tensiomètres dans la chaîne de production. Une version préliminaire du logiciel de planification optimale de l'irrigation avec différents types d'eau et le manuel complémentaire ont été préparés, tandis que le module sur la gestion de la fertilisation est encore en cours. En ce qui concerne le mini-arroseurs à basse pression, un ensemble de tests de dimensionnement des gouttelettes d'eau a été effectué pour déterminer la gamme de dimensions des gouttelettes selon le type d'émetteurs. Des prototypes de buses calibrées pour une irrigation localisée ont été produites et testées pour évaluer leur capacité de lutter contre les fuites d'eau. Elles sont efficaces à une pression d'environ 0.4bar. La modélisation numérique de l'interaction du flux et du fluide avec la membrane est en cours d'étude. Le terrain d'expérimentation en Egypte a été aménagé pour tester les technologies pour la modernisation et l'augmentation de l'efficacité de l'irrigation traditionnelle de surface. Les activités en relation au modèle d'optimisation intégré ont débuté avec une collection de données économiques dans les zones d'études de cas sélectionnés: les serres et le système de culture d'agrumes dans les zones de Souss et Chtouka Ait Baha dans le bassin du fleuve Souss Massa (Maroc) et le système de culture irriguée dans la région de Kafr-El-Shiekh (Égypte).

Finalement, un questionnaire commun à propos de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) et l'Analyse Coûts-Bénéfices (ACB) a été préparé et envoyé à chaque partenaire : Une analyse des résultats et une compilation des éléments qualitatifs seront présentées dans un rapport. Un inventaire des éléments qualitatifs de l'ACB a été effectué et finalisé.

## Analyse du cycle de vie (ACV) et analyse des coûts-bénéfices (ACB)

Une évaluation du cycle de vie (ACV) quantifiera, à un stade précoce, les impacts et bénéfices environnementaux potentiels des technologies de MADFORWATER. L'analyse sera menée sur les technologies de traitement des eaux usées et d'irrigation suite aux étapes clairement établies : définition des objectifs et du champ d'étude, inventaire du cycle de vie, évaluation et interprétation de l'impact, comme le montre la figure ci-dessous.

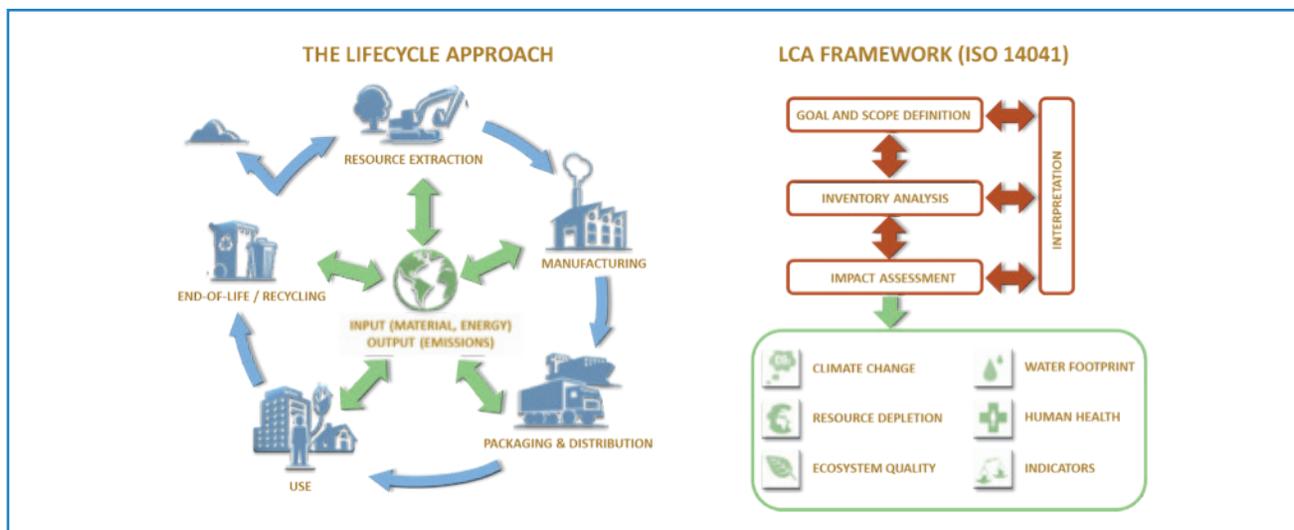


Fig. 2 – Approche, du cycle de vie, cadre et catégories d'impacts.

Une ACV à un stade précoce de développement de technologies fait face à plusieurs difficultés, car l'inventaire est basé sur des technologies en cours de développement et les processus peuvent ne pas être encore bien définis. Par contre, une ACV à un stade précoce peut également favoriser et directement soutenir l'amélioration de la performance environnementale des technologies développées en identifiant les principaux processus contribuant aux impacts environnementaux tout en œuvrant à les optimiser. Etant donné que de nombreuses estimations de données seront nécessaires pour l'inventaire, la méthodologie de l'ACV sera simplifiée afin de fournir des informations pertinentes pour assurer toute optimisation possible des impacts environnementaux des technologies et de démontrer les avantages environnementaux de la mise en œuvre des technologies développées par rapport aux situations actuelles. L'Université des Sciences appliquées et des Arts du nord-ouest de la Suisse effectuera l'analyse à l'aide d'un logiciel et d'une base de données de pointe. L'ACV basée sur les résultats du développement à l'échelle d'un laboratoire des technologies de traitement des eaux usées, sera mise à jour ultérieurement, en tenant compte des performances des essais pilotes sur le terrain. L'Analyse coûts-bénéfices (ACB) quantifiera les coûts et les avantages économiques des technologies de MADFORWATER à un stade précoce.

L'ACB est une estimation systématique de tous les coûts et avantages pertinents. L'évaluation des technologies développées en termes de coûts prévisionnels et de chiffre d'affaires sera réalisée au moyen d'une analyse coûts-bénéfices (ACB). Conformément à l'ACV, l'ACB à un stade précoce du développement technologique fait face à plusieurs difficultés, cela car l'analyse est basée sur des technologies en cours de développement et les processus peuvent ne pas être encore bien définis. L'ACB Sera effectuée en trois étapes principales. Durant la première étape, le cadre de l'ensemble de données de l'ACB sera déterminé. La partie la plus importante de cette étape est l'identification des coûts et des avantages liés à chaque technologie. Des exemples de coûts sont : le capital, l'exploitation, la maintenance et les coûts supplémentaires tels que la formation et les frais généraux, les coûts sociaux / environnementaux imposés aux tiers par chaque technologie de traitement des eaux usées, telles que les impacts liés au bruit ou au carbone. Des exemples de bénéfices sont : avantages pour la santé liée à l'irrigation avec des eaux usées traitées au lieu des eaux non traitées, ou des avantages environnementaux liés à une diminution du bassin versant d'eau douce provenant des masses d'eau. D'autres parties de cette étape sont (1) la détermination du cas de base ; (2) l'identification de la période de planification pour l'évaluation d'une technologie ; et (3) la détermination d'un taux d'actualisation pour convertir les valeurs futures en valeurs présentes.

Dans une deuxième étape, les coûts et les bénéfices de chaque technologie de MADFORWATER seront quantifiés. Pour une estimation correcte des coûts et des avantages, chaque partenaire travaillant sur une technologie sera guidé par PNO Innovatieadvies BV (PNO) et l'Università di Bologna (UNIBO) dans la quantification des éléments requis pour l'ACB de chaque technologie, en référence à une taille normalisée de l'installation de traitement des eaux usées. Tous les coûts et avantages seront éventuellement actualisés en utilisant un taux d'actualisation approprié et un horizon temporel. L'étape finale de l'ACB est l'évaluation économique et la comparaison des différentes technologies grâce à l'application du modèle de l'ACB. Outre les calculs et les comparaisons, une vérification et une analyse de sensibilité sont effectuées pour assurer la validité du modèle de l'ACB.

À ce stade, des informations qualitatives concernant les coûts et avantages pertinents ont été collectées pour les technologies de MADFORWATER. PNO développe actuellement le cadre de calcul pour l'ACB et effectue une analyse préliminaire pour certaines technologies qui tiennent des informations quantitatives disponibles. En fin de compte, des données quantitatives seront recueillies pour toutes les technologies et utilisées pour donner un aperçu de leur performance économique.

## Essais pilotes sur le terrain pour l'adaptation et l'intégration des technologies



Au cours des 3ème et 4ème années de MADFORWATER, les technologies de traitement des eaux usées et de la réutilisation de l'eau pour l'irrigation sélectionnées feront l'objet d'essais et de démonstrations expérimentales à une échelle pilote dans des sites choisis en Egypte, au Maroc et en Tunisie, afin d'améliorer leur adaptation au contexte local. Quatre essais pilotes de traitement des eaux usées intégré et de réutilisation / économie de l'eau dans l'agriculture seront mis en place, un pour chaque type d'eaux usées étudiées (municipales, de canal de drainage, agro-industrielles, industrielles). Une analyse SWOT sera mise en place afin de sélectionner les sites pour les quatre essais pilotes et les technologies à

y mettre en œuvre, sur la base des scores attribués à chaque technologie d'après (i) leur performance technique, (ii) leur adéquation sociale et technique par rapport au contexte local, et (iii) le résultat de l'analyse du cycle de vie et de l'analyse coût-bénéfice. Chaque usine pilote comprendra un secteur de traitement des eaux usées et un secteur d'irrigation, où des cultures typiques des trois pays cibles y seront cultivées. Chaque usine sera suivie pendant au moins une année.

## Stratégies intégrées de gestion des eaux et des terres pour la gestion des eaux usées et de l'eau agricole

### Des technologies menant à des stratégies intégrées de gestion des eaux et des terres

MADFORWATER développe et applique plusieurs technologies de traitement des eaux usées, de gestion de l'eau, et d'irrigation pour la réutilisation agricole, afin de contribuer à une gestion efficace des eaux dans les pays africains méditerranéens. Après avoir démontré que les technologies sélectionnées peuvent être adaptées efficacement aux conditions locales, des stratégies intégrées technologiques et de gestion seront proposées pour les études de cas de bassins fluviaux sélectionnées en Egypte, au Maroc et en Tunisie. Elles seront accompagnées du développement et de l'application d'outils d'aide à la prise de décision ad hoc. Par exemple, une stratégie typique peut inclure la mise en œuvre d'une technologie supplémentaire de traitement des eaux usées pour les effluents d'eaux usées d'une industrie spécifique, afin d'obtenir une qualité d'eau appropriée à l'irrigation qui sera réutilisée avec des technologies d'irrigation efficaces adaptées aux conditions locales.

Cependant, bien que les innovations technologiques fassent partie de la solution, elles ne suffisent pas pour faire face aux défis de la gestion de l'eau actuels et à venir. Les objectifs du développement durable de l'ONU et la stratégie méditerranéenne pour le développement durable soulignent la nécessité d'une utilisation et gestion durables des ressources en eau, ce qui nécessite une stabilisation des besoins en eau, l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la participation et coopération entre les secteurs et les différents niveaux. Pour cela, les initiatives internationales et nationales se concentrent sur l'établissement de politiques de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et la promotion de la gestion de la demande en eau, y compris l'utilisation d'instruments économiques appropriés pour la gestion de l'eau. De tels instruments encouragent l'efficacité technique et économique de l'utilisation de l'eau et encouragent l'adoption de nouvelles technologies et de solutions innovantes. Cependant, le niveau de la mise en œuvre de ces approches dans les pays méditerranéens varie considérablement. La diversité des paysages naturels, socio-économiques, et institutionnels dans les pays du sud et de l'est du bassin méditerranéen détermine les différents besoins et obstacles relatifs à la gestion de l'eau.

### Instruments économiques et stratégies pour la gestion des ressources en eau à l'échelle du bassin

Le projet de MADFORWATER établira de nouvelles stratégies de gestion des eaux et des terres. Pour le faire, il s'appuiera sur l'examen et l'évaluation des approches et politiques de gestion de l'eau actuelles et l'utilisation d'instruments économiques dans les trois études de cas choisis en Egypte, au Maroc et en Tunisie. L'élaboration de ces stratégies de gestion des eaux et des terres comprendra l'élaboration d'outils d'aide à la prise de décision visant à intégrer les dimensions biophysiques et socio-économiques de l'utilisation de l'eau et la mise en œuvre des technologies de MADFORWATER dans les bassins. De plus, des instruments économiques et réglementaires seront identifiés pour optimiser une efficace mise en œuvre des technologies sélectionnées.

### Évaluation des stratégies en fonction des conditions et priorités locales

Même si certaines technologies et solutions de gestion se révèlent efficaces au niveau technique, la mise en œuvre pratique fait face à des défis souvent accablants, en particulier quand il s'agit des économies émergentes. De tels défis incluent souvent l'absence de systèmes de financement durables et de la coordination intersectorielle requise dans les bassins fluviaux. Pour cette raison, chaque stratégie

proposée sera évaluée de différentes manières, y compris les ateliers de consultation des intervenants, afin de recevoir les commentaires des acteurs locaux sur l'adéquation technique et sociale de celle-ci par rapport au contexte local. Une évaluation complète sera effectuée sur la manière dont chaque stratégie peut réduire la vulnérabilité au stress hydrique dans les bassins versants et améliorer la capacité des acteurs locaux de s'adapter pour gérer les défis liés à l'eau, cela tant dans les conditions actuelles que prévues, compte tenu des aspects climatiques, politiques, et économiques.

#### **Exploitation et promotion des stratégies les plus efficaces**

Afin de promouvoir et favoriser la mise en œuvre des stratégies élaborées, des plans d'exploitation seront développés ainsi qu'un catalogue des instruments économiques, des politiques recommandées, des activités de renforcement des capacités, et d'autres mesures importantes sur le plan local.

## Exploitation

MADFORWATER vise à aborder l'intégration du traitement des eaux usées et de la réutilisation de l'eau dans le secteur agricole afin de réduire la vulnérabilité de l'eau en Egypte, au Maroc et en Tunisie. Après avoir adopté une approche participative et multidisciplinaire, les partenaires du consortium sont résolument axés sur la réalisation des incidences attendues. À la fin du projet, MADFORWATER fournira plusieurs projets pilotes, stratégies intégrées de gestion de l'eau et des terres, ainsi que des instruments économiques connexes. Sur le long terme, le projet vise à réaliser un certain nombre d'impacts environnementaux, sociaux et économiques associés au traitement des eaux usées et au secteur agricole. En outre, MADFORWATER devrait mener à une compétitivité et à une croissance accrues des entreprises de l'UE et des pays méditerranéens africains.

L'exploitation est souvent associée aux activités de diffusion et de communication. Tandis que la diffusion et la communication visent principalement à diffuser le potentiel du projet et à créer un engagement pendant la durée de vie d'un projet, l'exploitation se concentre sur la création d'un impact durable. Des actions d'exploitation appropriées sont donc d'une grande importance pour y arriver. Afin de maximiser la réalisation des impacts de MADFORWATER, les partenaires ont adopté une stratégie d'exploitation spécifique basée sur deux piliers principaux : a) la gestion des connaissances générées, et b) un ensemble d'actions visant à renforcer l'exploitation des résultats du projet.

Le projet MADFORWATER devrait générer jusqu'à quatorze résultats au cours de la durée de vie du projet, la majorité des résultats étant livrés durant les 3ème et 4ème années du projet. Au cours de la mise en œuvre du projet, les connaissances générées seront surveillées et gérées de manière continue, ce qui pourrait entraîner l'application d'outils et de mesures de protection appropriés. En outre, chaque résultat sera évalué sur son potentiel d'exploitation, ce qui donnera une vision claire des avantages, des groupes d'utilisateurs, de la concurrence et du marché, permettant ainsi une meilleure compréhension du potentiel de marché. À la suite de ces évaluations, des stratégies d'exploitation appropriées seront établies. Les résultats exploitables sont soutenus par plusieurs actions adaptées, y compris l'élaboration de plans d'affaires, les ateliers de renforcement des capacités et la formation. Outre les activités d'exploitation de MADFORWATER, un séminaire d'exploitation interne de projet est organisé dans le cadre de la troisième réunion du consortium du projet à Montpellier. Le séminaire d'exploitation se concentrera sur la normalisation en tant que mécanisme approprié pour soutenir l'entrée sur le marché et couvrira également la valeur ajoutée que le modèle d'affaires en toile

## Activités de renforcement des capacités

MADFORWATER favorisera le renforcement des capacités des acteurs locaux relatives à la mise en œuvre des technologies sélectionnées, des stratégies et des politiques grâce à un portefeuille solide comprenant formation, transfert de connaissances et activités visant l'accroissement de l'acceptation sociale :

- **2 ateliers de renforcement des capacités relatives aux technologies, stratégies et politiques de gestion de l'eau du projet** : 1 atelier de renforcement des capacités se tiendra dans un pays méditerranéen africain sélectionné en concert avec une conférence scientifique et sera orientée vers différents groupes d'utilisateurs finaux qu'ils soient membres ou pas du Conseil consultatif sur les services tels que les agriculteurs, les utilisateurs de l'eau, les techniciens du traitement des eaux usées, les industries productrices des eaux usées ; le deuxième atelier se tiendra à Bruxelles et fournira des informations concernant les résultats du projet aux entreprises de traitement des eaux et d'irrigation, aux gestionnaires des usines de traitement des eaux usées et aux autorités responsables de la gestion de l'eau;
- **1 programme de formation des formateurs de 5 jours sur les technologies d'irrigation / réutilisation de l'eau et sur les technologies de traitement des eaux usées** ; 4/5 formateurs de chaque pays méditerranéens africains cible participeront à ce programme; Post Graduate (MSc and PhD) and early career researcher exchanges between EU and MAC research institutions;

- **4 formations sur le terrain (1 pour chaque usine pilote)** adressées aux techniciens des eaux usées, aux gestionnaires, aux agriculteurs et aux étudiants de doctorat ;
- **Echanges d'étudiants de troisième cycle (maîtrise ou doctorat) et de chercheurs débutants entre les institutions de recherche de l'UE et des pays méditerranéens africains ;**
- **Visites sur le terrain des associations d'utilisateurs d'eau, des zones pilotes, des usines de traitement des eaux usées et des zones agricoles où des technologies d'irrigation innovantes sont appliquées,** organisées parallèlement à l'atelier de renforcement des capacités des pays méditerranéens africains et aux programmes de formation des formateurs ;
- **Promotion des associations d'utilisateurs de l'eau** afin d'accroître l'acceptation des solutions proposées et de transférer les connaissances relatives à la mise en œuvre ;
- **Entretiens et rencontres avec les autorités et institutions locales responsable de la gestion de l'eau,** pour les relier au processus de génération de connaissances du projet et les informer des potentiels et des limites des stratégies proposées.

## Réunions précédentes du projet

### Réunion de lancement du projet MADFORWATER

Les 15 et 16 juin 2016, les partenaires du consortium du projet MADFORWATER se sont réunis à Bologne pour la réunion officielle de lancement. Quarante-cinq représentants des dix-huit partenaires ont participé à la réunion et ont discuté du plan d'action et du calendrier qui serviront de base au travail qui se déroulera au cours des quatre prochaines années.



La dernière réunion du projet a eu lieu à Agadir, au Maroc, pour analyser les activités du projet mises en œuvre jusqu'à présent et planifier les prochaines initiatives.



La prochaine réunion du projet aura lieu à Montpellier (France), du 3 au 5 juillet, où se tiendra également le séminaire sur la stratégie d'exploitation.

## Conseil consultatif de MadforWater

L'adaptation des technologies et des solutions de gestion du projet aux besoins réels et au contexte local des pays méditerranéens africains cibles représente un aspect très important de MADFORWATER. À cet objectif, le projet consultait périodiquement un conseil consultatif constitué principalement de représentants du Partenariat européen pour l'innovation dans le domaine de l'eau PEI, des Initiatives de programmation commune de l'eau IPC, du Programme des Nations Unies pour l'environnement PNUÉ, de la Plateforme des technologies d'approvisionnement en eau et d'assainissement (WSSTP) et du Conseil national espagnol de la recherche, mais aussi des parties prenantes concernées dans le domaine du traitement, de la gestion et de la réutilisation de l'eau en Egypte, au Maroc et en Tunisie. Ces parties prenantes fournissent périodiquement des commentaires concernant les mesures d'adaptation mises en place et l'acceptation sociale des solutions proposées, afin de minimiser les obstacles à la mise en œuvre et à l'exploitation des technologies et des outils de MADFORWATER. Le premier atelier de consultation des parties prenantes a eu lieu le 16 décembre 2016 à Agadir, au Maroc, et s'est concentré sur l'approche d'adaptation des technologies et des instruments non technologiques (gestion, suivi, formation) et sur l'identification des obstacles et des moteurs pour favoriser la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation. 15 représentants du Maroc et 2 de la Tunisie ont participé, en plus des scientifiques représentant plusieurs partenaires du consortium MADFORWATER. L'atelier a permis d'identifier les obstacles au traitement

des eaux usées et à la réutilisation agricole dans les 3 pays cibles, comme suit: le manque de volonté politique pour permettre la coordination et la communication entre les institutions impliquées dans le traitement des eaux usées; la difficulté à identifier l'institution qui assume la responsabilité de la réutilisation des eaux usées; l'absence d'une description claire des rôles; le manque de fonds pour financer le traitement des eaux usées et la surveillance de la qualité de l'eau traitée; l'absence de législation claire sur la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation. Les parties prenantes ont généralement convenu qu'un établissement transdisciplinaire doté d'un nouveau mandat axé sur la réutilisation des eaux usées traitées est nécessaire pour surmonter la fragmentation des responsabilités et coordonner toutes les institutions existantes.



## MADFORWATER a été présenté à

### La Conférence d'AfriAlliance

Le projet a participé à la conférence d'AfriAlliance qui a eu lieu en Afrique du Sud, du 22 au 24 mars. La conférence a duré deux jours et demi, coïncidant avec la Journée mondiale de l'eau. Les groupes d'action d'AfriAlliance ont été présentés ainsi que leurs domaines d'intérêt. La conférence a également mis en valeur les initiatives africaines de recherche, d'innovation, de politique et de renforcement des capacités qui cherchaient des partenaires européens et vice versa ; et a donné l'occasion d'obtenir des informations et des suggestions pour façonner davantage les activités d'AfriAlliance.



### La Conférence COP22 à Marrakech

En novembre 2016, le projet a également été présenté lors de la Conférence de la COP22 à Marrakech. Il s'agit d'un événement annuel inclus parmi les conférences de l'ONU sur le changement climatique et organisé dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). De façon plus détaillée, Madforwater a participé à l'événement parallèle de la Commission européenne intitulé "Eau- Energie- Aliments : recherche et innovation pour étudier les liens en Méditerranée", visant à rassembler les acteurs institutionnels et les intervenants en recherche et innovation pour partager leurs points de vue sur les défis et les solutions pour aboutir à une économie à faible intensité de carbone reliée à une gestion durable des ressources. La discussion s'est concentrée spécifiquement sur les doubles défis dans la région méditerranéenne.





252nd ACS National Meeting  
organized by American Chemical Society  
24 august 2016



GRICU - The 2020 horizons  
of chemical engineering  
13 September 2016 - Anacapri (Italy)



IWA Flotation Conference  
Toulouse - 29 september 2016



1ST TUNISIAN-SOUTH AFRICAN  
INTERNATIONAL WORKSHOP  
4-7 November 2016 Tunisia



Water Global Expo  
Ecomondo 2016 Fair  
8 November 2016 - Rimini (Italy)



ICEST 2017  
13 - 15 January 2017



WaterHeroes,  
Center for Mediterranean Integration  
21/22 March 2017 – Marseilles



Conference presentation in 7th  
Mikrobiokosmos Conference 2017  
7 - 9 April 2017 - Athens, Greece



Industry Water: From Single Use  
to Integrated Management  
20 April 2017 - Bruxelles



The EGU General Assembly 2017  
22-28 April 2017 - Vienna, Austria



Attualità dell'Idraulica Agraria e delle Sistemazioni Idraulico-Forestali al cambiare dei tempi  
Università degli Studi di Palermo - 4/5 May 2017

## Prochains événements où MADFORWATER sera présenté



6th International Symposium  
on Biosorption and  
Biodegradation  
BioBio2017. 25-29 June 2017,  
Praga, Czech republic



9th International Conference on  
Environmental Engineering and  
Management  
6 – 9 September 2017  
Bologna, Italy



22nd Workshop on the  
Developments in the Italian  
PhD Research on Food Science,  
Technology & Biotechnology.  
September 20-22, 2017, LIBERA  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLZANO



14th International  
Phytotechnologies Conference

25 - 29 September 2017

Montréal, Canada



10th World Congress of  
Chemical Engineering.

1-5 October 2017,

Barcelona, Spain



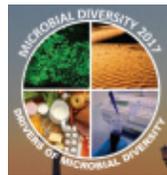
ICIDC 2017, International  
Commission on Irrigation and  
Drainage Conference

8-14 October 2017, Mexico



S2SMALL2017 IWA,  
Sustainable solution for small  
water and wastewater  
treatment systems

22-26 October 2017, Nantes, France



4th International Conference on  
Microbial Diversity 2017

October 24-26, 2017, Bari, Italy



Ecomondo 2017  
Green & Circular Economy.

7-10 November 2017, Rimini, Italy



INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
MICROBE-ASSISTED CROP  
PRODUCTION OPPORTUNITIES,  
CHALLENGES & NEEDS.

November 21 - 24, 2017 Vienna, Austria

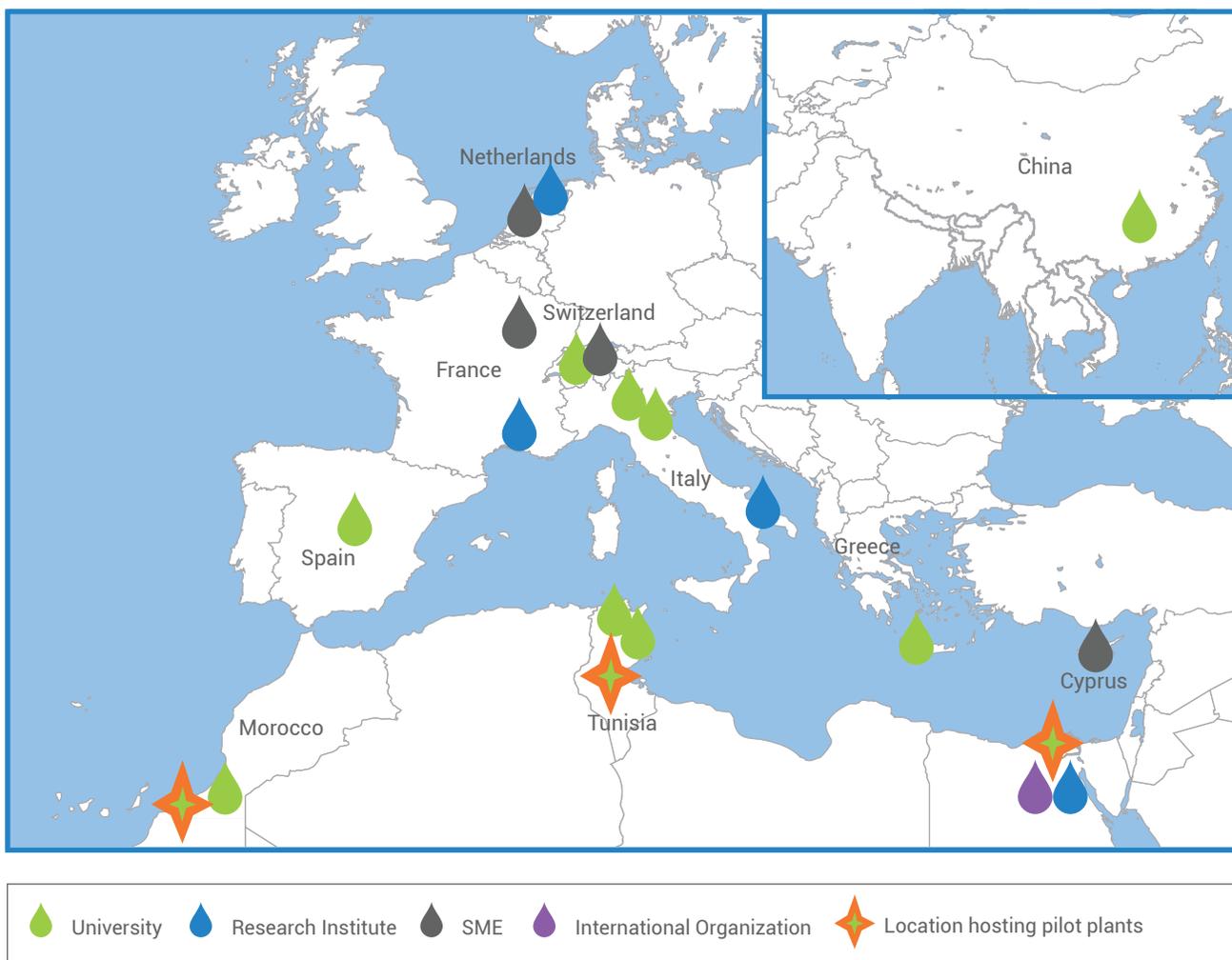


VII Bioremediation Conference.

25-28 June 2018, Chania, Greece

## Le consortium de MADFORWATER

Le consortium MADFORWATER se compose de 18 partenaires géographiquement répartis autour de la mer Méditerranée, notamment dans 7 pays européens, 3 pays méditerranéens africains et la Chine. Il comprend 9 universités, 4 centres de recherche, une organisation internationale à but non lucratif (FAO), 1 consultant et expert en matière de marketing, de développement de plans d'affaires et de gestion de l'innovation et 3 experts dans les domaines du traitement des eaux usées et l'irrigation. Les partenaires de MADFORWATER possèdent une expertise multidisciplinaire couvrant les domaines comme le traitement des eaux usées, l'irrigation, l'analyse du cycle de vie des technologies, l'analyse coûts-bénéfices des technologies, l'analyse des vulnérabilités liées à l'eau, la participation des parties prenantes, La gestion intégrée de l'eau, le renforcement des capacités et la conception des plans d'affaires.



La communication ne reflète que le point de vue de l'auteur et l'EASME n'est pas responsable de l'utilisation éventuelle des informations qu'elle contient.

Pour plus d'informations sur le projet, visitez le site Web de MADFORWATER à l'adresse:  
[www.madforwater.eu](http://www.madforwater.eu)



Ce projet a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 688320