

L'approche multisectionnelle de la gestion de l'eau : le cas de l'Observatoire de la Medjerda et de son Littoral (Tunise)

Didier Orange

Écohydrologue, IRD (Institut de Recherche pour le Développement)

didier.orange@ird.fr



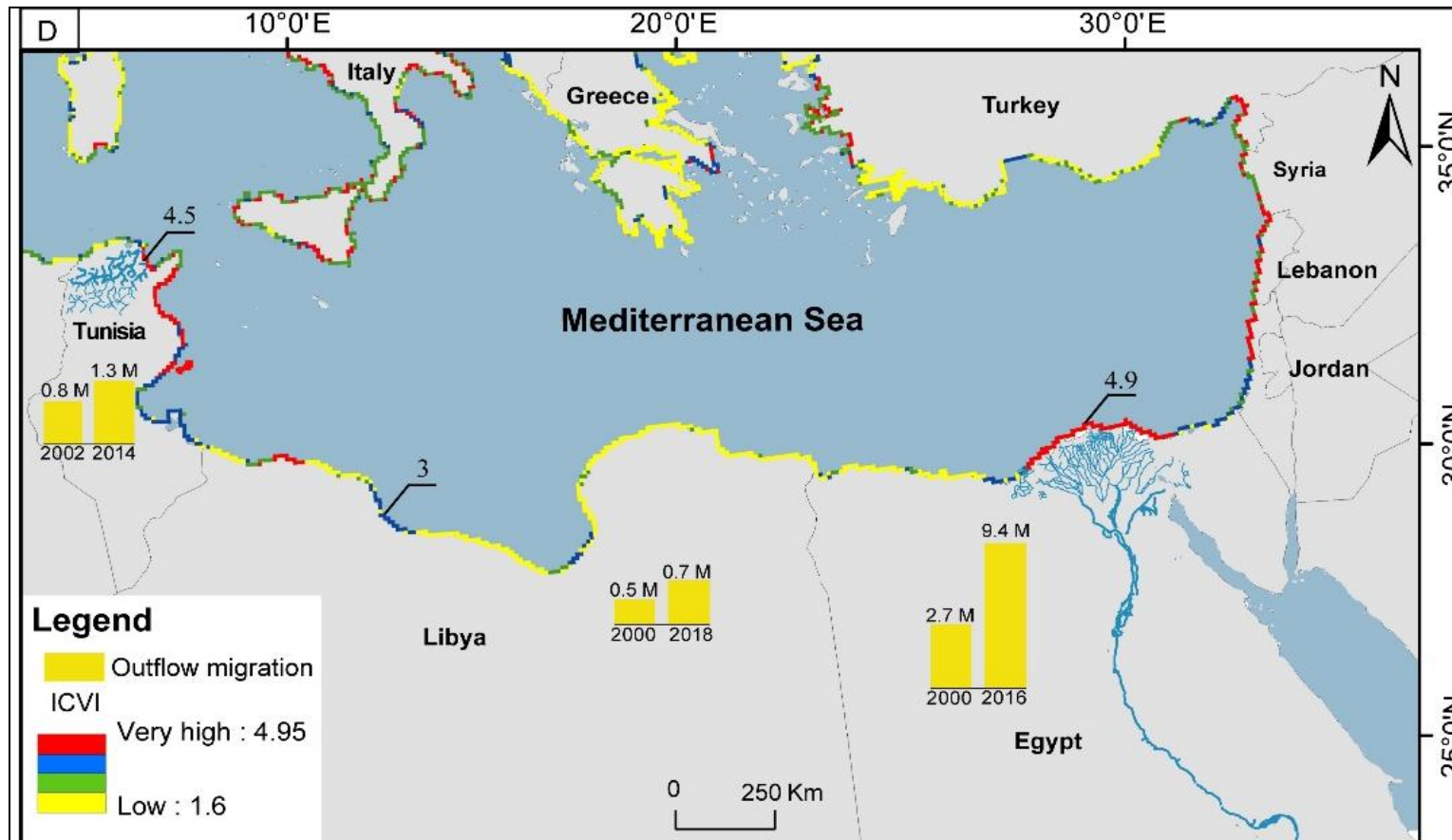
HydroSciences Montpellier



Déployer la recherche
Partager la science
Transformer l'avenir

Carrefour anthropique induisant des problèmes environnementaux, sociaux et économiques

Very High Coastal Vulnerability Index (ICVI)



- Littoral très peuplé
- Population à 70% vulnérable



1. Massive water pollution
nutrients, metals, HAPs, POPs, ...
2. Agricultural lands lost
on-coast and in-land
3. Alarming Coastal Erosion
-5 to -20 m/yr (1936-2018)

La Méditerranée : un hotspot de stress hydrique

- Région **la plus vulnérable** au changement climatique
- **Augmentation de la demande** : agriculture intensive, urbanisation, tourisme
- **Réduction des ressources** : baisse des précipitations, surexploitation, **et pollution des eaux**

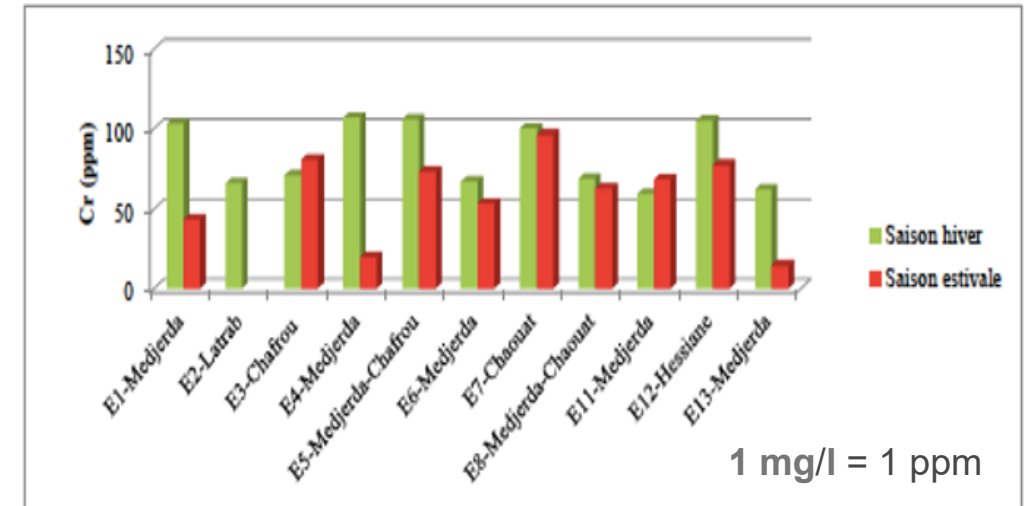
La Tunisie : un cas emblématique

- Pays semi-aride (< 400 mm/an en moyenne)
- 80% des ressources en eau mobilisées pour l'agriculture
- Vulnérabilité accrue au changement climatique
- **Stratégie nationale EAU 2050**



Massive water pollution

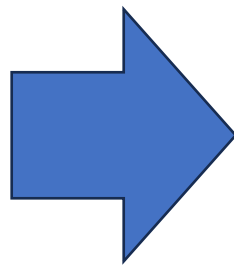
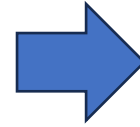
une norme de 0,1 milligramme par litre (mg/l)



Sebei A., 2017 ; Montigny & Amrouni, EMCEI, 2021

CONTEXTE 1: LA FAILLITE HYDRIQUE EN MÉDITERRANÉE

➔ Alarming Coastal Erosion and Sea Intrusion **Boumaiza et al, 2023**
-5 to -20 m/yr (1936-2018)



De la crise mondiale à l'action territoriale

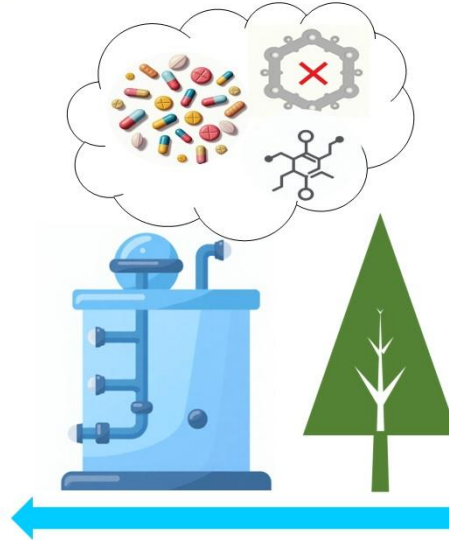
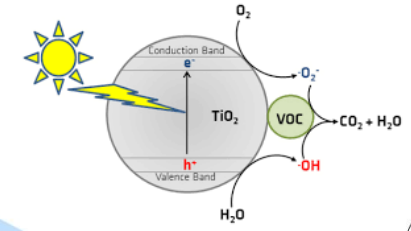
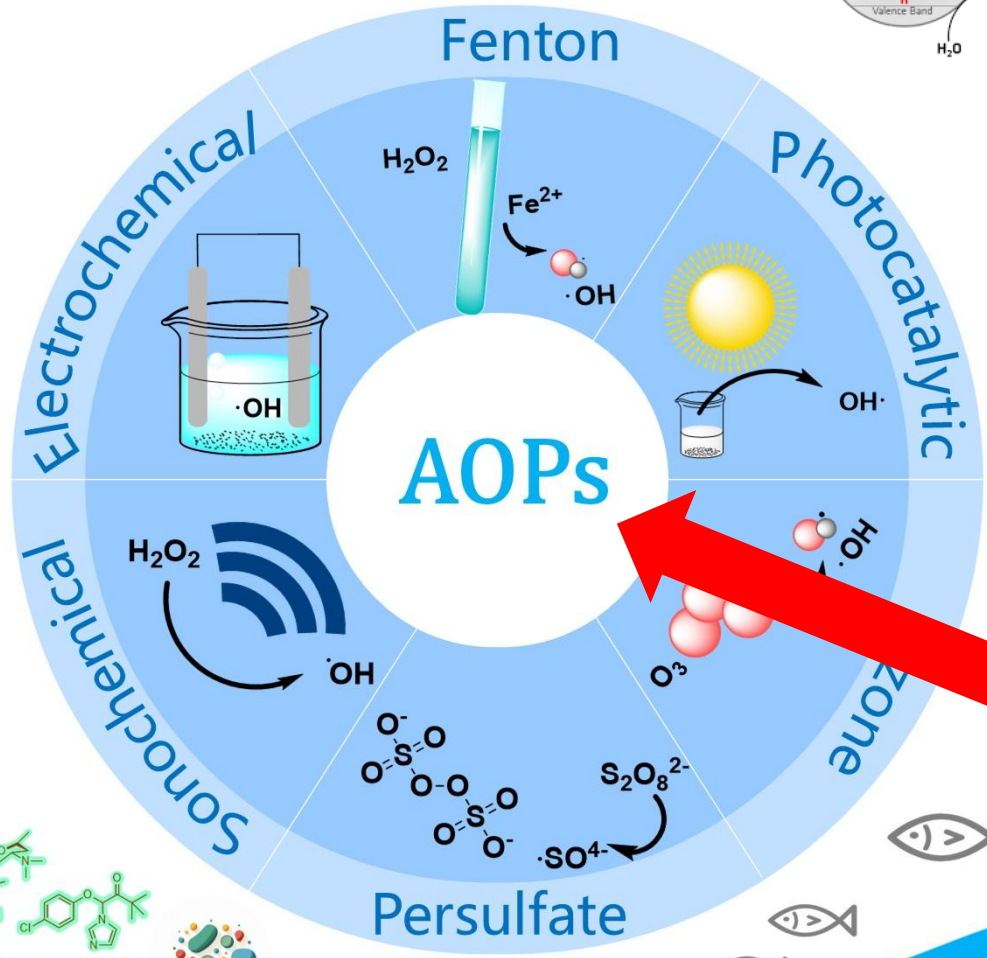
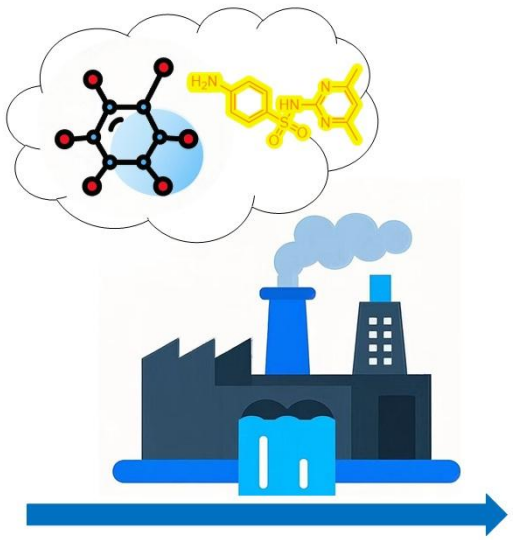
**Comment passer de ce constat global
à l'action territoriale ?**

HYPOTHESE 1 : FAIRE DU COMBAT DE LA POLLUTION UN ATOUT DE COHESION

➔ Waste for Wealth

Orange et al, 2014-2025: Concept SmartCleanGarden

➔ Aménagement territorial



Pollution

Purified water

HYPOTHESE 2 : SOLUTIONS FONDEES SUR LA NATURE SONT DES ATOUTS MAJEURS

➔ La **BIODIVERSITE** pour adresser les 6 défis sociétaux



Les 6 défis sociétaux

-  Changement climatique
-  Sécurité alimentaire
-  Approvisionnement en eau
-  Réduction des risques naturels
-  Santé humaine
-  Développement socio-économique

Comment optimiser
les **procédés d'épuration naturelle et
technologique** des **eaux usées brutes (EUB)**
pour améliorer
la **qualité des eaux usées traitées (EUT)**,
en vue d'une réutilisation environnementale
sécurisée.



Changement de paradigme : avoir une approche holistique

Les eaux usées ont une valeur nutritive



Matière organique nutritive

Les eaux usées comportent un risque



Éléments polluants

- Micropolluants minéraux et organiques
- Pathogènes humains
- Micro/Nano plastiques

Hypothèse

Les usages et pratiques peuvent être adaptés ?



Pour « contrôler » / « épurer » ?? ... via les NBS

Observatoire OMELI

*Demosite Ecohydrology Program UNESCO IHP
From January 2023*



- Title

NATURAL MITIGATION AND REMEDIATION OF WATERSHEDS AND LAGOON ECOSYSTEMS OF GHAR EL MELH, TUNISIA



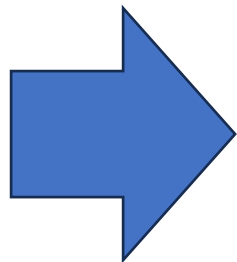
Un territoire sous pression : le bassin de la Medjerda et son littoral

Caractéristiques du fleuve Medjerda :

- Bassin versant de 23 500 km² (le plus grand de Tunisie)
- La Medjerda : 800 Mm³/an (50% des ressources en eau de surface du pays)
- 7 barrages majeurs sur le cours principal (Sidi Salem, 1981 à Testour)

Son estuaire: un système complexe (de 100 km²)

- Zone humide
- Urbanisation croissante (2 villes de 5000 hab: Ghar El Melh et Aousja)
- Agriculture intensive (céréales, maraîchage) et pêche
- Lagune de Ghar El Melh : ancien estuaire de la Medjerda
- Grande zone touristique
- Littoral menacé par l'érosion



Les multiples enjeux :

Eau - Sol - Biodiversité - Activités humaines

Une situation Historique, Culturelle et Ecologique particulière

Ghar el Melh particular interest

- A city with 3000 years of **history** (a harbor for warships BC period)
- **Currently, a special place with many stakes :**
 - **Tourism**: most popular beach of Tunisia
 - Agriculture: UNDP recognized RAMLI cultures
 - Lagoon biodiversity and coastal Fisheries
- Many pluridisciplinary studies since over 10 years
- RAMSAR humid area



Quatre défis

➤ Défi 1 : Érosion côtière et vulnérabilité du littoral

Les causes :

- Réduction des apports sédimentaires (effet des barrages en amont)
- Changement climatique (élévation du niveau marin, tempêtes plus fréquentes)



Les impacts :

- Risques d'intrusion saline
- Menaces sur les terres agricoles
- Pertes d'habitats naturels
- Salinisation des sols

➤ Défi 2 : Pollution diffuse et locale des eaux

Les causes :

- Engrais (azote, phosphore), Pesticides, Transport par ruissellement et infiltration
- Eaux usées non traitées ou mal traitées (villages et hameaux sans assainissement, rejets directs dans les cours d'eau)



Les impacts :

- Eutrophisation des eaux de surface
- Contamination de la lagune
- Dégradation de la qualité des sols
- Menace pour la biodiversité et la productivité

Quatre défis

➤ Défi 3 : Pression croissante sur les ressources en eau

Les causes : Pression anthropique & climatique

- Agriculture intensive : 80% des prélèvements
- Urbanisation rapide
- Salinisation



Stratégies OMELI: Qualité et Acceptabilité

- (Mobilisation maximale des ressources conventionnelles)
- Réutilisation des eaux usées traitées (REUSE)
- Mobilisation multi-sectorielle des acteurs

➤ Défi 4 : Conservation de la biodiversité

Les menaces :

- Pollution des eaux
- Eutrophisation
- Réduction des apports en eau douce
- Pression de pêche (dérégulation des espèces)



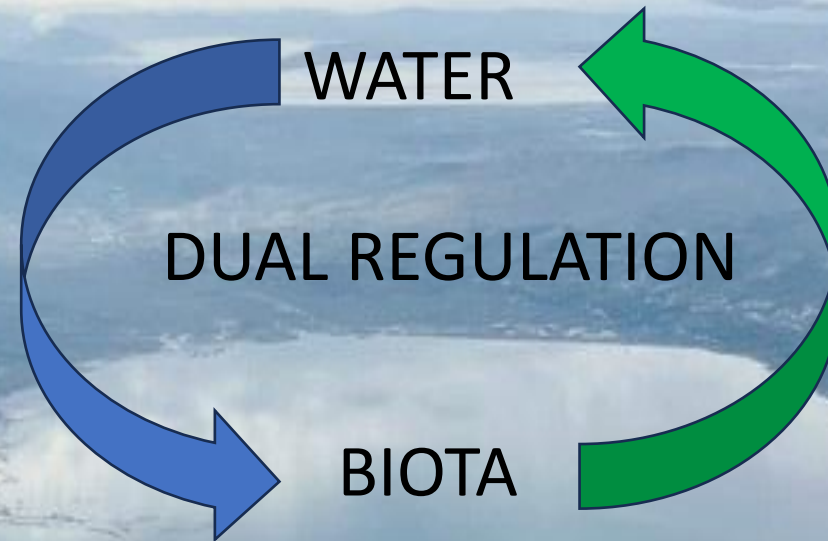
Mobiliser les Services écosystémiques

- Pêche artisanale (nursérie pour les espèces marines)
- Tourisme
- Régulation thermique
- Durabilité du territoire

Sur ce territoire, la biodiversité n'est pas qu'un enjeu environnemental, c'est aussi un enjeu économique et social.



Approche écohydrologique



Mesurer et modéliser les transferts de matières et d'énergie



Living Lab

OMELI : APPROCHE MULTISECTORIELLE DE LA GESTION DES EAUX USEES



Wastewater cycle life

Emerging contaminants

- Pesticides
- Pharmaceutical compounds
- Cosmetic products
- Hygiene products
- Surfactants
- Cleaning agents
- Industrial substances
- Heavy metals (trace elements)
- Microplastics
- **Pathogens (Biofilms)**

Human & environmental health

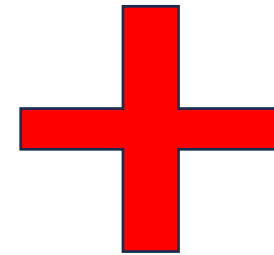


Tolerance to antimicrobials and oxidative stress

INSUFFICIENT

- Organic load and nutrients ✓
- Emerging contaminants +
- Pathogens ?

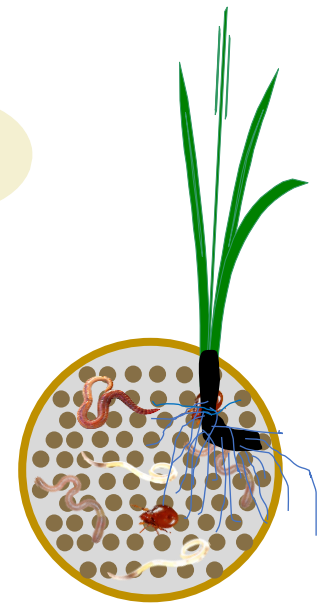
Conventional treatment



INNOVATIVE

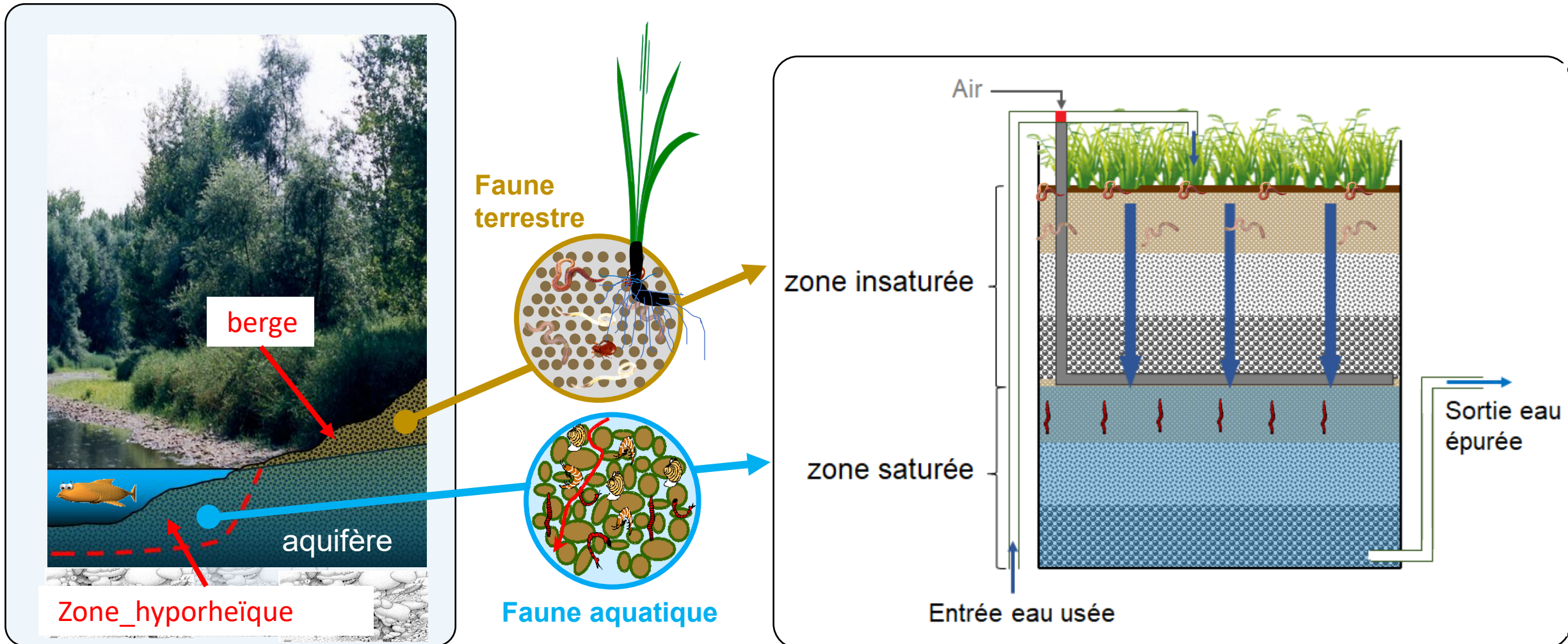
- Organic load and nutrients ✓
- Emerging contaminants +
- Pathogens ?

Non-Conventional treatment



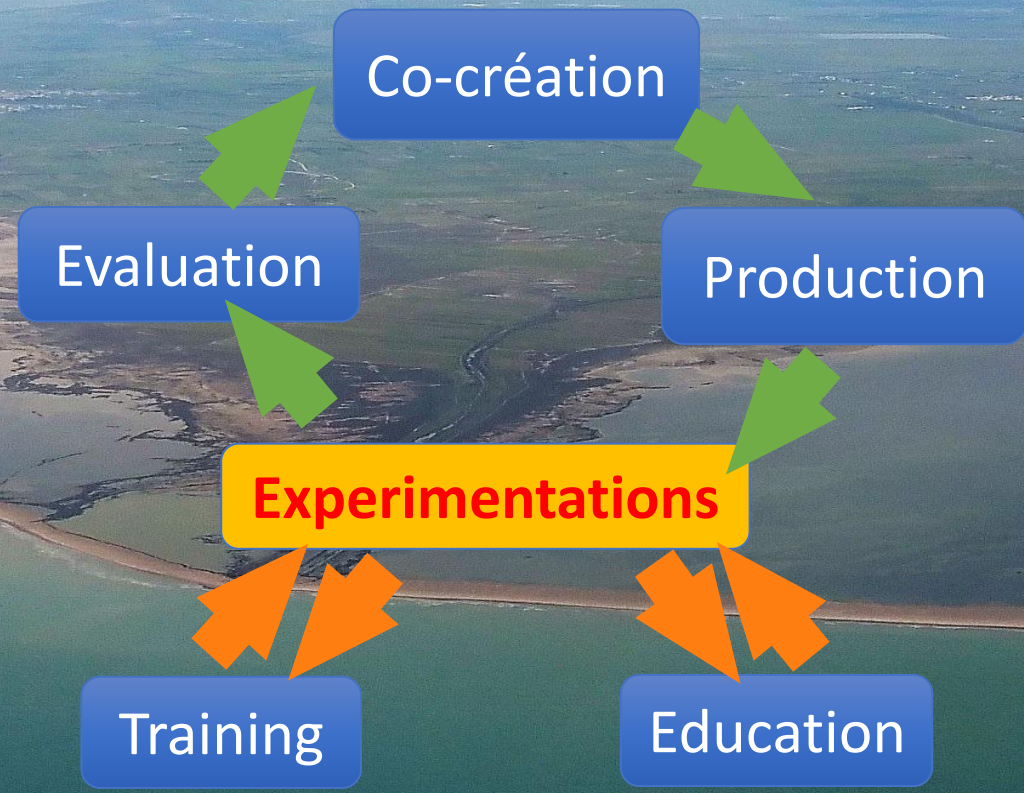
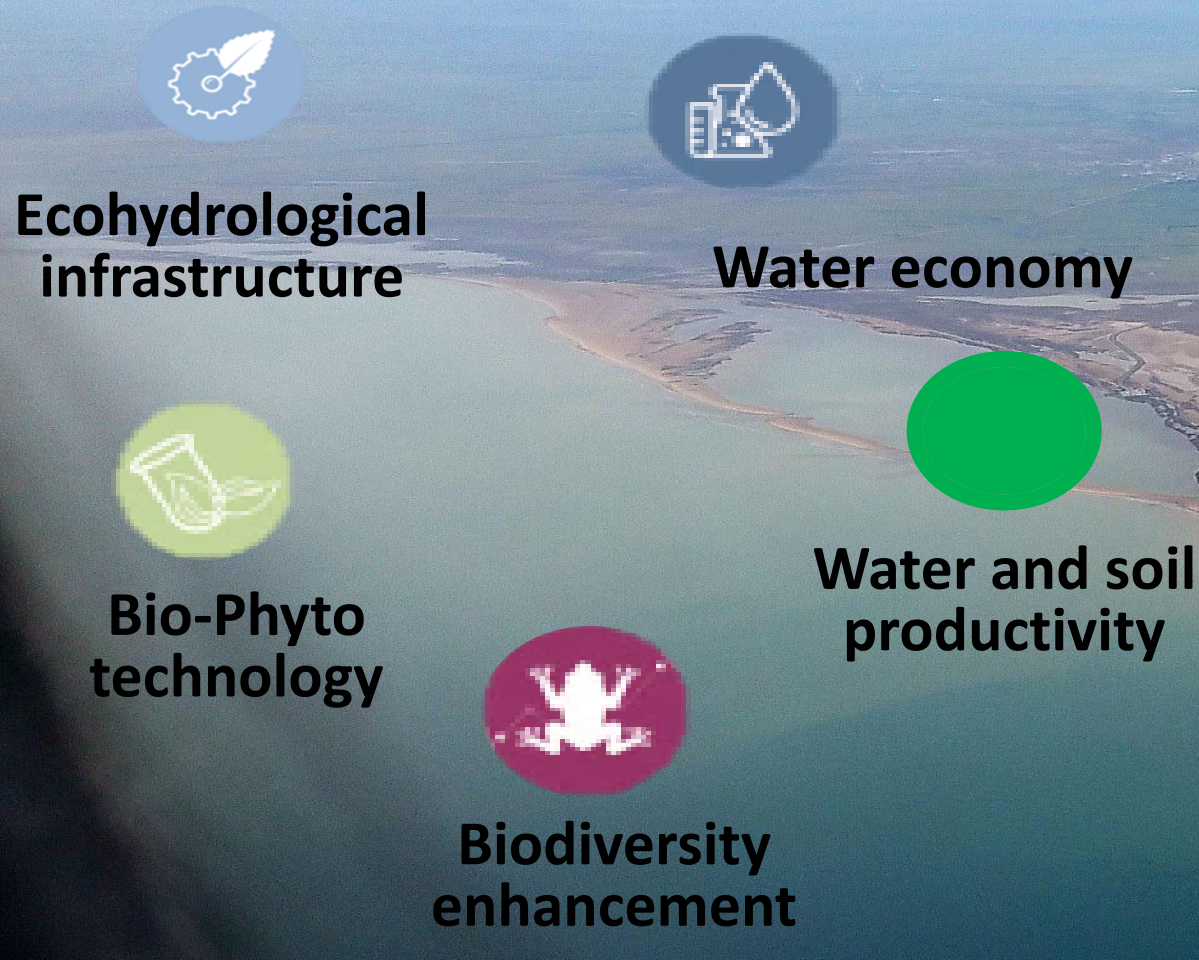
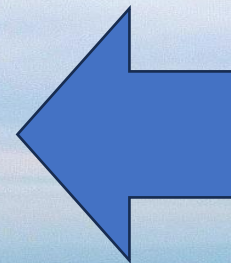
Solutions fondées sur la nature et écomimétisme

Un exemple : Filtre Planté de Macrophytes



Convert Environmental Issues to Blue Economic benefits

Living Lab

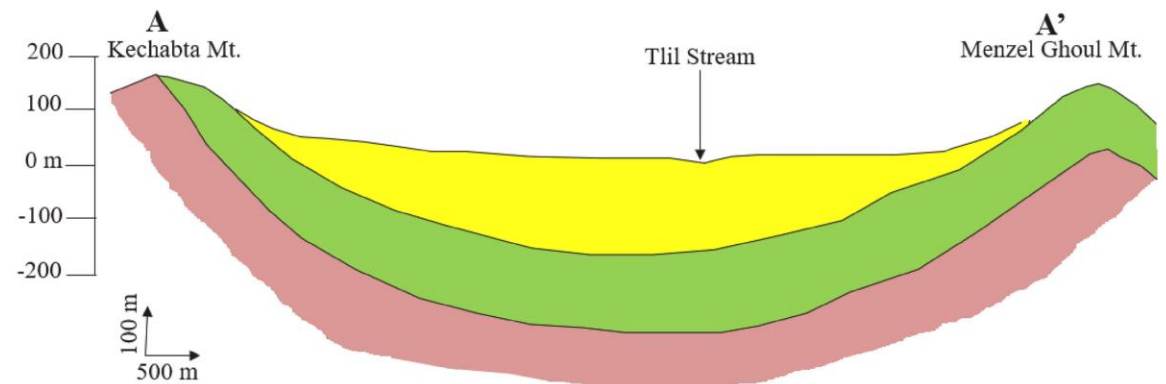
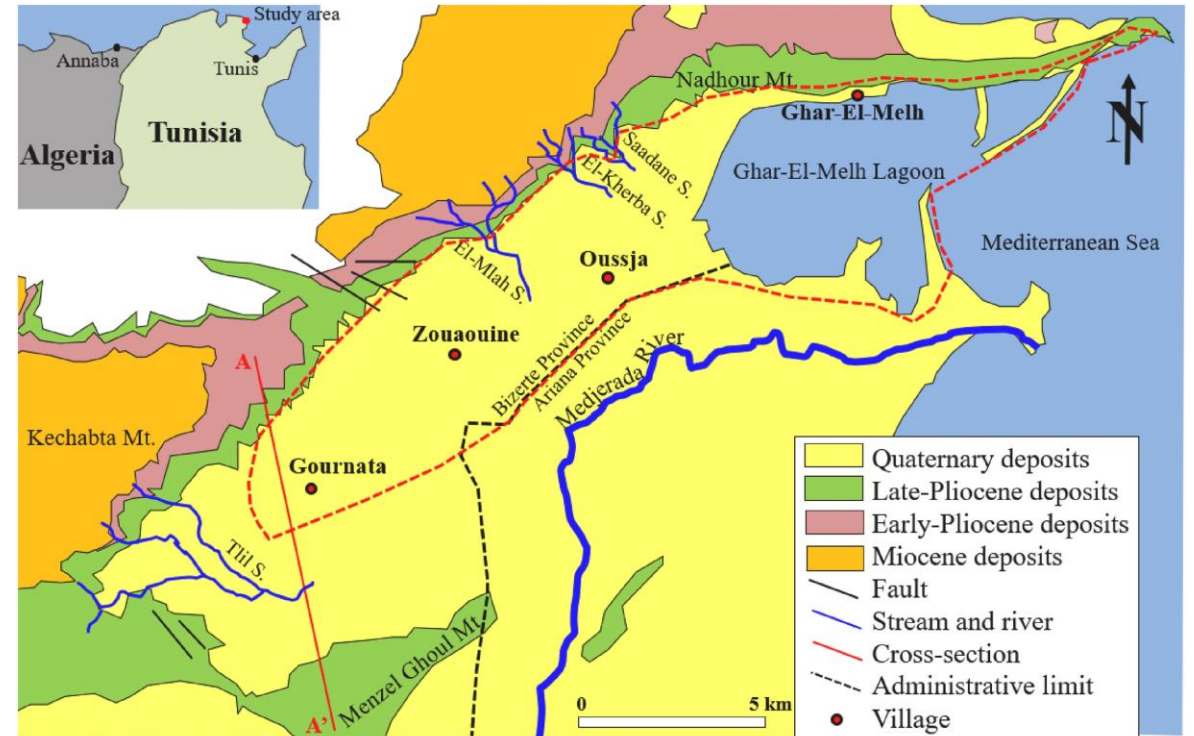


Approche territoriale à la recherche d'indicateurs de qualité environnementale

- Coast
- Lands
- Water bodies
 - in surface
 - groundwaters

Environmental indicators:

- T°, Dissolved oxygen, pH, salinity
- NO_3^- , NH_4^+ et NO_2^- , PO_4^{3-} , P_T ,
- Trace elements (Cd, As, Cu, Ni, Pb, Zn, Sn) + Pesticides + micro/nano plastics



Applications sur Sites et Rencontres

Mise en place d'un dispositif expérimental de démonstration (pilote) sur le site OMELI



La disponibilité de financements ouvre la voie à une mise en œuvre à l'échelle réelle de cette stratégie



P Pollutants & Nutrients control



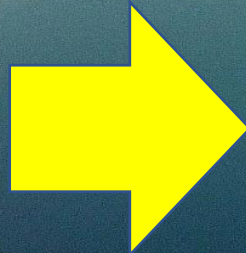
B Biodiversity & Productivity rising



S Socio-economy saving

- Water
- Energy
- Food
- Ecosystem

WEFE action



Synergies and trade-offs and that maintain the integrity and sustainability of ecosystems.



Gar El Melh lagoon, Tunisia

Conclusion (1/3)



Ecohydrology for **water economy** via **NBS & Living Lab**

- Gérer la durabilité du territoire à partir des liens fonctionnels entre biota et hydrologie
- Améliorer les processus de biorémédiation (organo-métalliques, POPs, pathogènes, microplastiques)
- Utiliser les éléments polluants comme traceurs des processus biogéochimiques et indicateurs de santé environnementale (One Health)
- Comprendre comment la biodiversité macro et micro contrôle la productivité des milieux



outputs

- Démo sur living-labs
- Approche pluri-sectorielle
- Liste de bonnes pratiques

Conclusion (2/3)



OMELI : un démonstrateur associant recherche et transfert opérationnel

Les attentes de la recherche par les ACTEURS:

Observatoire scientifique de **Long Terme** pour :

- **Comprendre** les processus hydrologiques et écologiques
- **Surveiller** l'évolution du territoire et ses ressources
- **Proposer** des solutions basées sur la nature (NBS)



- **Gestion durable de l'eau**
- **Et des territoires**

Conclusion (3/3)



Leçons apprises

- ✓ **Approche multisectorielle indispensable**
→ Impliquer tous les acteurs du territoire (recherche, institutions, société civile, opérateurs)
- ✓ **Ancrage territorial et communautaire**
→ Co-construction avec les populations locales
- ✓ **Science au service de l'action**
→ Monitoring + recherche appliquée + transfert
- ✓ **Solutions basées sur la nature**
→ Efficaces, durables, adaptées au contexte



Perspectives

- **Extension du modèle OMELI** à d'autres territoires méditerranéens
- **Renforcement des partenariats internationaux** (PRIMA, Horizon Europe)
- **Contribution à la stratégie nationale "EAU 2050"**
- **Lien recherche-humanitaire : résilience des communautés face à la crise hydrique**