

LA REUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES

- **Valentina LAZAROVA**

Médaille de l'innovation du CNRS (2014), experte internationale dans le domaine du traitement des eaux usées et de la réutilisation, elle s'est spécialisée dans la résolution des problèmes techniques de traitement des eaux usées aboutissant à l'élaboration de nouvelles technologies de traitement avancées.



LA RÉUTILISATION DE L'EAU

**Pilier de l'économie circulaire et
de développement durable**

13 octobre 2022

Dr Valentina LAZAROVA

Water Globe Consultants

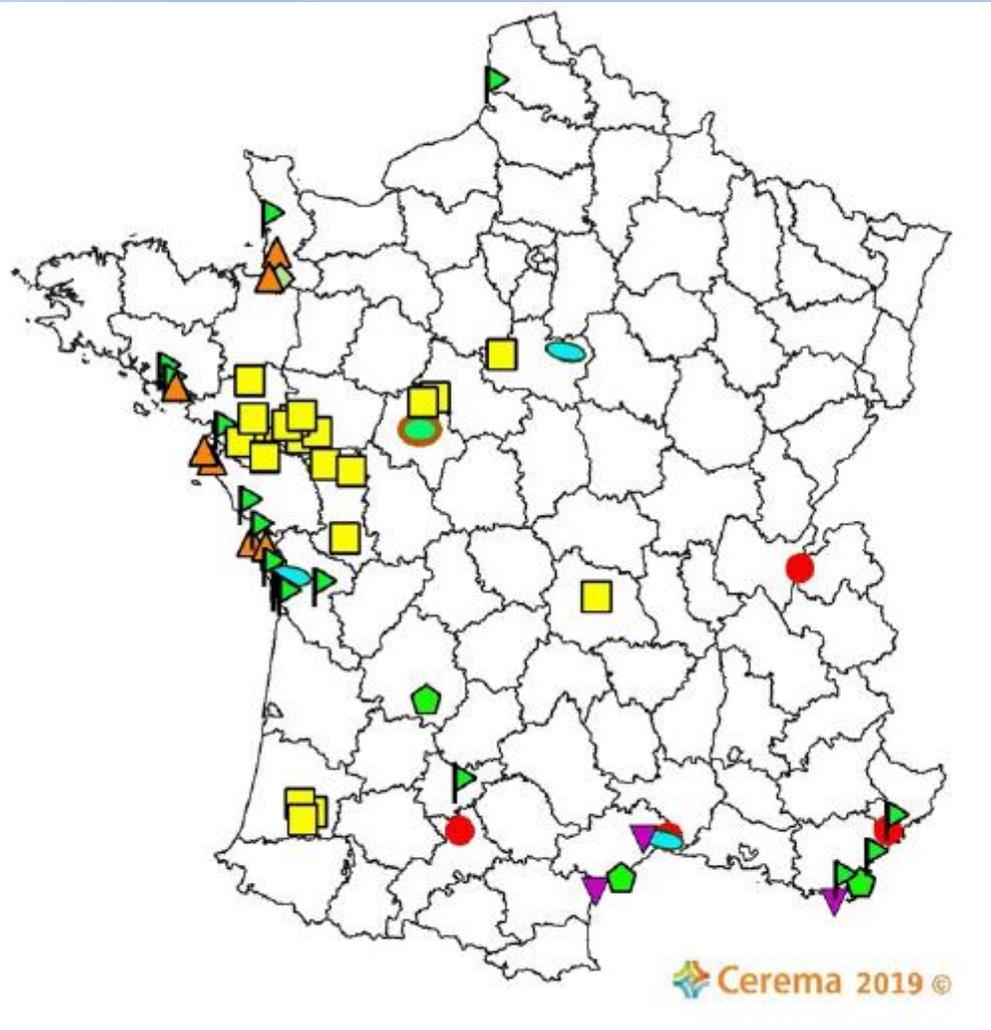




Le constat actuel en France

La réutilisation des eaux usées en France

Inventaire de CEREMA, 2019

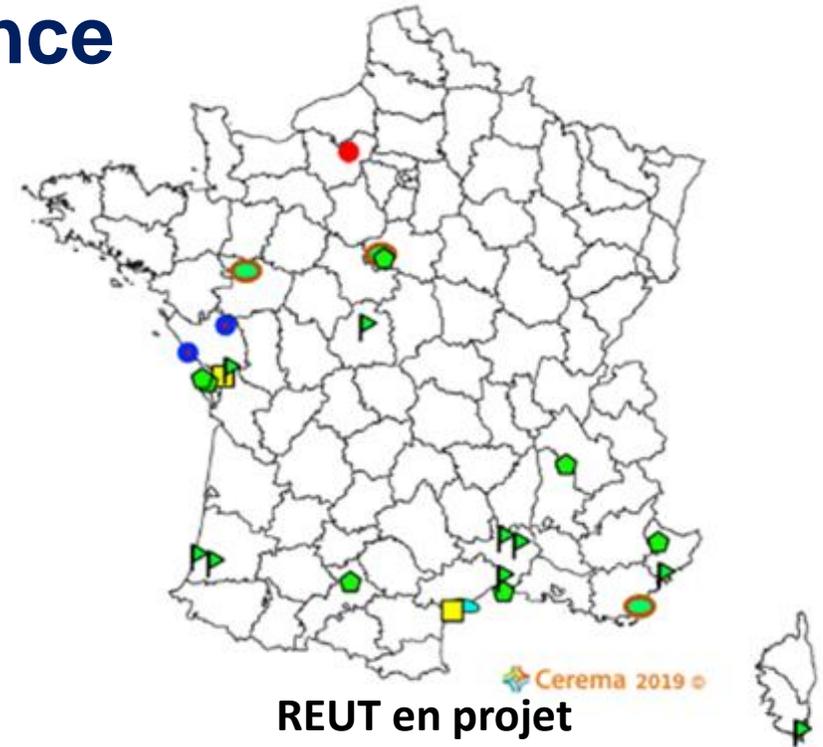


REUT en fonctionnement

REUT en fonction [58]

(hors STEU privées)

| | | |
|---|------------------|------|
| ■ | Grandes cultures | [21] |
| ◇ | Prairie | [1] |
| ▲ | Maraîchage | [7] |
| ▼ | Verger - Vigne | [3] |
| ◐ | Zone Humide | [3] |
| ▴ | Terrain de golf | [15] |
| ◉ | Hippodrome | [1] |
| ◈ | Espace Vert | [3] |
| ● | Recharge AEP | [0] |
| ● | Industrie | [4] |



REUT en projet

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/panorama-francais-reutilisation-eaux-usees-traitees-3>

- 128 cas recensés en 2017
- 58 en fonctionnement en 2019 (dont 15 golfs)
- Environ 50% en zone littorale
- Avant 2000 - dominance de l'irrigation agricole
- A partir de 2007 - essor de l'irrigation d'espaces verts et de golfs
- Une référence pour l'hydrocurage des réseaux

L'exemple de Bora Bora

Les solutions pour contourner les obstacles

- **Volonté politique** de gestion durable des ressources
- **Investissement dans des technologies avancés**
 - ↳ Traitement tertiaire par ultrafiltration
 - ↳ Capacité 600 m³/j
 - ↳ Extension par étapes
- **Partenariat public-privé**
 - ↳ Fiabilité & rentabilité
- **Diversification des usages**
 - ↳ Irrigation d'espaces verts et plans d'eau pour les hôtels de luxe
 - ↳ Protection incendie et lavage des bateaux
 - ↳ Recyclage interne STEPs & pompage
 - ↳ Chantiers de construction

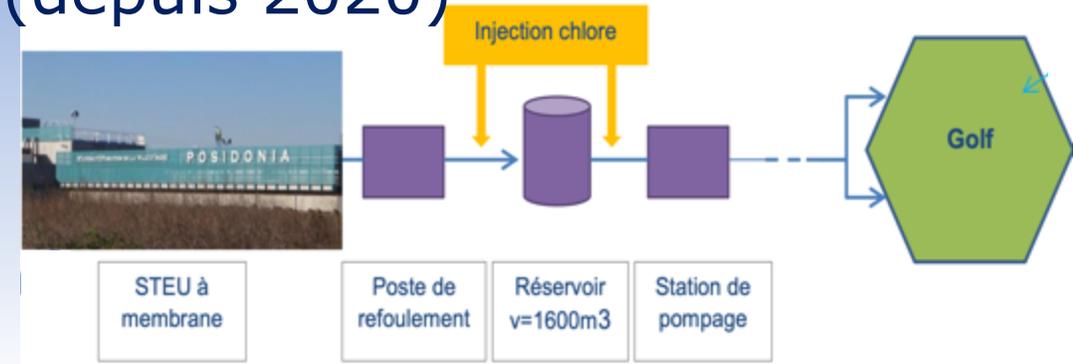


Les nouveaux projets REUT en France

Irrigation du golf d'Agde, 27 trous, 78 ha (depuis 2020)

● Filière de traitement et performance

- ✓ BRM + chloration, 52 000 EH (300 m³/h), 3800 m³/j
 - en parallèle des boues activées 174 000 EH
- ✓ Réseau de distribution de 3 km (4 tronçons, 1 de refoulement et 3 gravitaires) et stockage 2600 m³



● Coûts et bénéfices

- ✓ Coût d'investissement 5,5 M€, 80% de subventions
- ✓ Economie d'eau de 200 000 m³/an (80% des besoins)
- ✓ Economie de 3500 kg/an de fertilisants

● Défis de mise en conformité avec la réglementation EU

- ✓ Difficultés de démontrer l'abattement log, même pour les 4 log de spores et de phages (faible charge en entrée et les très faibles concentrations en sortie)
- ✓ Evaluation des risques sanitaires
- ✓ Suivi et contrôle de *Legionella* spp.





LES LEADERS MONDIAUX

L'Espagne : leader européen en réutilisation des eaux usées

- Le Plan Hydrologique (AGUA Plan) adopté en 2000 prévoit **l'usage exclusif des eaux épurées pour l'irrigation des parcours de golfs** : **>300 golfs** sont concernés
- **>408 Millions m³** par an (1,45 Mm³/j) d'eau recyclée sont utilisés pour l'irrigation des cultures agricoles, golfs et espaces verts
- Madrid satisfait 10% de la demande en eau par la réutilisation des eaux usées (4 STEPs, 250 000 m³/j d'eau recyclée, tertiaire)
- Barcelone : potentiel de réutilisation de 420 000 m³/j (traitement tertiaire)
- **Obstacle** principal : le financement et les normes très sévères



Espagne: irrigation de cultures maraîchères à Vitoria, 35 000 m³/j

- Depuis 1996 traitement tertiaire (coag/floc/filtration/désinfection)
- Irrigation de cultures à haute valeur agricole, **cultures maraîchères pour l'export**
- Aucun effet négatif sur la santé n'a été observé
- **Augmentation significative du niveau de vie des fermiers** => d'une agriculture sans irrigation (subventions EU) à une agriculture moderne (approche business)
- Construction d'un réservoir de 7 000 000 m³ uniquement pour le stockage de l'eau épurée en hiver



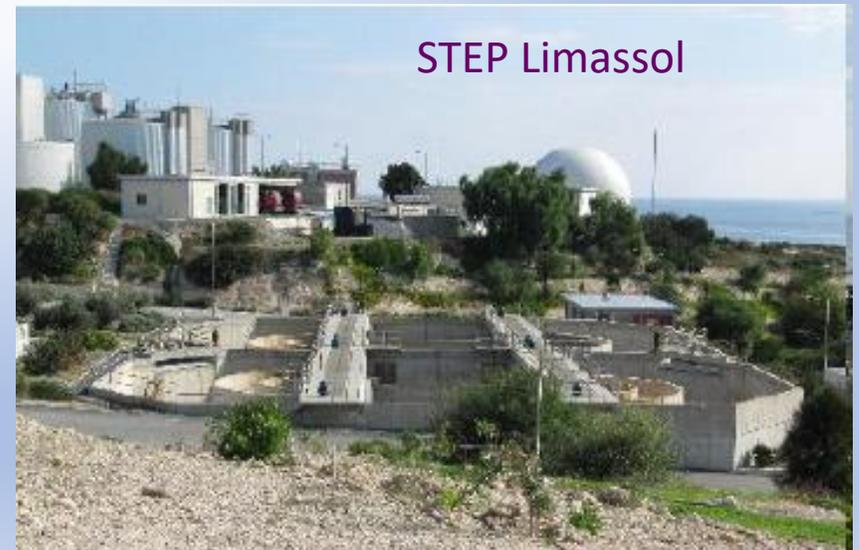
Chypre - Politique nationale de rejets zéro d'eaux usées dans l'océan

○ Réglementation et organisation institutionnelle/administrative adéquates

- ✓ Incitations financières (Capex de l'infrastructure et Opex)
- ✓ Tarification de l'eau adéquate (prix de l'eau recyclée 75% de celle de l'eau potable)

○ Bénéfices bien identifiées

- ✓ Développement économique
- ✓ Protection de l'environnement
- ✓ Préservation des ressources naturelles
- ✓ Economie d'énergie
- ✓ Gains économiques



Expérience mondiale – la Californie

Irrigation de cultures maraîchères à Monterey (depuis 1998)

- **Le jardin maraîcher** de la Californie et des Etats Unis
 - ✓ Capacité 120 000 m³/j ; réseau de distribution de 74 km
 - ✓ Irrigation de 4900 ha de cultures maraîchères consommées crues
- **Règlementation très sévère pour l'irrigation sans restrictions**
 - ✓ <2,2 coliformes totaux/100 mL et turbidité <2 NTU (2000)
 - ✓ Traitement tertiaire pour désinfection « totale » (coag/floc, filtration, Cl)
- **Contrôle des risques sanitaires**
 - ✓ **Exigences technologiques** établies à partir d'études d'évaluation des risques (sécurité sanitaire équivalente à celle de l'Australie 2006)
- **Bénéfices évalués et reconnues**
 - ✓ Meilleure solution pour **soutenir le secteur agricole** (3 milliards \$/an) et le **tourisme** (2 milliards \$/an)
 - ✓ Le marché n'a pas été affecté par le type d'eau d'irrigation utilisée
 - ✓ **Incitations économiques** - coût total de l'eau recyclée 0,24 \$/m³ et prix de vente 0,013 \$/m³ (subventions fédérales et locales)



Expérience mondiale – la Floride

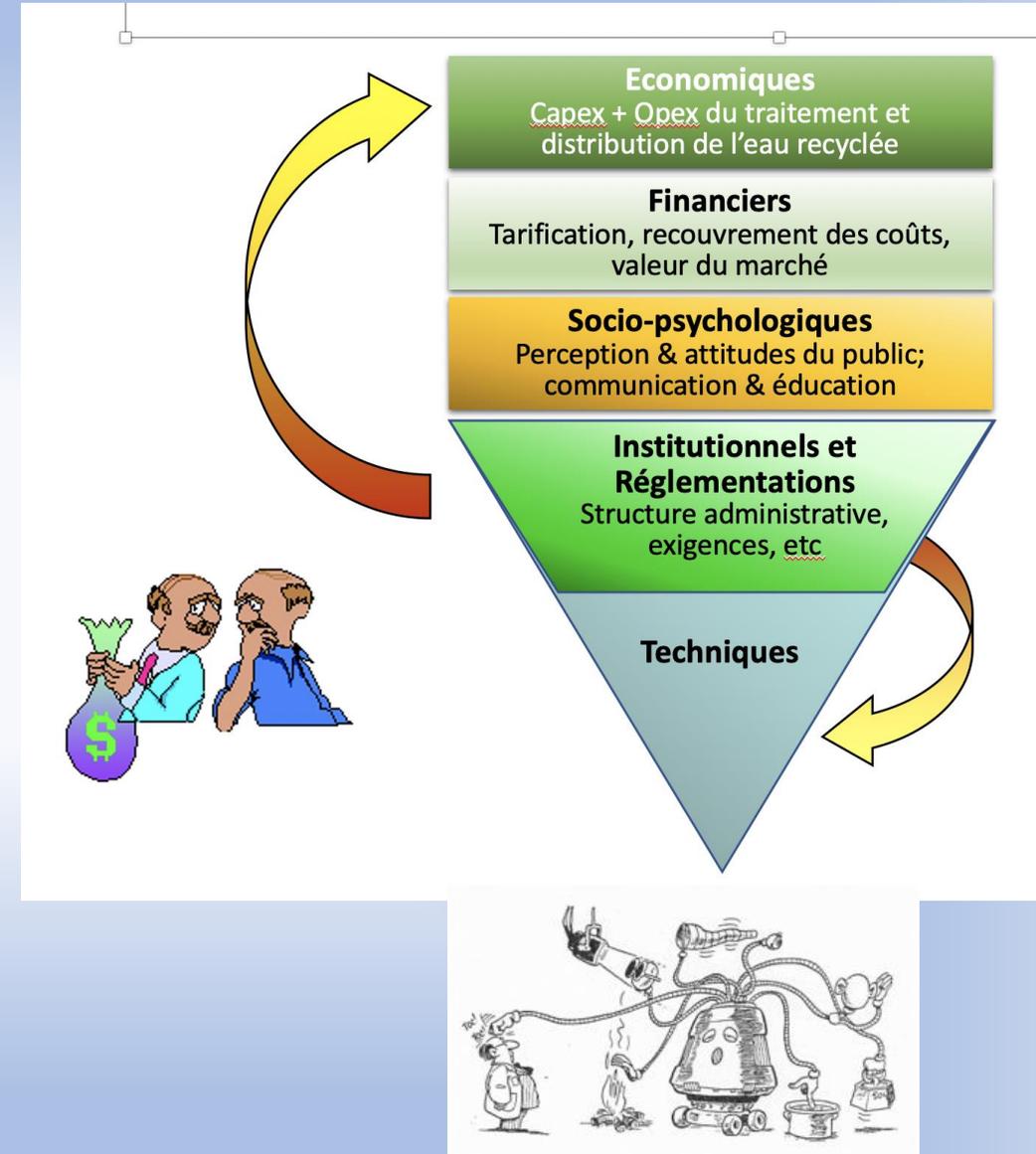
Leader mondial de la réutilisation pour l'irrigation d'espaces verts et de golfs (depuis 1980s)

- Capacité de traitement tertiaire de **9,2 millions m³/j** d'eau recyclée, e.g. **87%** de la capacité totale de traitement des eaux usées (données 2021)
- Volume des eaux usées recyclées – **3,4 millions m³/j**, dont 37% du volume total pour l'irrigation de **2727 ha de cultures** maraîchères (37% de la surface totale en irrigation agricole) et **d'espaces verts avec accès ouvert au public**
 - ✓ **512 golfs** (équivalent à 75% de la demande en eau d'irrigation)
 - ✓ **533 286 espaces verts résidentiels** (40% de la demande)
 - ✓ **1160 parcs** et **405 écoles** (60%)
- Exigences réglementaires et contrôle des risques sanitaires
 - ✓ Niveau le plus élevé de désinfection - assuré à l'aide d'un traitement tertiaire par filtration plus désinfection (chloration ou désinfection UV)
 - ✓ Coliformes fécaux **en dessous de la limite de détection** dans **75% des échantillons** sur 30 jours (max 25 CF/100 mL)
 - ✓ Concentration max des matières en suspension 5 mg/L
 - ✓ Contrôle stricte des interconnexions
 - ✓ Chlore résiduel de 1 mg/L dans le réseau urbain

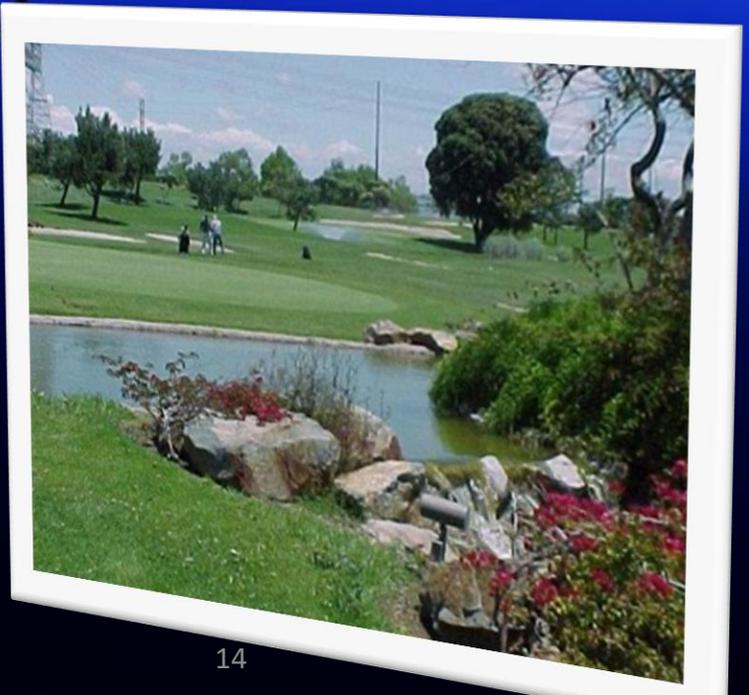


Points clés du développement de la réutilisation de l'eau

- La réutilisation de l'eau – une tendance mondiale de valorisation de l'eau et de l'assainissement avec des solutions locales
- La réutilisation de l'eau – le métier d'assainissement du futur (économie circulaire)
- La France a été le leader européen les années 1980s-1990s avec actuellement un recul important malgré les décisions politiques et les nouvelles réglementations
- L'obstacle majeur - la réglementation, les démarches administratives contraignantes et l'absence d'incitations



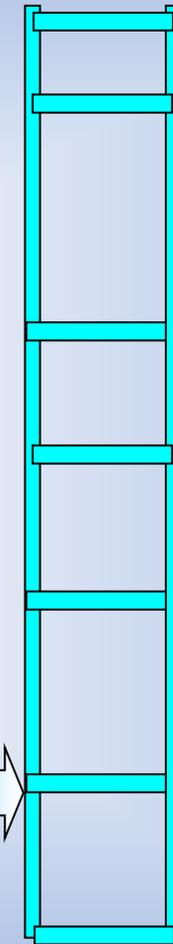
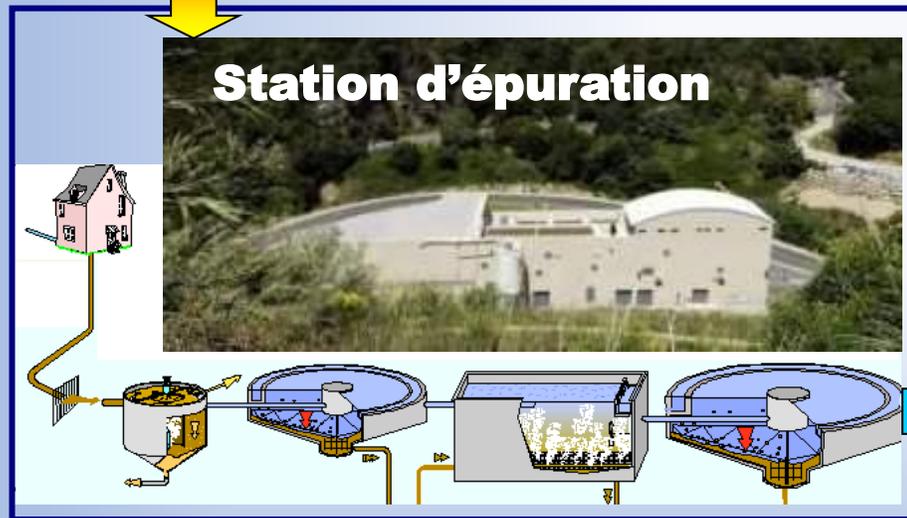
LES FILIÈRES DE RÉUTILISATION DE L'EAU



Qu'est ce que la réutilisation des eaux épurées (REUT)?

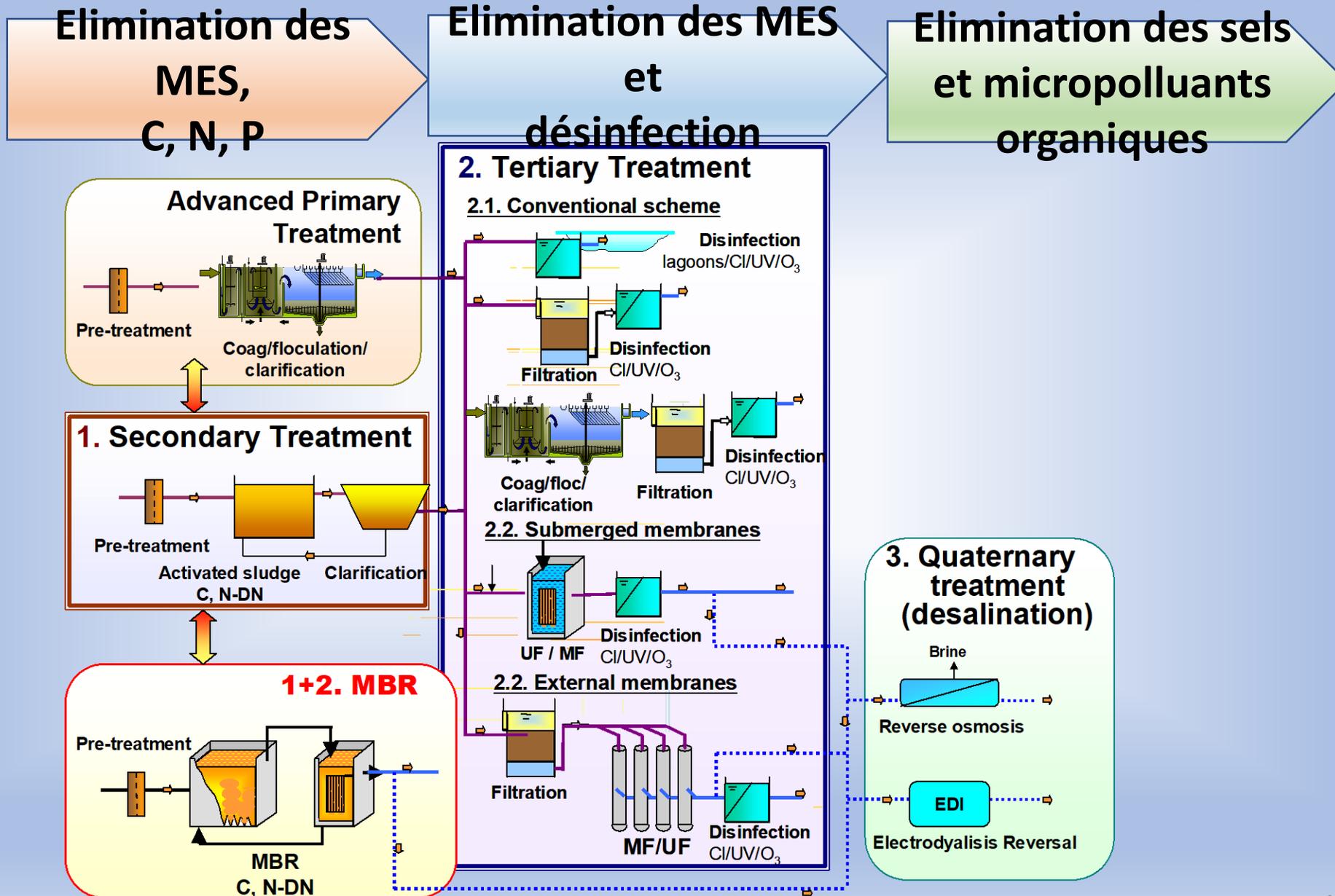
Définition ISO NF 20670

« Utilisation des eaux usées traitées en vue d'un usage bénéfique » eau de distribution



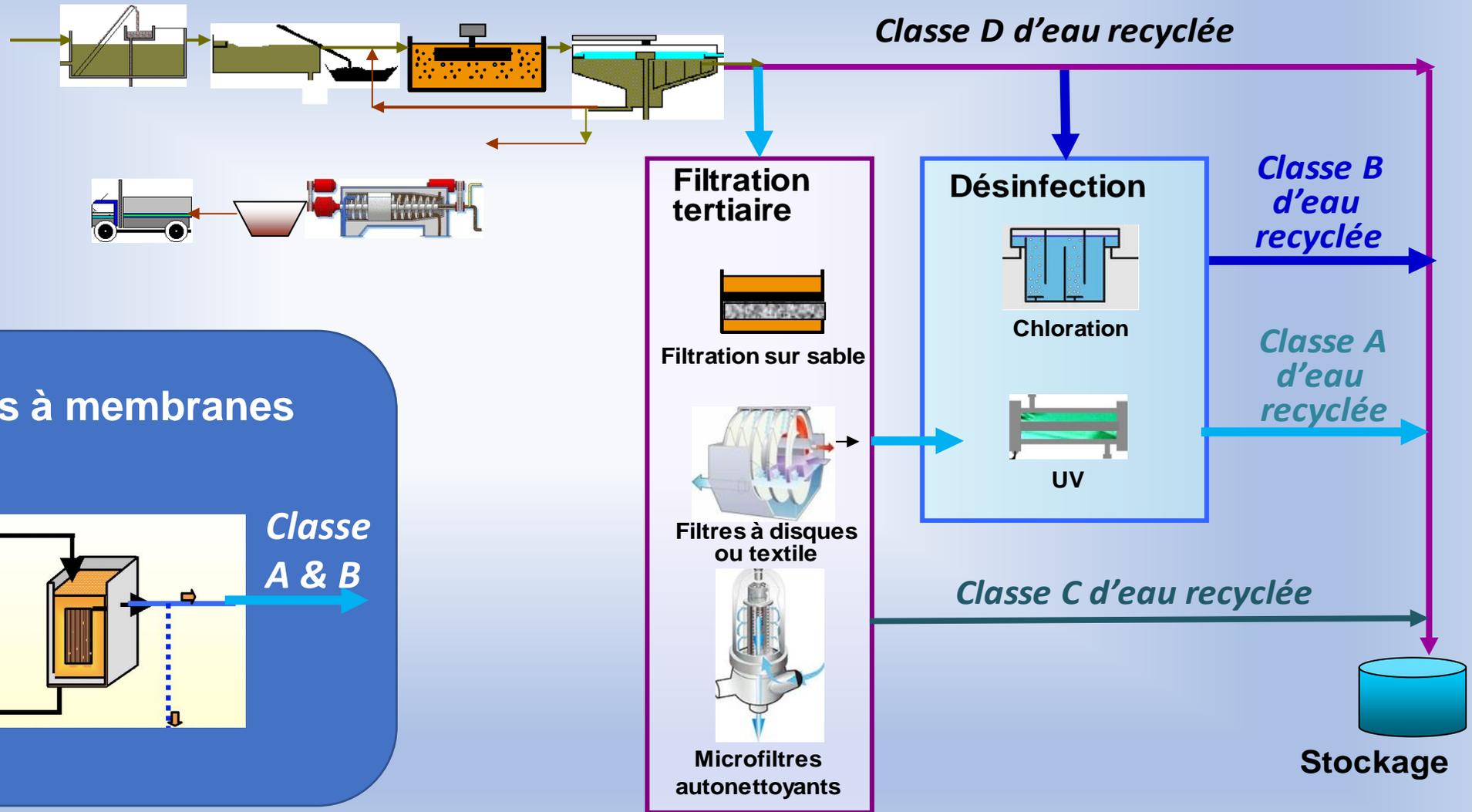
Réseau de distribution

Filières de traitement : Production d'eau recyclée adaptée à l'usage

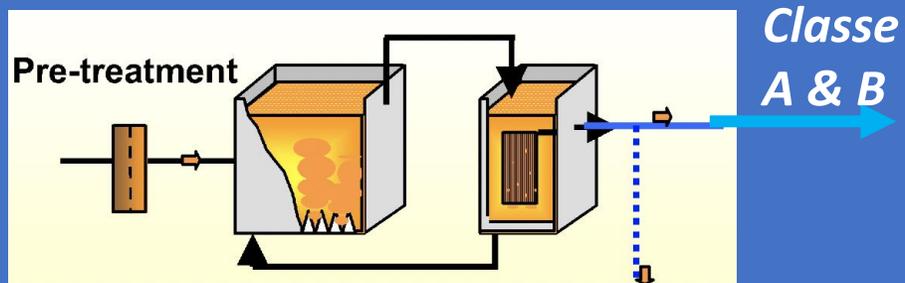


Affinage supplémentaire des effluents secondaires

1. Boues activées



2. Bioréacteurs à membranes BRM



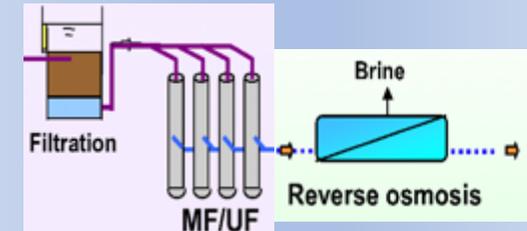
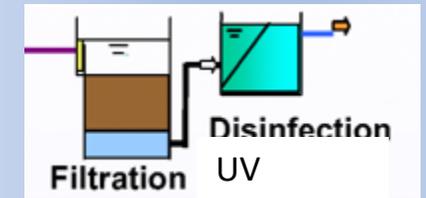
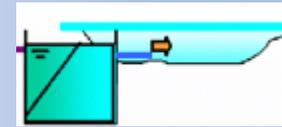
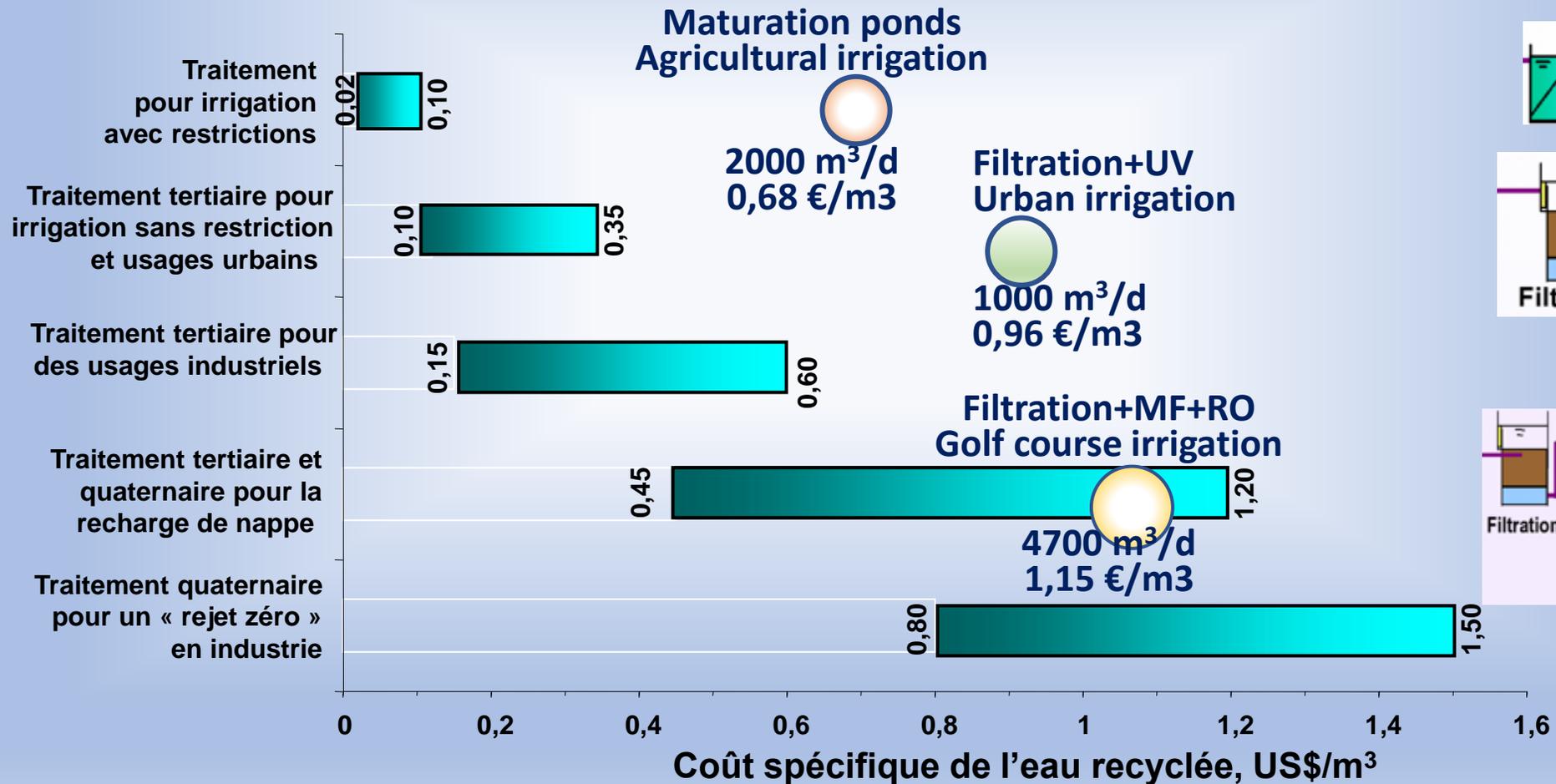


LES COÛTS DE LA RÉUTILISATION DE L'EAU

Les défis majeurs de la réutilisation

Le vrai prix de l'eau

- Coûts typiques de l'eau recyclée

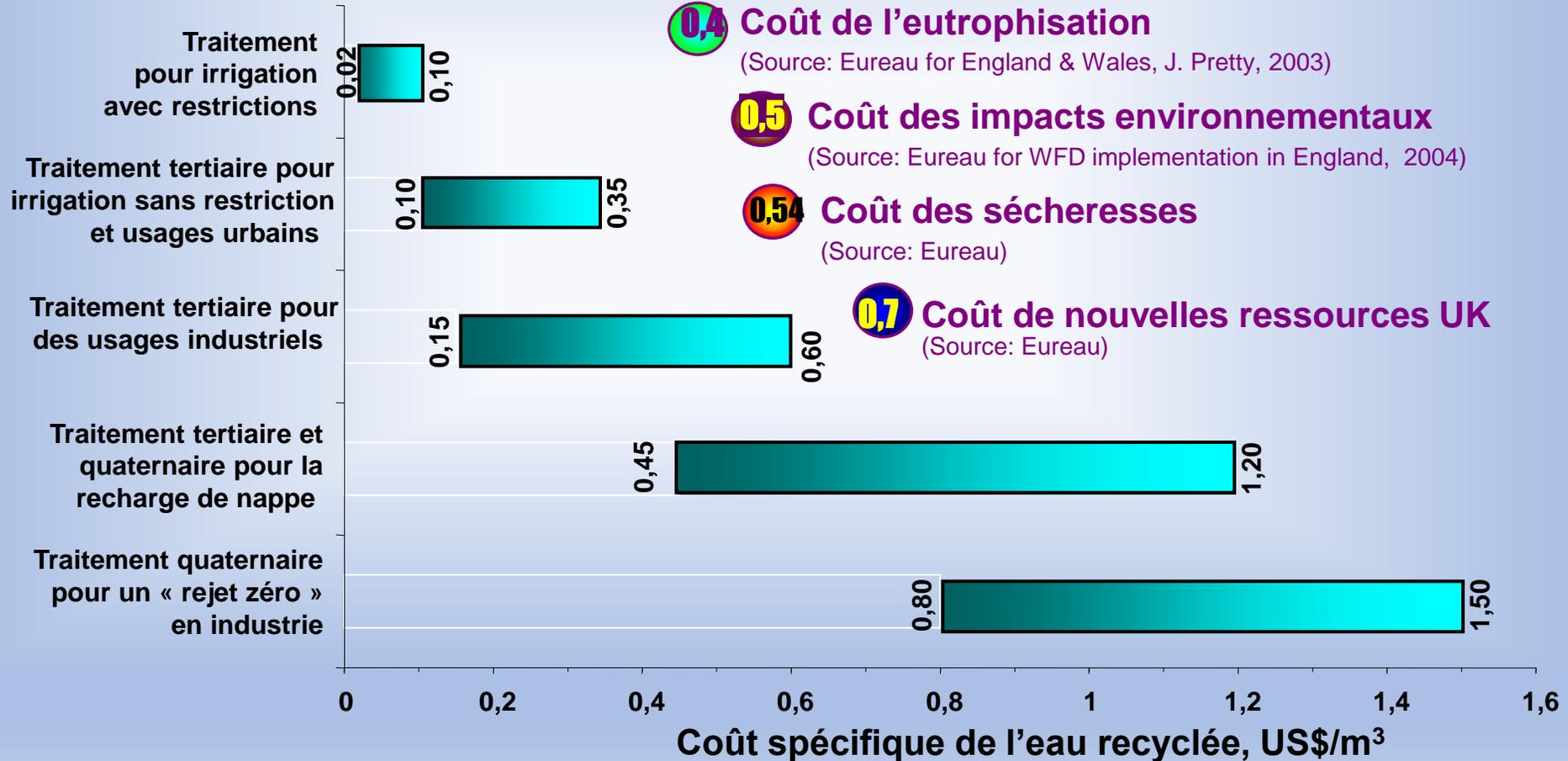


Les défis majeurs de la réutilisation

Le vrai prix de l'eau

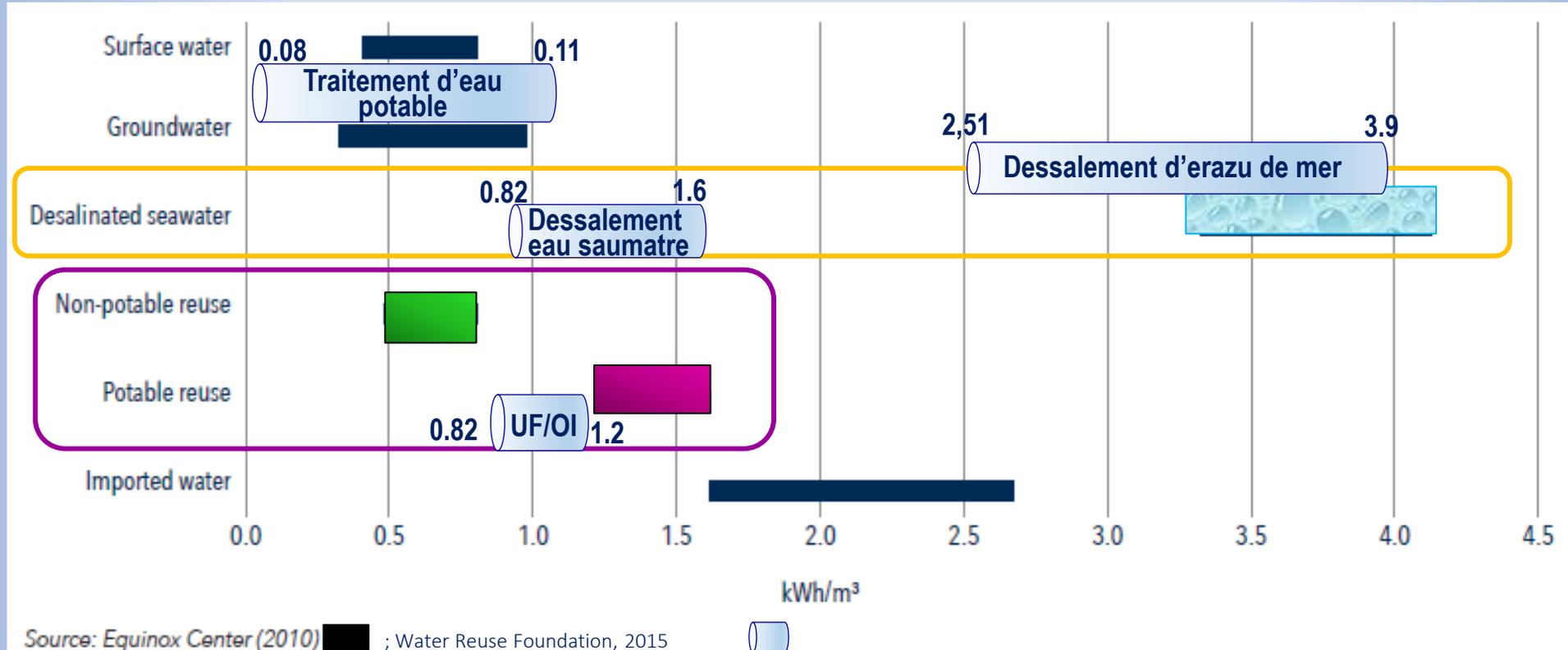
- Coûts typiques de l'eau recyclée

- Exemples de coûts environnementaux



Un cycle de l'eau durable?

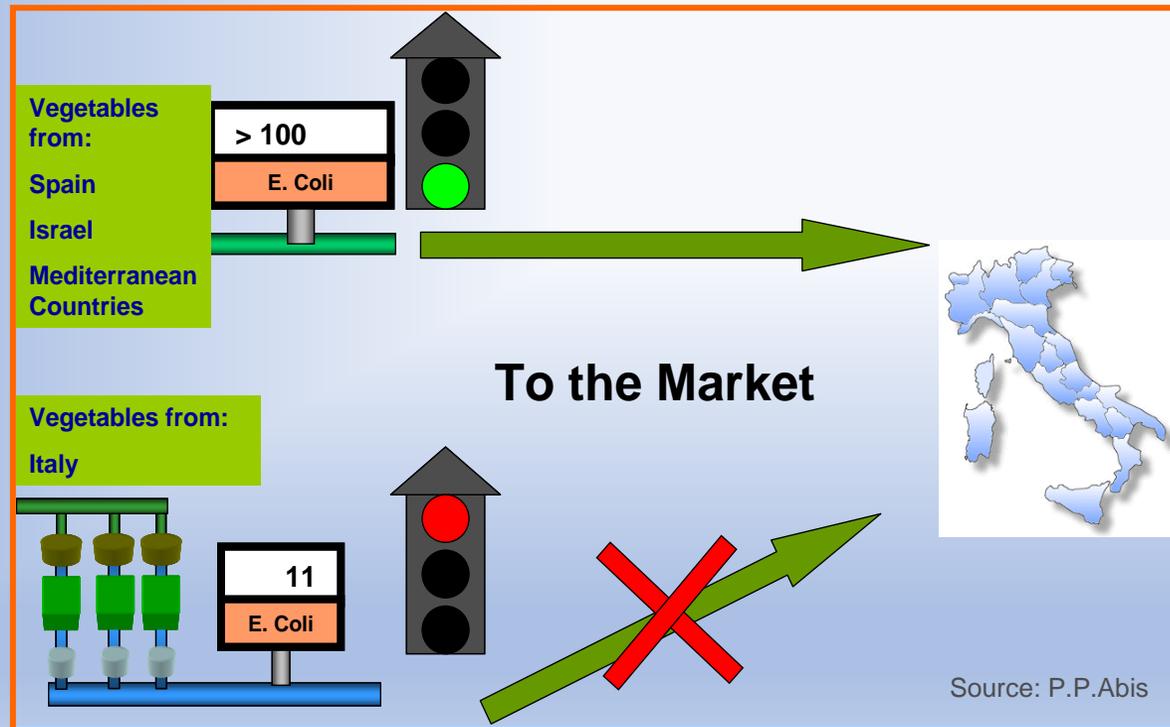
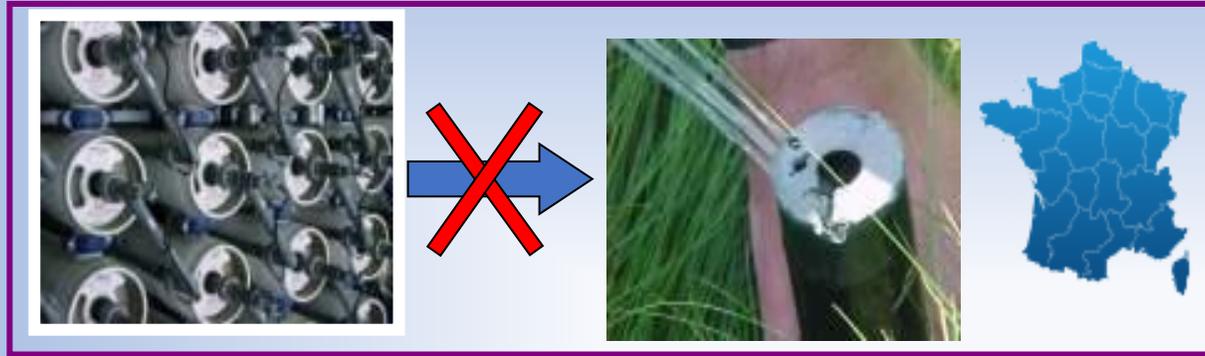
Comparaison de la consommation énergétique de différentes sources d'eau





**Cadre Réglementaire
et Politique de l'Eau**

Points clés de la réglementation de la réutilisation de l'eau: le Paradoxe Européen



Source: P.P.Abis

Le cadre réglementaire français

Arrêté du 25 juin 2014 (reprise de 2010)

| Catégorie eau | A Sans restriction | B Sauf produits consommés crus | C Pépinières, céréales, arboriculture sans aspersion | D Forêts sans aspersion |
|---|-----------------------|--|---|-------------------------------|
| MES mg/L | < 15 | Conforme à la réglementation des rejets d'EUT pour l'exutoire de la STEP hors période d'irrigation | | |
| DCO mg/L | < 60 | | | |
| <i>E. coli</i> UFC/ 100mL | ≤ 250 | ≤ 10 000 | ≤ 100 000 | — |
| Suivi : | 1/semaine | 1/15 jours | 1/mois | 1/mois |
| Entérocoques fécaux (abattement en log) | ≥ 4 | ≥ 3 | ≥ 2 | ≥ 2 |
| Phages ARN F- spécifiques (abattement en log) | ≥ 4 | ≥ 3 | ≥ 2 | ≥ 2 |
| Spores bactéries anaérobies sulfito- réductrices (abattement en log) | ≥ 4 | ≥ 3 | ≥ 2 | ≥ 2 |

Performance de la filière de traitement (suivi 1 fois chaque 2 ans au lieu du suivi annuel de 2010)

Le cadre réglementaire français

Le décret N° 2022-336 du 10 mars 2022

- Définit les modalités d'encadrement pour les nouveaux usages des eaux usées traitées
 - Usages interdits : Alimentaires, hygiène du corps et du linge, agrément (piscines, etc.)
 - Les mêmes 4 classes de qualité A, B, C et D
- Un unique dossier pour le producteur et l'utilisateur des eaux usées traitées
- Arrêté préfectoral de durée maximale de 5 ans
- Procédure d'autorisation
 1. Dossier d'autorisation – lettre de demande, description détaillée du projet, évaluation des risques sanitaires et environnementaux, modalités d'autosurveillance, données financières du projet
 2. Instruction du dossier - Avis du CODERST (max 2 mois), consultation de la commission locale de l'eau (CLE), Avis de l'Agence Régionale de Santé (ARS) avec possibilité de saisie de la cellule d'intervention de la région, voire de l'agence nationale de la sécurité sanitaire de l'environnement, de l'alimentation et du travail (2 à 4 mois de délai)
 3. Arrêté d'autorisation sous 6 mois, si non refus implicite – origine des ERU, qualité de l'eau et des boues, modalités de mise en œuvre, de suivi et d'autosurveillance
 4. Rapport annuel d'activité soumis au CODERST
- Objectif - inciter de nouveaux projets
- Impact potentiel - limité par les contraintes administratives, techniques et financières de ce type de projets

Les défis technico-économiques, énergétiques et sanitaires

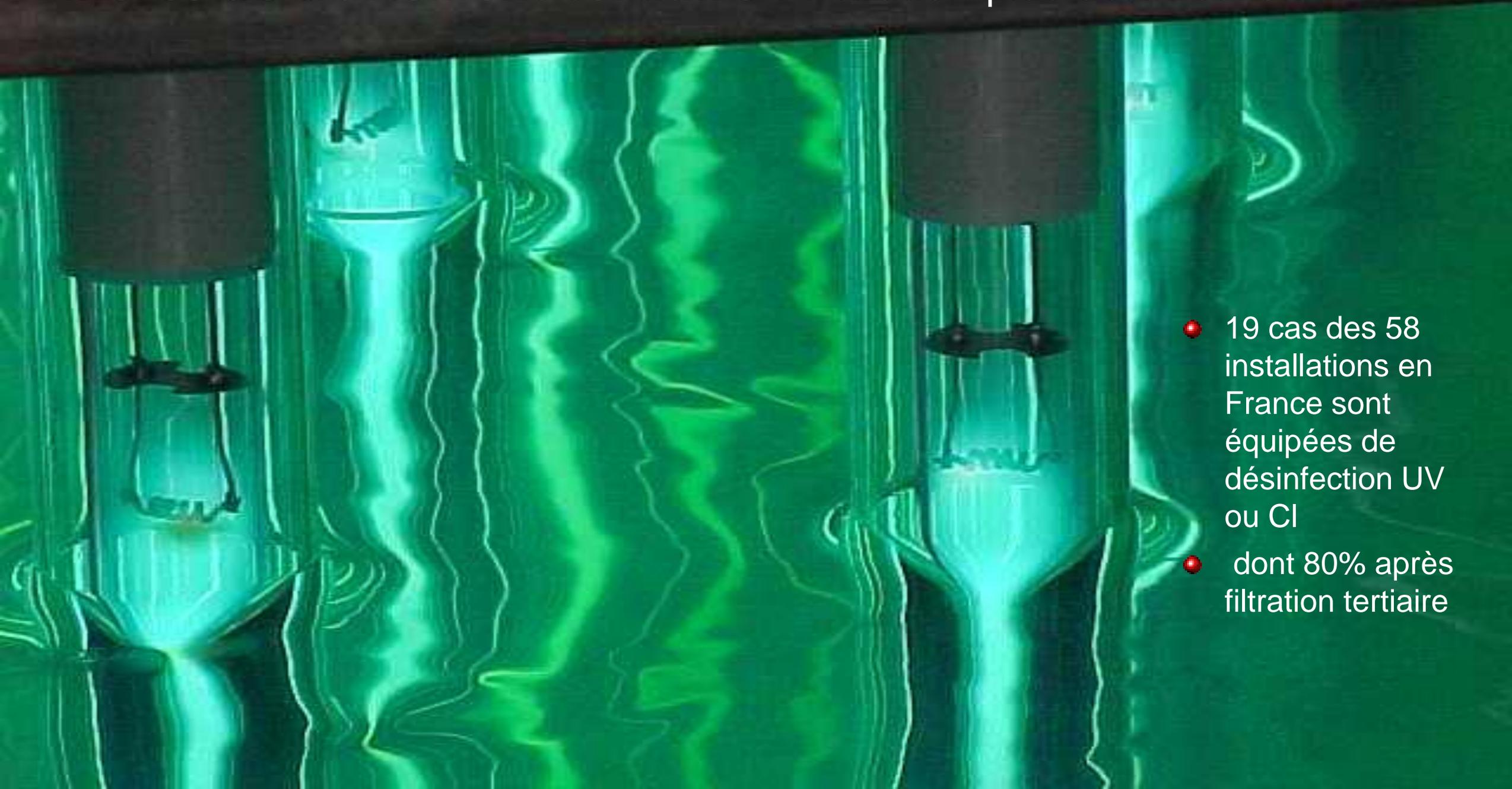


Filières de traitement tertiaire : Lagunage

- 25 installations des 58 recensés en 2019 par CEREMA
- 50% (13 cas) utilisent uniquement des lagunes de maturation pour désinfection et stockage

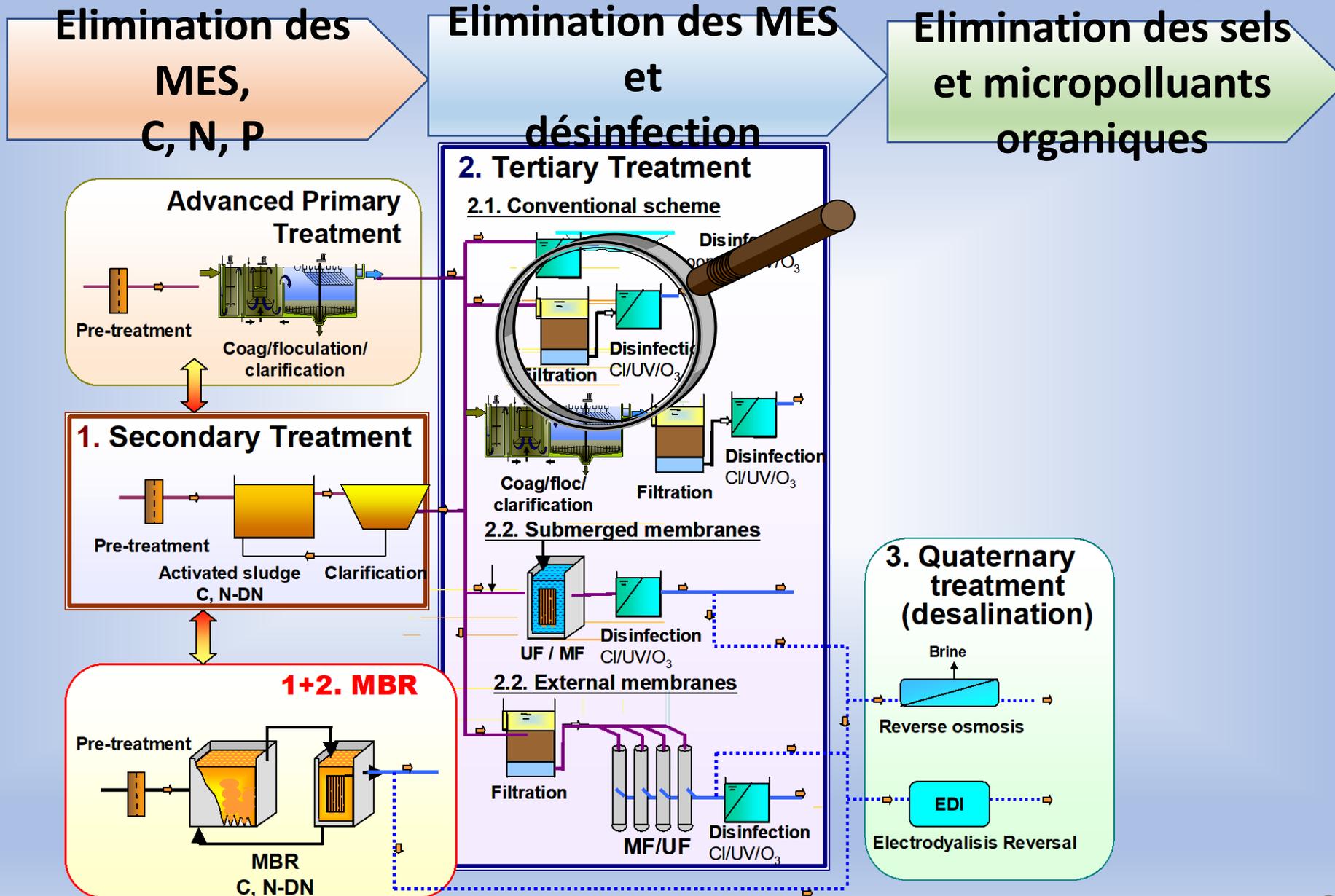


Filières de traitement tertiaire : Filtration plus désinfection



- 19 cas des 58 installations en France sont équipées de désinfection UV ou Cl
- dont 80% après filtration tertiaire

Filières de traitement : Production d'eau recyclée adaptée à l'usage



Mise en conformité des projets existants

Irrigation du golf Sainte Maxime, 18 trous, 65 ha (depuis 2006)

La Charte Nationale Golf et Environnement : bénéfices reconnues

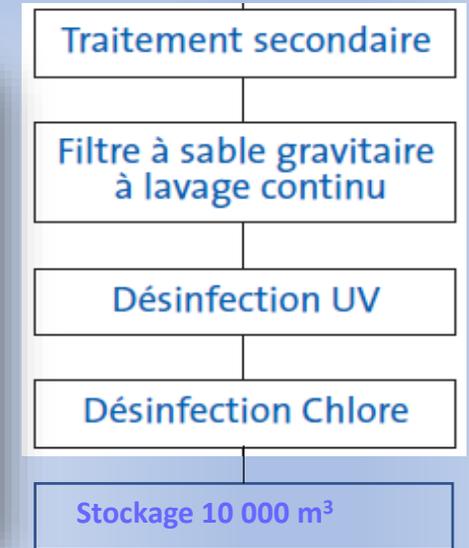
- Economie de 12% d'eau potable
- Diminution de 20% des fertilisants

Solutions mise en œuvre

- Traitement tertiaire de 2000 m³/j (23% de la capacité totale de la station d'épuration)
- Partenariat public-privé et subventions du Conseil Général et de l'AERMC
- Réduction du prix de l'eau du golf pour compenser les investissements réalisés (~1,6 M€; réseau 3,6 km)

Défis de mise en conformité

- La filière de traitement est conforme, mais difficile de démontrer les abattements log
- Evaluation des risques sanitaires
- Suivi et contrôle de *Legionella* spp.



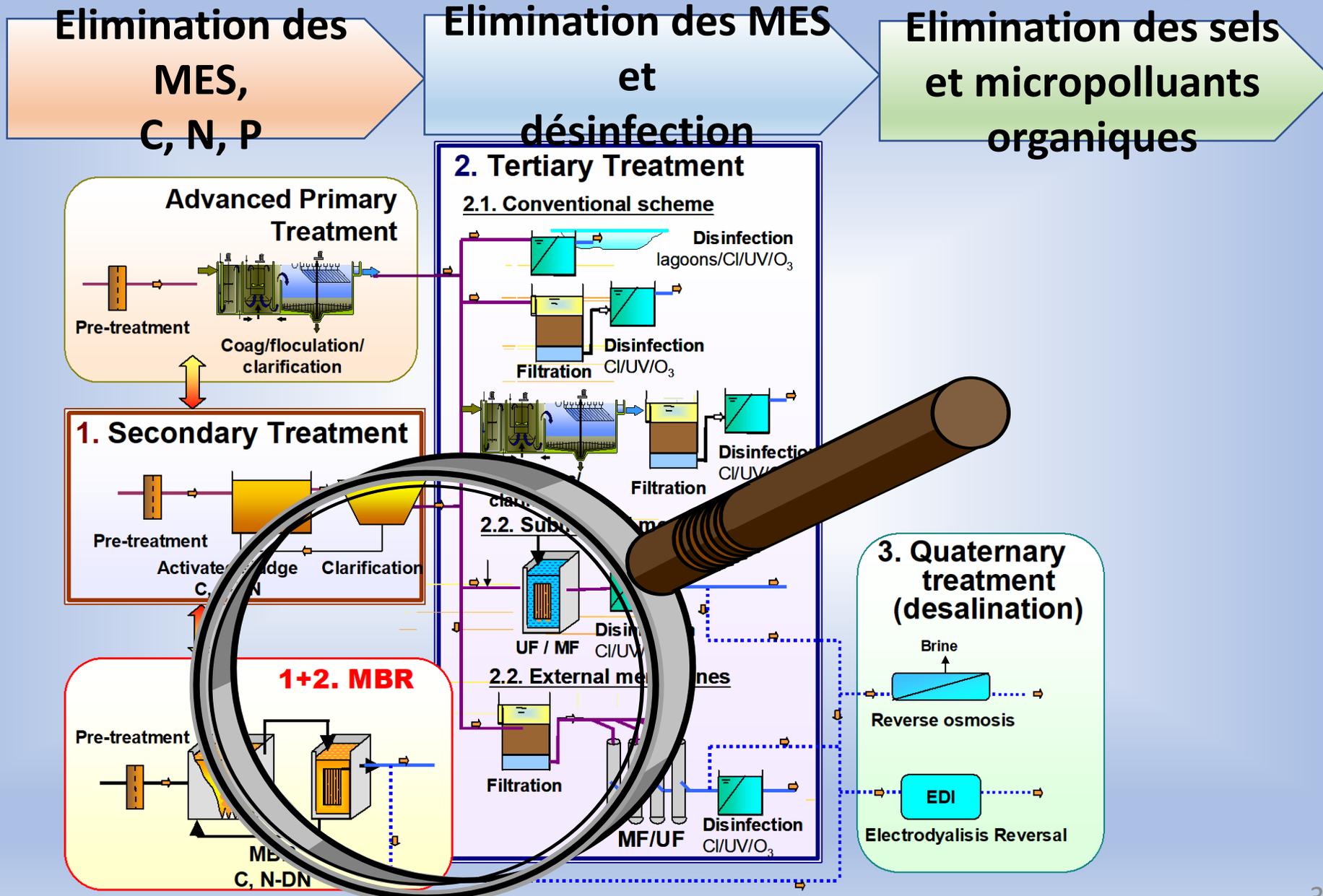
| | Avant 2007 | Après 2007 avec reuse |
|---|---|--|
| Apport en eau | Irrigation (eau potable) ~ 280 000 m ³ Pluviométrie : 618 mm | Irrigation en eau usée ~ 300 000 m ³ Economie -12 % Eau Potable Pluviométrie 2007 : 341 mm |
| Apport en fertilisant | 25 à 35 g /m ² - 2 à 3 fois / an | - 20% des doses fertilisantes |
| Suivi analytique | Sol | Proposition d'un suivi adapté |
| | Eau | |
| Travail mécanique des sols | Aération biannuelle | plus important (3 à 4 fois/an) plus profond |
| Gestion du stockage des eaux d'irrigation | | Gestion plus régulière |
| Méthode d'arrosage | à partir d'observations visuelles | Optimisation méthode agronomique (station météo, sonde hydrométrique) |



Les nouveaux projets français

- 5 cas des 58 installations en France ont des procédés membranaires
- La majorité des projets présentés depuis 2010 pour des usages d'irrigation d'espaces verts et mixtes (industriels) ont été abandonnés (environ 30 projets)

Filières de traitement : Production d'eau recyclée adaptée à l'usage



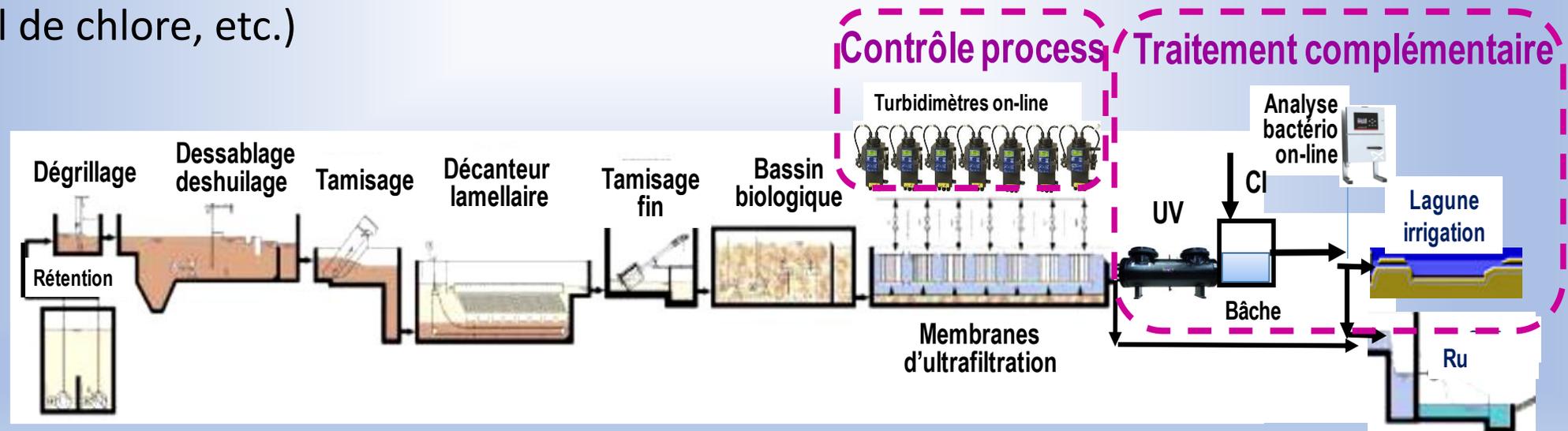
Les nouveaux projets REUT en France

Les défis de l'autorisation : exemple de 2 projets d'irrigation agricole et d'un parc avec accès du public

Solution technique : Production d'une eau recyclée de la meilleure qualité possible par une filière de **traitement avancé multi-barrière**

● **Trois barrières anti-microbiennes** :

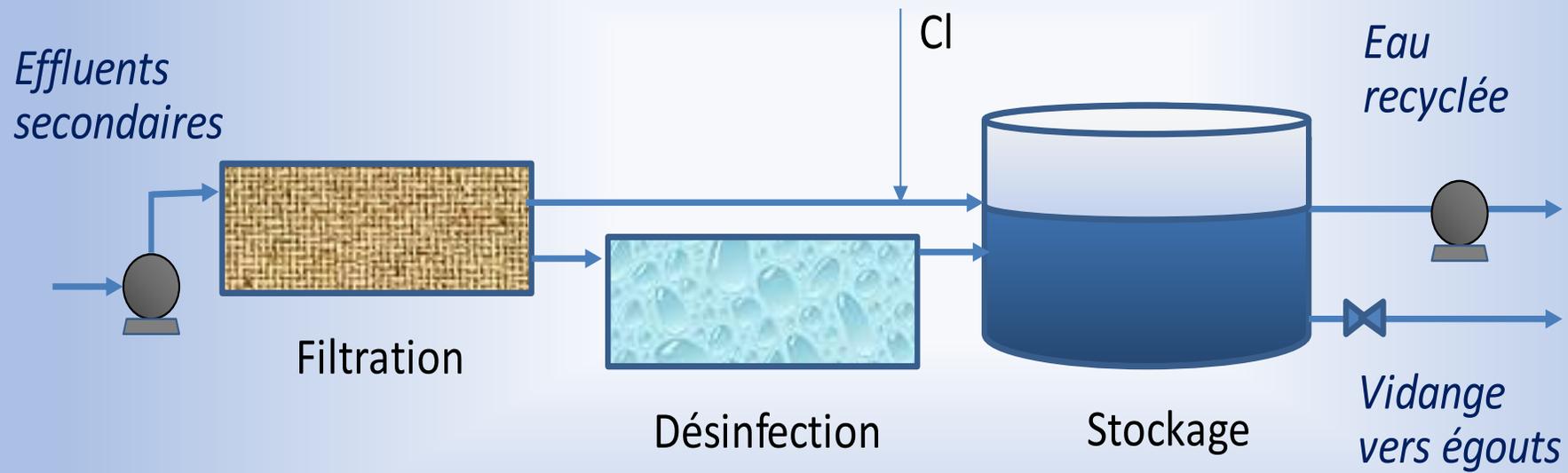
- BRM avec ultrafiltration (0,035 μm), désinfection UV et chloration
- Elimination totale des matières en suspension et de la pollution microbienne (virus, bactéries et parasites)
- Suivi en temps réel des performances de traitement et de la qualité de l'eau recyclée (turbidité, résiduel de chlore, etc.)





Réutilisation de l'eau en milieu urbain

Schéma typique du réutilisation de l'eau en milieu urbain



Catégories de recyclage d'eau en milieu urbain

| Type de recyclage sur place | Effluent secondaire (cat. D) | Eaux usées recyclées de bonne qualité, bien filtrées (cat. C) < 5-10 mg MES/l | Eau recyclée désinfectée de bonne qualité (cat. B) < 1 000 <i>E.coli</i> /100 ml, < 15 mg MES/l | Eau recyclée de très bonne qualité (cat. A) < 10 à < 250 <i>E.coli</i> /100 ml, < 2 à < 5 NTU |
|--|------------------------------|--|---|--|
| Rinçage d'égout | Autorisé | Non pratiqué (inutile) | | |
| Nettoyage d'équipements (tamis, lavage de sable, déshydratation des boues, puisards) | *Non recommandé | Autorisé | **Possible, si eau recyclée disponible pour des utilisations externes sans CAPEX supplémentaire | Non pratiqué (inutile) |
| Refroidissement/lubrification d'équipements (ventilateurs, pompes, compresseurs) | Non autorisé | | | Autorisé |
| Eau de procédé pour la préparation de polymère | | Autorisé | | |
| Nettoyage haute pression (risque d'aérosols) | | Non recommandé | Autorisé avec des mesures de protection | |
| Lutte contre les incendies et contrôle des poussières (risque élevé d'aérosols) | | Autorisé | | |
| Conditionnement de l'air | | Non autorisé | | |
| Irrigation espaces verts par aspersion | Autorisé avec protections | Autorisé | **Possible | |
| Irrigation espaces verts par goutte à goutte | *Non recommandé | Autorisé | **Possible | Non pratiqué (inutile) |

*Pourrait être autorisé pour les effluents secondaires avec une très bonne qualité d'eau

**Possible, si eau recyclée disponible pour des utilisations externes sans CAPEX supplémentaire

Traitement recommandé

| Type de recyclage sur place | Effluent secondaire (cat. D) | Eaux usées recyclées de bonne qualité, bien filtrées (cat. C) < 5-10 mg MES/l | Eau recyclée désinfectée de bonne qualité (cat. B) <1 000 E. coli/100 ml, < 15 mg MES/l | Eau recyclée de très bonne qualité (cat. A) < 10 à < 250 E. coli/100 ml, < 2 à < 5 NTU |
|--|---|---|---|--|
| Rinçage d'égout | Aucun traitement | Non pratiqué (inutile) | | |
| Nettoyage d'équipements (tamis, lavage de sable, déshydratation des boues, puisards) | *Non recommandé | Micro-filtres autonettoyants (100 à 300 µm) | **Possible | Non pratiqué (inutile) |
| Refroidissement/lubrification d'équipements (ventilateurs, pompes, compresseurs) | Non autorisé | Filtration sur sable ou à disques pour usines de grande taille | Chloration (dose 4 à 9 mg/l) Micro-filtres autonettoyants de 70 à 300 µm plus Cl ₂ en ligne de 2±1 mg/l (ou UV à 35-50 mJ/cm ²) | **Possible |
| Eau de procédé pour la préparation de polymère | | Non recommandé | | |
| Nettoyage haute pression (risque d'aérosols) | | | | |
| Lutte contre les incendies et contrôle des poussières (risque élevé d'aérosols) | | | | |
| Conditionnement de l'air | | Non autorisé | | |
| Irrigation des aménagements paysagers par aspersion | Autorisé avec des mesures de protection | Chloration (dose 4 à 9 mg/l) Micro-filtres autonettoyants de 70 à 300 µm plus Cl ₂ en ligne de 2±1 mg/l | **Possible | |
| Irrigation des aménagements paysagers par goutte à goutte | *Non recommandé | Micro-filtres autonettoyants (100 à 300 µm) | **Possible | Non pratiqué (inutile) |

*Pourrait être autorisé pour les effluents secondaires avec une très bonne qualité d'eau (moyenne des MES <10-15)

**Possible, si eau recyclée disponible pour des utilisations externes sans CAPEX supplémentaire

Points clés sur les filières de traitement pour la réutilisation de l'eau en milieu urbain

- Pour les projets de réutilisation de l'eau en milieu urbain, l'entretien du réseau de distribution et du stockage est un élément critique
- Pour les usages en transports par camions, la qualité C et D (effluents secondaires) est suffisante (contraintes des matières en suspension)
- Pour les projets au double réseau de distribution, la qualité A ou B est indispensable
- La tendance actuelle de privilégier les techniques membranaires n'est pas viable (coût et énergie élevés) notamment pour les usages non potables, mais permet l'implantation de projets en milieu urbain
- Pour l'hydrocurage des réseaux d'assainissement, la catégorie D est suffisante à condition d'application de toutes les mesures sanitaires



CONCLUSIONS

Comment réussir les projets de réutilisation

● Planification

- Identifier et comprendre les enjeux majeurs pour chaque cas spécifique de REUT
- Leviers / contraintes / besoins & attentes clients

● Montage du projet

- Fournir des solutions
- Identifier les bénéficiaires
- Proposer une gestion des risques

● Impliquer toutes les parties prenantes, mobiliser les élus et sensibiliser les administrations

● Obtenir un maximum de financements extérieurs

- Territoires identifiés déficitaires en eau dans le SDAGE : financement des projets dans le cadre du programme classique jusqu'à 80%
- Autres territoires : financement des projets dans le cadre d'un appel à projets jusqu'à 50%

Questions ?

Les devises Shadok



S'IL N'Y A PAS DE SOLUTION
C'EST QU'IL N'Y A PAS DE PROBLÈME.

CLÔTURE

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE

Natacha FELLOUS (Animation)
Yann MADELINE (Président FNSA)



MERCI DE VOTRE ATTENTION!