

SWIM and Horizon 2020 Support Mechanism

Working for a Sustainable Mediterranean, Caring for our Future

SWIM-H2020 SM : Regional Activities

Presented by:

Mr. Nicolas JEANMAIRE, WWTP expert

International Office for Water - SEMIDE

SWIM and Horizon 2020 SM Regional training on Technical, Regulatory and Cultural Aspects of Treated Reuse (Reg-8)

23 July, Athens, Greece

This Project is funded by the European Union



Regional training on Technical, Regulatory and Cultural Aspects of Treated Reuse (Reg-8)

INTRODUCTION

(1ere partie)

Depuis longtemps, l'Homme réutilise les eaux usées ...

Exemple du bassin euro-méditerranéen

Age de bronze —→ Grèce et Rome —→ Europe —→ Prise de conscience
Antique 16-19^e siècle Sur les risques
sanitaires

Premières origines

Premières preuves

Développement de
La réuse en périphérie
urbaine

Approche
des
Hygiénistes

Objectif :
Se débarrasser
des eaux usées

Objectif :
Se débarrasser
des eaux usées
+ valeur fertilisante

Objectif :
Se débarrasser
des eaux usées
+ valeur fertilisante

Début des bonnes
Pratiques sanitaires

Prise en compte du risque sanitaire ...

20^e siècle

Développement
de la réuse
des eaux usées
dans le monde

1973, premier Draft
d'un guide méthodologique
par l'OMS (WHO)
afin de garantir les règles d'hygiène

Développement des
pratiques de réuse des
eaux usées traitées

Evolution des recommandations OMS
(WHO guidelines 1998 and 2006)

3300 STEP (WWTP)
enregistrées comme
pratiquant la réuse

INTRODUCTION

WASTEWATER REUSE INTRODUCTION LA REUTILISATION DES EAUX USEES



Premiers critères :

- Manque d'eau
 - Urbanisme et mode de vie → Pression sur la ressource
 - Pollution de la ressource
 - Facteurs climatiques : zones arides, limitation de l'agriculture
 - Plus récemment, **les changements et variations climatiques** (CC – CV)



Réutilisation : diminuer la pression sur la ressource

INTRODUCTION

WASTEWATER REUSE INTRODUCTION LA REUTILISATION DES EAUX USEES

Autres critères :

- Diminution des coûts
 - Coûts : Fortement liés au contexte
 - Energie : jusqu'à 65% des coûts d'irrigation
 - Economie d'engrais/fertilisant

Accès plus facile



INTRODUCTION

WASTEWATER REUSE INTRODUCTION LA REUTILISATION DES EAUX USEES

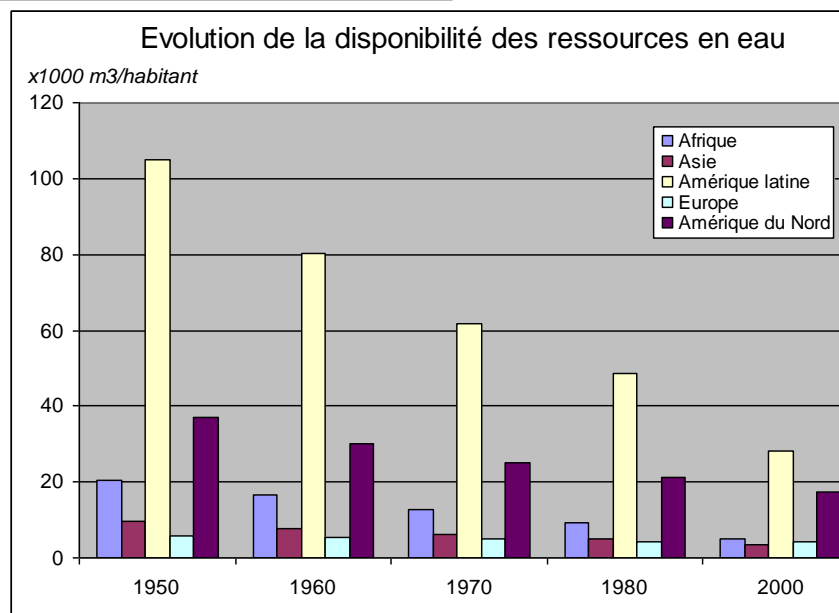
Une problématique au coeur des changements climatiques



Disponibilité de l'eau par habitant ...

Des constats inquiétants depuis longtemps ...

	1950	1960	1970	1980	2000
Région	(..... milliers de m ³)				
Afrique	20,6	16,5	12,7	9,4	5,1
Asie	9,6	7,9	6,1	5,1	3,3
Amérique latine	105,0	80,2	61,7	48,8	28,3
Europe	5,9	5,4	4,9	4,4	4,1
Amérique du Nord	37,2	30,2	25,2	21,3	17,5

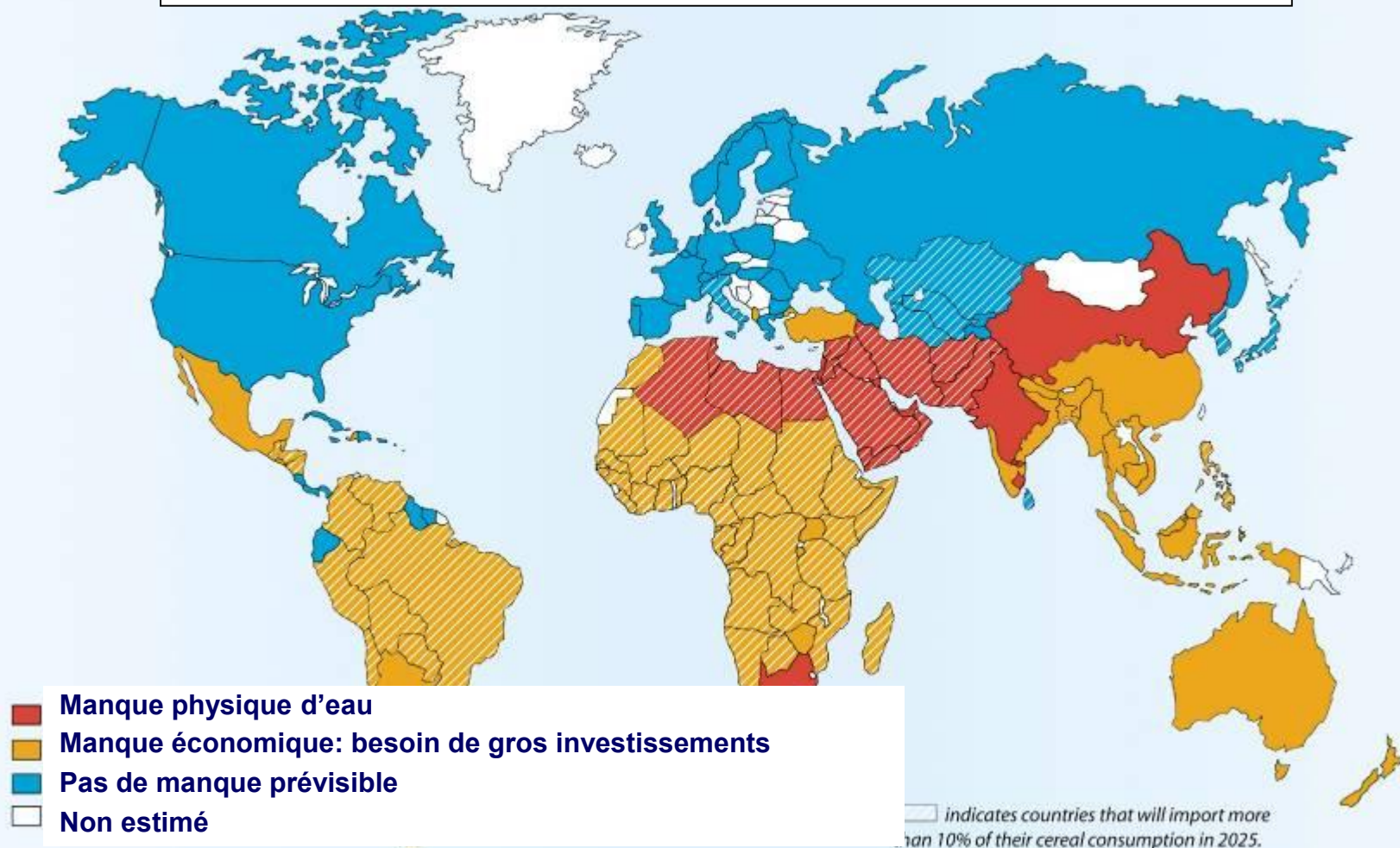




Office
International
de l'Eau

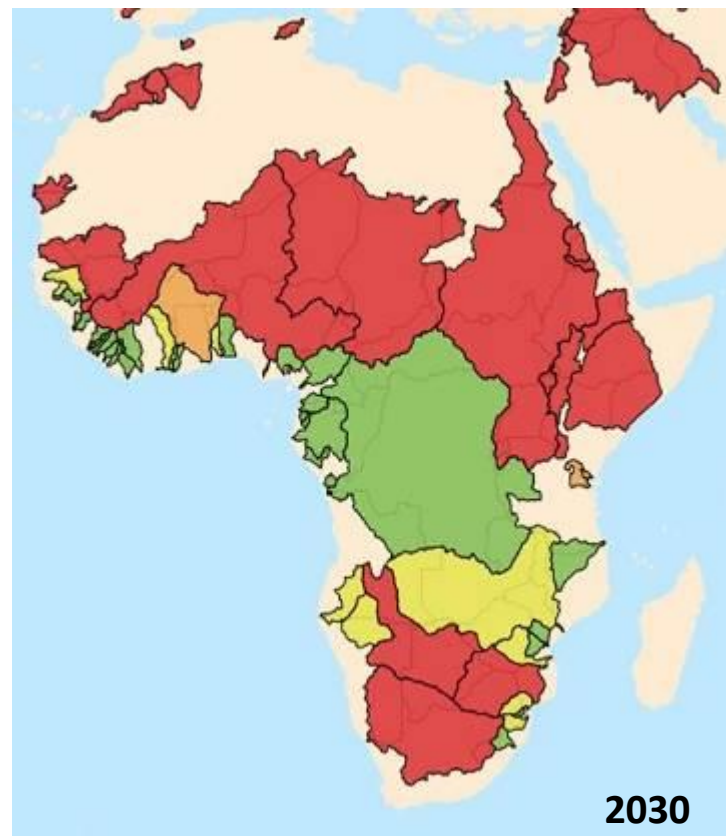
Des constats qui s'accroissent avec les changements climatiques

**2,5 Mds de personnes sous stress hydrique aujourd'hui
3,5 Mds en 2025**



Un constat très marqué en Afrique

Stress hydrique





1973

1987

1997

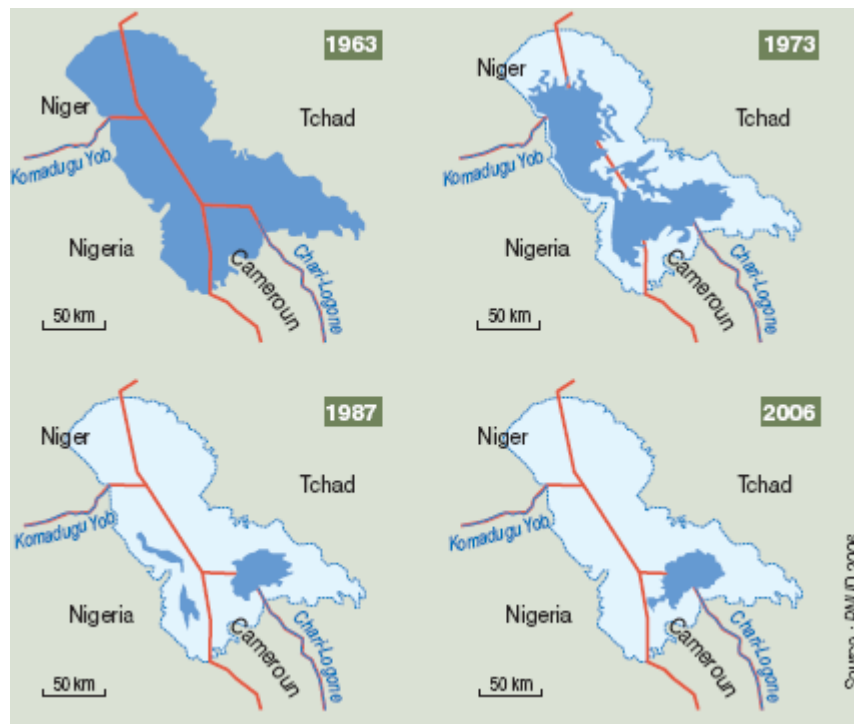


2001

**Etait l'un des plus
grands réservoirs
d'eau mondial
26 000 km² en 1960**

1 500 km² aujourd'hui - 90 %

**Causes:
Moins de pluies
et
Plus d'irrigation**



Source : ANUD 2006

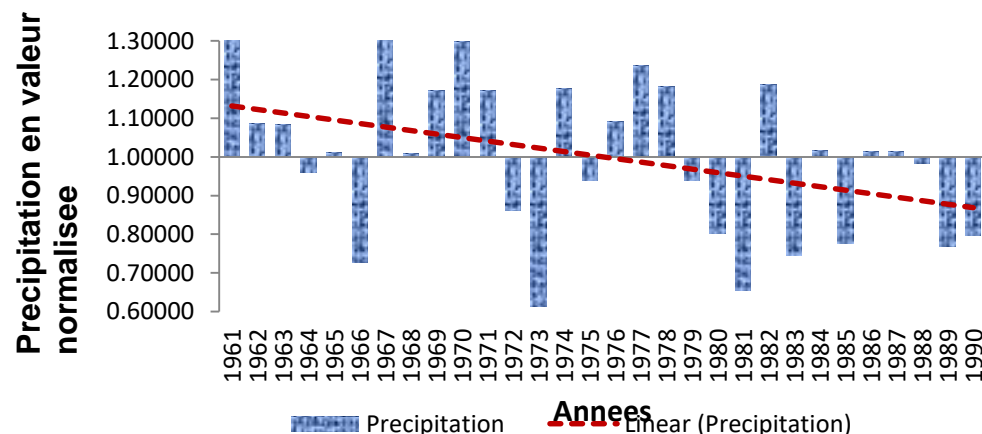
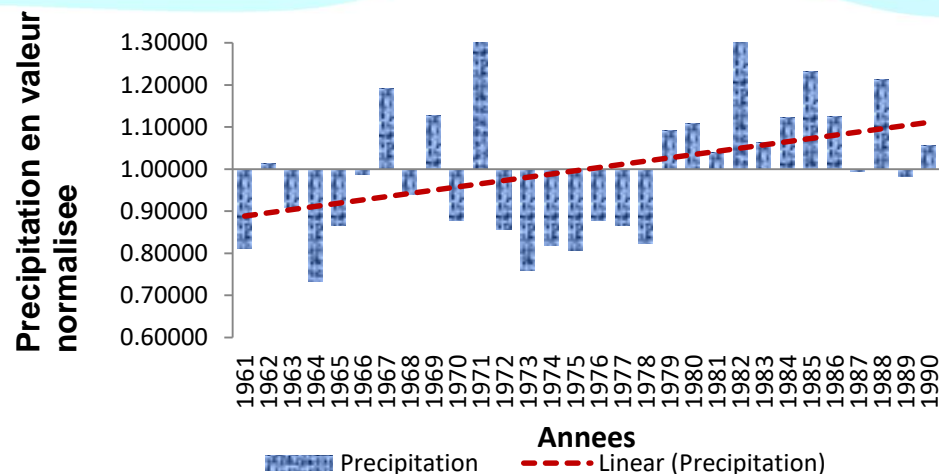
Des défis conduisant à des situations très différentes

Exemple bassin du fleuve Congo (données CICOS)

Changement simultané des tendances de régime hydro-climatique sur le bassin :

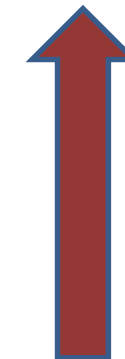
-Augmentation de précipitations et inondations au centre du bassin

-Diminution des précipitation et augmentation de sécheresse au sud et au nord du bassin.



Augmentation des températures Augmentation aussi des précipitations

- Température: 2030 +1°C
 2060 +1.8-2.3 °C
- Pluies: 2030 +10.2%
 2060 +19.5%
- Erosion, sédimentation,
glissement de terrain, dégradation des sols
sécheresse et inondations

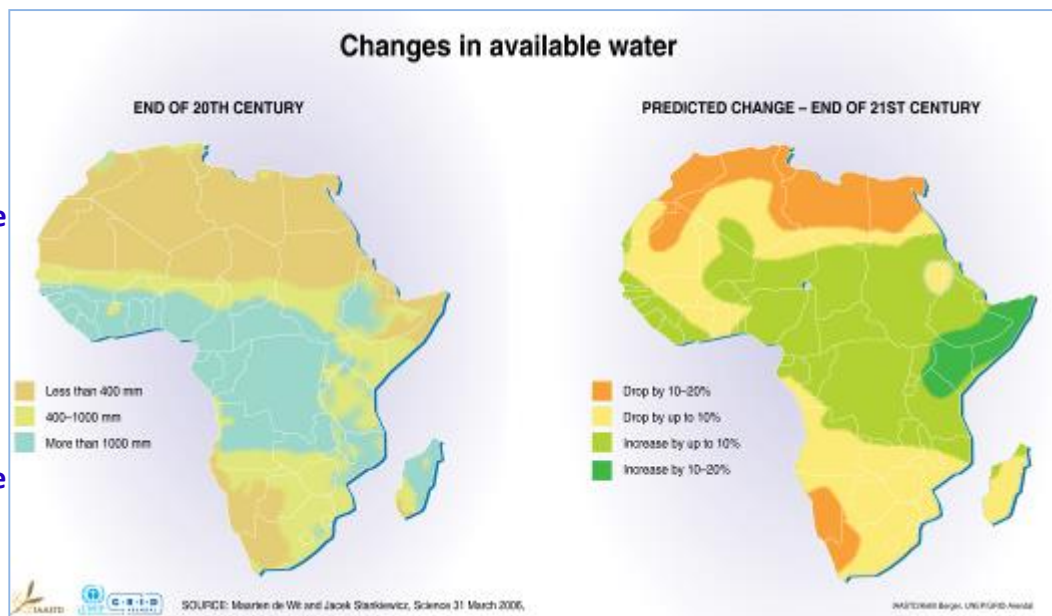


Risques





Impacts du Changement climatique

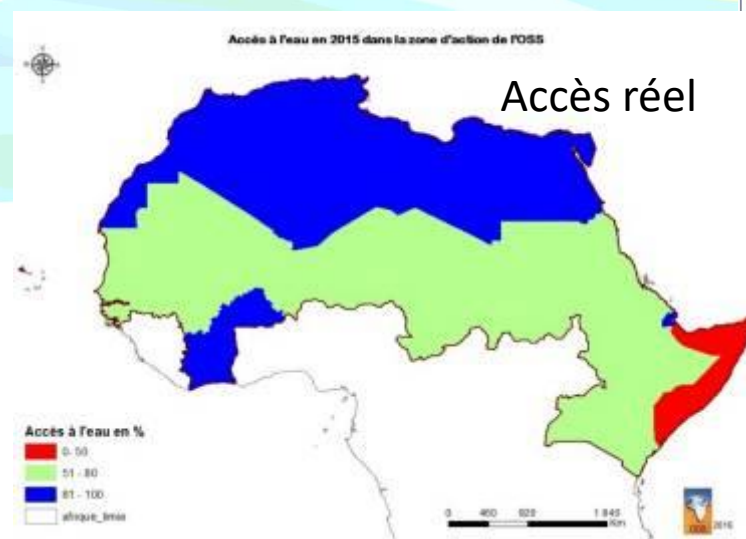


■ Augmentation de la température annuelle moyenne de plus de 2°C d'ici 2100 (GIEC, 2014)

■ Diminution des précipitations en Afrique du Nord et de l'Ouest (OCDE, 2010)

- Diminution de la recharge (> 30%)
- Baisse des niveaux piézométriques
- Augmentation des coûts d' extraction
- Salinisation des eaux (mer +chotts + sebkhas)
- Augmentation de la fréquence des évènements extrêmes

ACCES À L' EAU ET DISPONIBILITÉ EN EAU



Toute la zone ci dessus est déjà en situation de stress ou de pénurie d' eau

En 2030, sur 714 millions d'habitants, 580 millions d'habitants seront en situation de pénurie et de stress hydrique,(81 % de la population de la zone) . En 2050, 796 millions seront en situation de tension et de pénurie, soit 85 % de la population,

En Afrique du Nord , faible disponibilité structurelle en eau donc nécessité du recours aux eaux non conventionnelles ou fossiles (toutes chères...)

Dans la zone subsaharienne , les questions de financements et d' énergie font que malgré la disponibilité en eau, son accès reste très faible

Dans les deux cas , les problèmes vont être aggravés par une augmentation des besoins liés

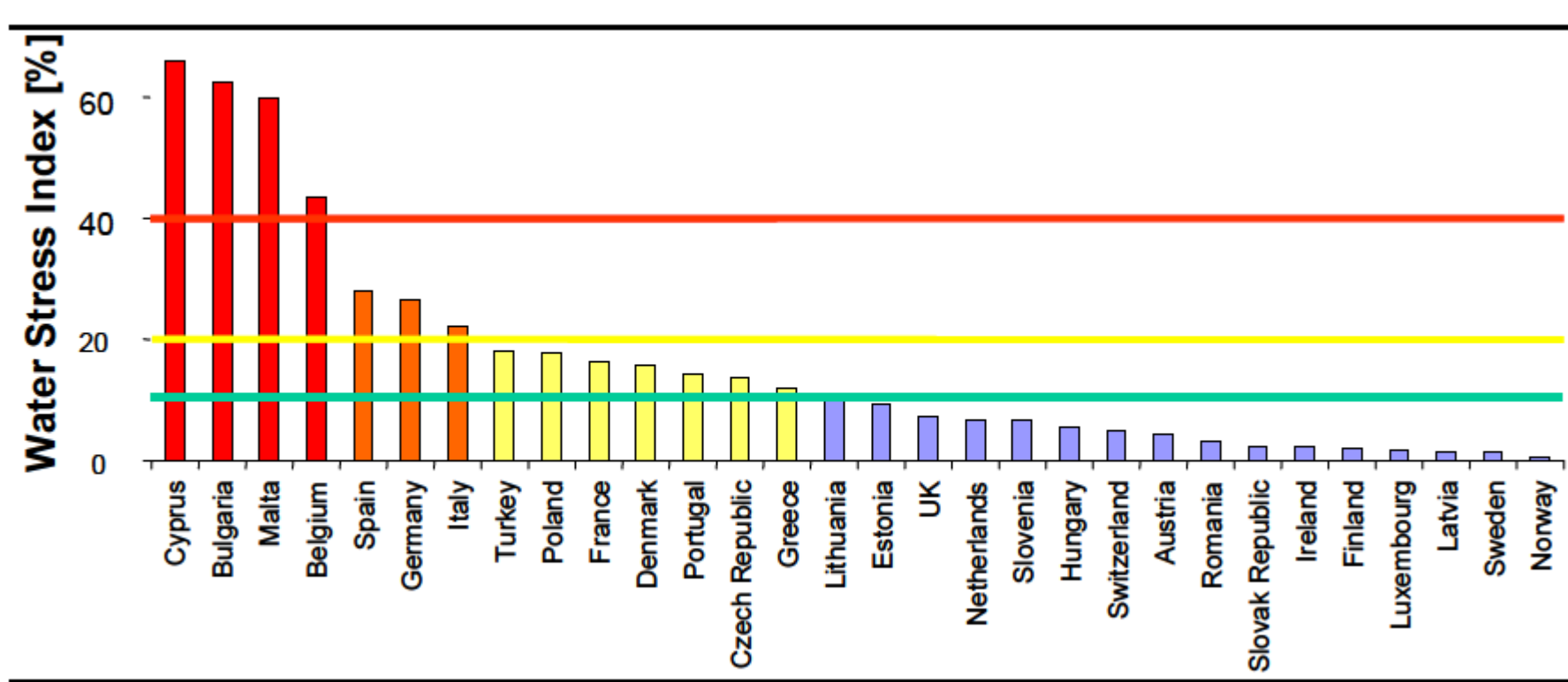
À la croissance démographique

- Alimentation en eau potable des populations
- Agriculture et Industrie

À la hausse du niveau de vie

Au changement climatique qui va provoquer une hausse des températures et donc des besoins

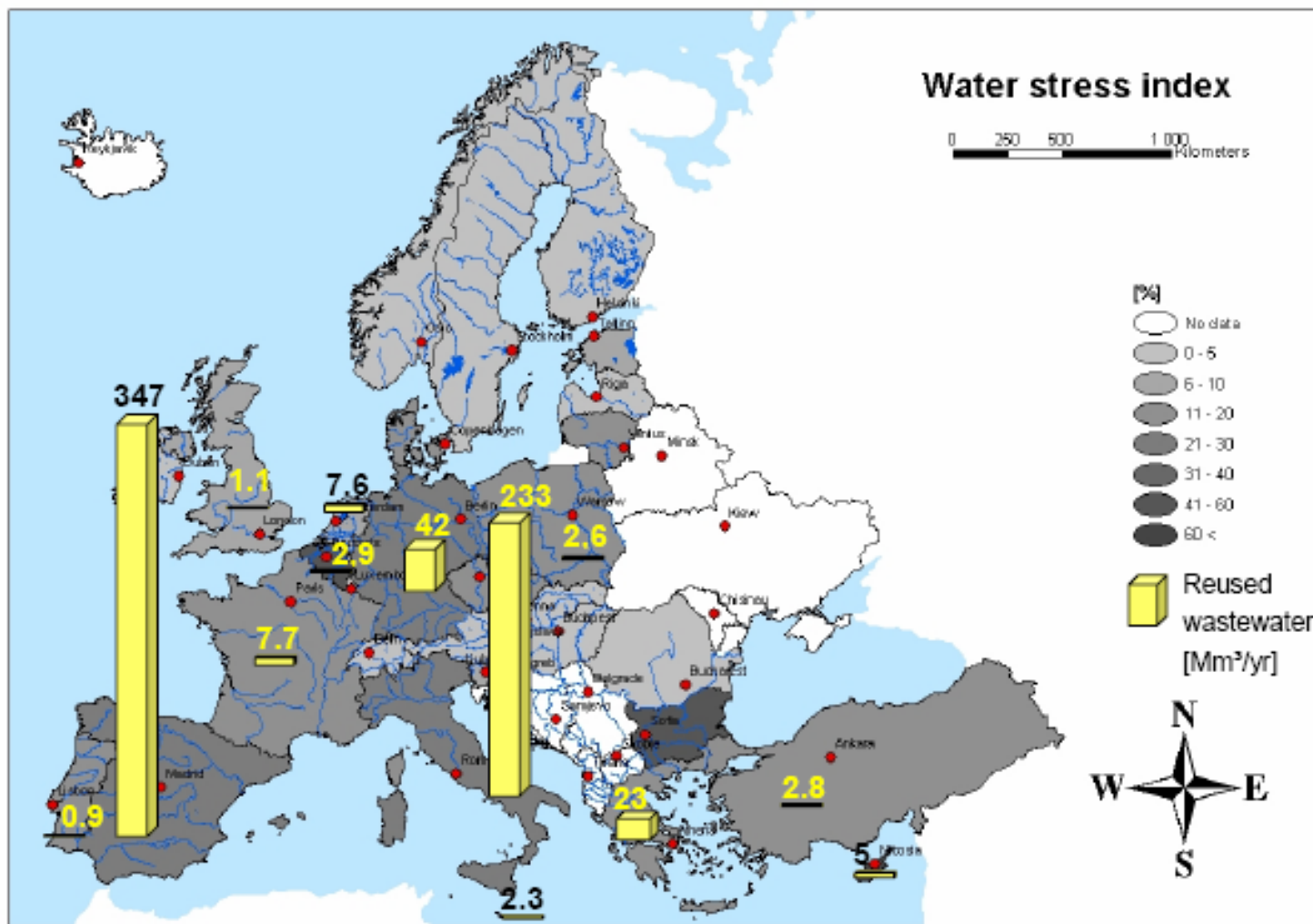
Indice de stress hydrique en Europe et pays méditerranéens



L'OCDE qualifie le stress hydrique d'important > 40%

Source : Aquarec

Correspondance entre le stress hydrique et le niveau de réutilisation des eaux usées traitées



Source : Aquarec

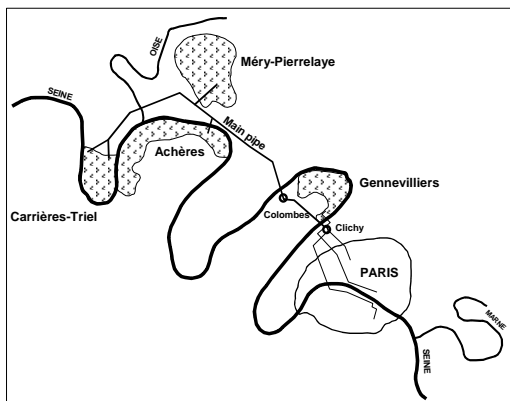
INTRODUCTION

REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES (EUT)

La réutilisation : des succès mais aussi des échecs

- La réutilisation des eaux usées traitées (mais aussi non traitées)
Se pratique depuis très longtemps

Depuis 1875 à Paris ...



Eaux usées non traitées



Pommes de terre
Noirmoutiers (France)



Blé tendre
Clermont Ferrand (France)



Cartographie des lieux de reuse
En France

La reuse : des succes mais aussi des échecs

- La réutilisation des eaux usées traitées (mais aussi non traitées) se pratique depuis très longtemps

Ailleurs aussi bien sûr !

Dattes à Jéricho
(Palestine)



Maraichage
(Les Nayas - Sénégal)



Dubai WWTP



Alpha-alpha à Naplouse
(Palestine)



Maraichage - salade
(Cambérène - Sénégal)



Maraichage (Inde)



La reuse : des succès mais aussi des échecs

- La réutilisation des eaux usées traitées a connue aussi des échecs

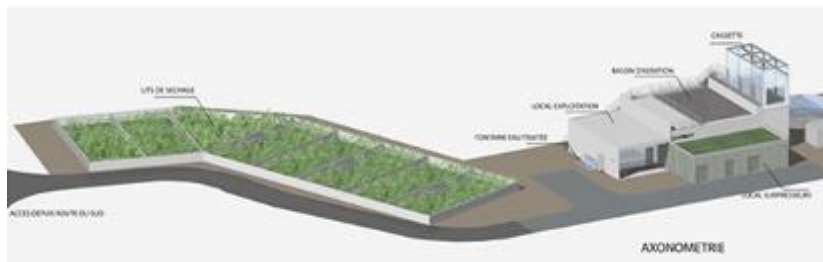
Bambou



Olives



Maraichage



Irrigation du stade de foot

0 m3 réutilisé

Un enjeu sanitaire important

- A défaut de ressource, les agriculteurs utilisent les eaux usées

Risques sanitaires

Fermiers

Population



China, India, Pakistan, Mexico, Iran, Afrique, ...

Un enjeu sanitaire important

- A défaut de ressource, les agriculteurs utilisent les eaux usées

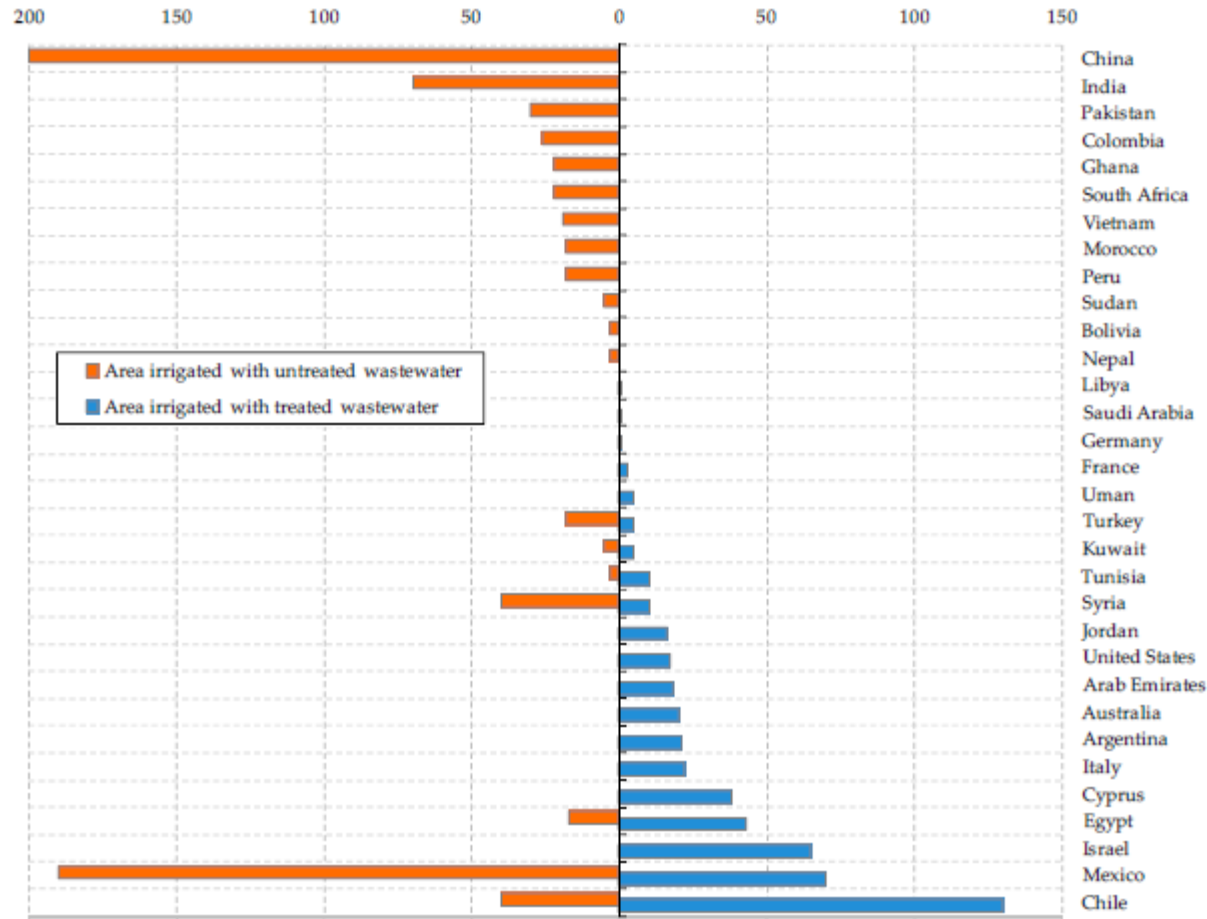


Figure 1. Reuse area in agriculture by country (thousand ha); Source: Jiménez and Asano [15].

Source : Sustainability 2017, 9, 1734

ETUDE DE CAS

Palestine

SWIM DEMO : étude de cas - Palestine

● Etude de cas : Palestine, une zone où la reuse fait sens

■ Climat : zone aride, chute des précipitations

■ Accès à l'eau difficile

- Pression sur la ressource : fleuve Jourdain
- Eaux souterraines profondes > 300 m
- Contexte géopolitique : Zone A, B, C

■ Zone de culture (Olive, maraichage), mais aussi d'élevage

- Besoin en plantes fourragères
- Coût des produits importés
- Cycle des cultures dépendant des saisons → Limitation de certaines cultures
- Contexte géopolitique difficile, limitant l'économie locale



Filtres tertiaires à Jenin

SWIM DEMO : étude de cas - Palestine

● Etude de cas : Palestine, un historique intéressant

■ Réticence des agriculteurs, opinions en évolution

■ Faible implication des élus locaux

- Assainissement : sujet non prioritaire
- Manque de recul
- Contexte réglementaire flou

■ Idées préconçues : principe d'opposition des populations à l'utilisation des eaux noires

- Opposition par défaut ?
- Réalité de ces oppositions ou argument exagéré ?
- Des débuts difficiles
- Un contexte maintenant fortement tourné vers la reuse mais encore avec des blocages



Zone expérimentale à Jéricho

SWIM DEMO : étude de cas - Palestine

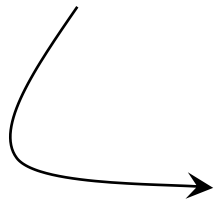
● Etude de cas : Palestine, une zone où la réutilisation fait sens

■ Conséquences

- Limitation des cultures
- Limitation des potentiels économiques
- Limitation sur l'élevage
- Utilisation d'eaux usées non traitées
- Importations coûteuses



Filtres tertiaires et désinfection chlore à Sa'ir



Le développement des infrastructures d'assainissement depuis 2012 s'est accompagné de la mise en place progressive de la réutilisation

SWIM DEMO : étude de cas - Palestine

Le développement des infrastructures d'assainissement depuis 2012 s'est accompagné de la mise en place progressive de la reuse

ETAT D'AVANCEMENT DE LA REUSE DANS LA WEST BANK

(liste exhaustive des stations d'épuration collective existante ou en projet)

STEP EXISTANTES

VILLE	Nom Station	CAPACITE (EH)	TYPE DE FILIERE	ETAT AVANCEMENT REUSE
Al Bireh	Al Bireh	50 000	Boues activées Fines bulles	Projet en cours
Naplouse	Naplouse-Ouest	100 000	Boues activées Aération surface	Expérience en cours sur parcelles
Jénin	Jénin	50 000	Bassins-lagunes Aération surface	Expérience en cours sur parcelles
Ramallah	Al Tireh	20 000	MBR	Projet en cours
Jéricho	Jéricho	100 000	Boues activées fines bulles	REUSE opérationnelle (100% volumes utilisés sur palmiers)
Taïbeh	Taïbeh	5 000	RBC	REUSE opérationnelle (100% volumes utilisés sur oliviers)
Anza	Anza	5 000	Boues activées Fines bulles	Réutilisation de 100% des volumes sur arbres et plantes fourragères mais eau traitée non conforme aux standards
Sarrah	Sarrah	5 0 00	Filtres plantés de roseaux	?



Désinfection des eaux
Avant reuse - Anza

SWIM DEMO : étude de cas - Palestine

Le développement des infrastructures d'assainissement depuis 2012 s'est accompagné de la mise en place progressive de la reuse

	STEP EN PROJET OU CONSTRUCTION		
Tubas nord-Tayassir	Tayassir	50 000	En construction (Boues activées fines bulles)
Ramallah	Batten El Hawa	35 000	En projet (MBR)
Hébron	Hébron	200 000	En projet (Boues activées fines bulles)
Agglomération Bethlehem	?	120 000	Etude de préféabilité faite (Boues activées fines bulles)
Mysilia	Mysilia	5 000	Filtres plantés de roseaux (En cours d'attribution)



Stockage d'eau traitée avant reuse- Hajjan

SWIM DEMO : étude de cas - Palestine

Un contexte favorable



Mais un contexte avec des blocages
qui perdurent ...

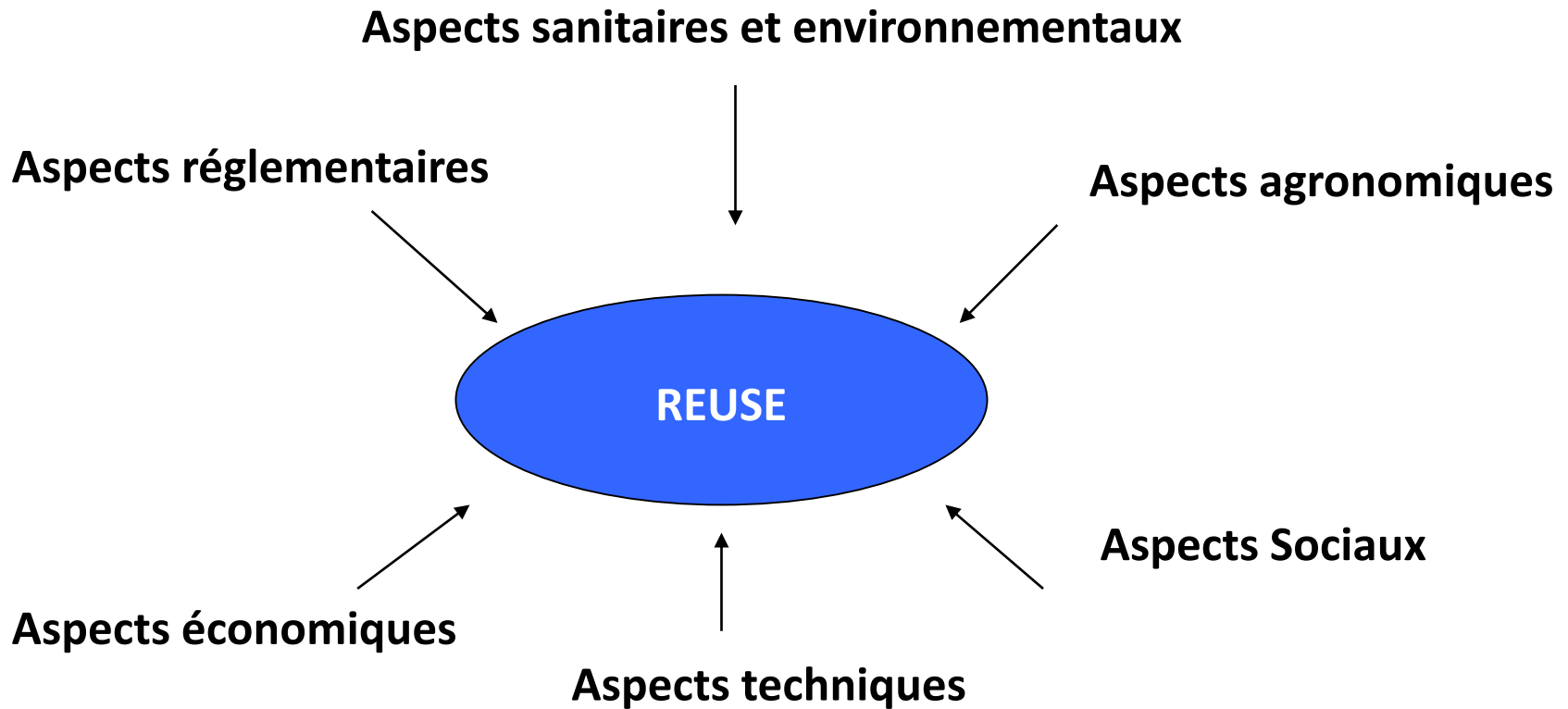
- Actualités 2018
- Positionnement officieux des autorités
Source de confusion (eau – agriculture)
- Des appréhensions qui se ressentent sur
le terrain

POUQUOI ?



APPROCHE MULTI-CRITERES

Reuse : une approche multi-critères



Reuse : une approche multi-critères

Aspects sanitaires et environnementaux

- Bactério
- micropolluants

Aspects réglementaires

- Guidelines
- Réglementation
- Adaptation contexte local
- Communication

Aspects agronomiques

- Besoins des cultures
- Limites d'utilisation

REUSE

Aspects Sociaux

- Développement activités
- Emploi
- Cycles courts – dev durable
- Repositionnement de l'assainissement

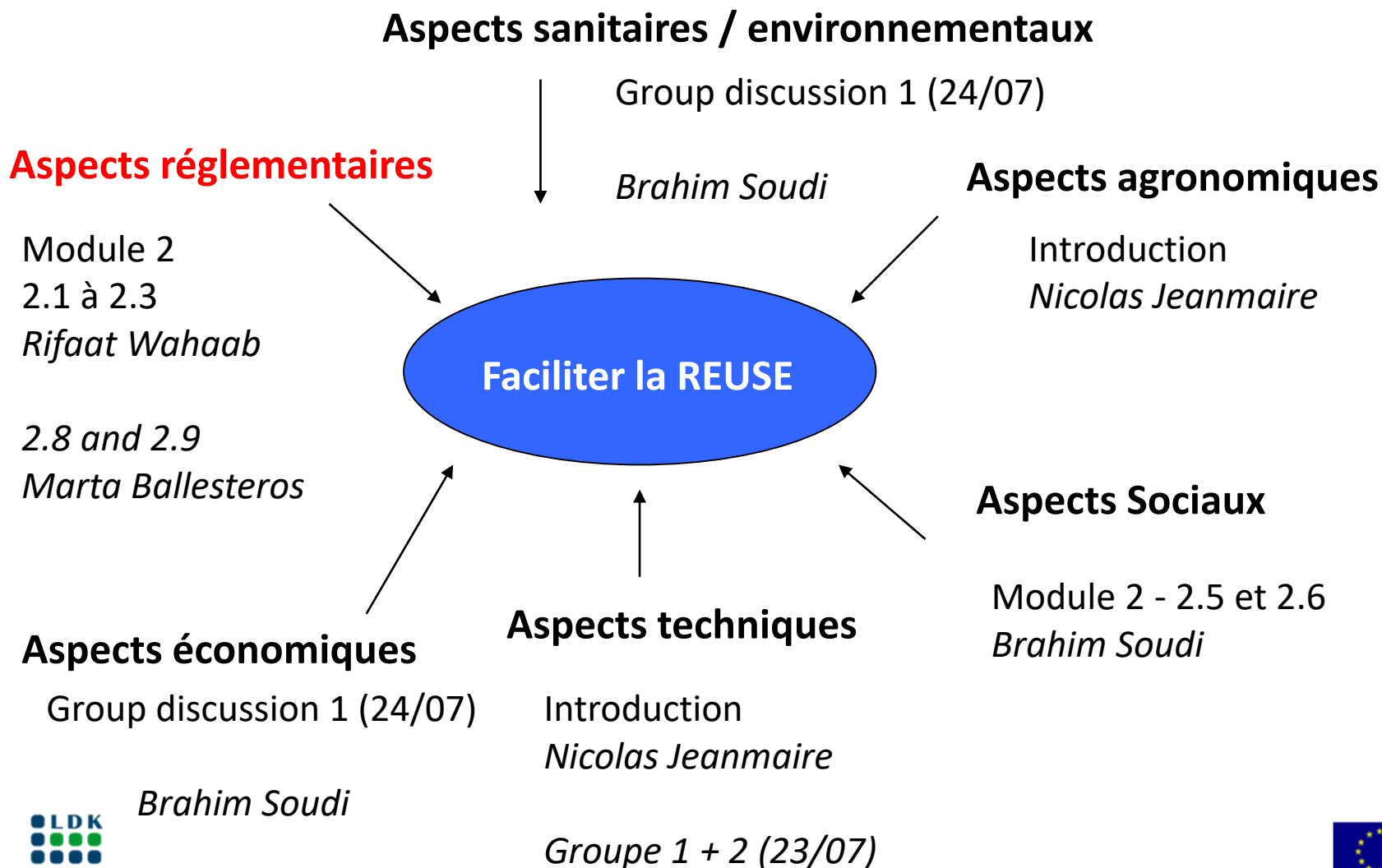
Aspects économiques

- Intérêt
- Tarification
- Durabilité

Aspects techniques

- Procédés des STEP
- Système d'irrigation
- Compétence des acteurs


Reuse : une approche multi-critères



Reuse : une approche multi-critères

Faciliter la REUSE

Aspects sanitaires / environnementaux

- 
- Risques liés aux bactéries
 - Risques liés aux virus
 - Risques liés aux parasites

- Risques pour les travailleurs (exploitant, fermiers)
- Risques pour les consommateurs

Aspects sanitaires et environnementaux

Risque sanitaire

Bactéries en entrée de STEP urbaine

- 10^5 à 10^9 / g d'excrément

Coliformes totaux : 7-9 u.log/100 ml

Coliformes fécaux : 6-8 u.log/100 ml

Streptocoques fécaux : 4-5 u.log/100 ml

Salmonelles : $2 \cdot 10^4$ /100 ml

Clostridium : 3-4 u.log/100 ml



Eschérichia coli



Salmonella

Risque sanitaire

Virus en entrée de STEP urbaine

Virus :

Parasites intracellulaires

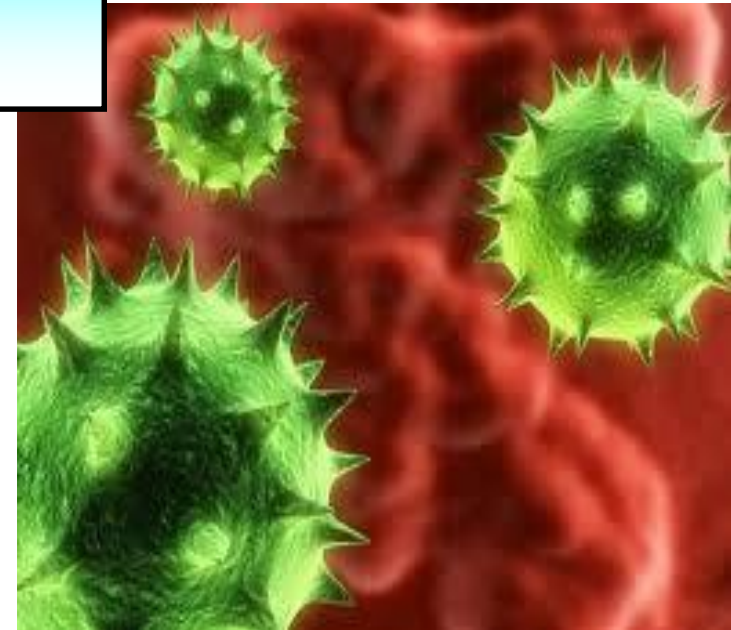
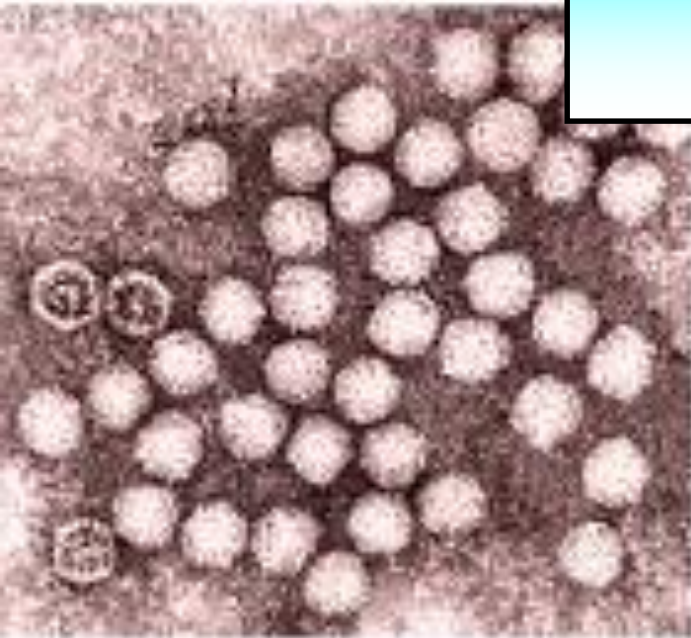
Difficile à identifier et à dénombrer

Plus résistant dans l'environnement que les bactéries

10 à 350 nm

10^7 à 10^{11} / g d'excrément

10^2 à 10^4 / l



Risque sanitaire

Parasites

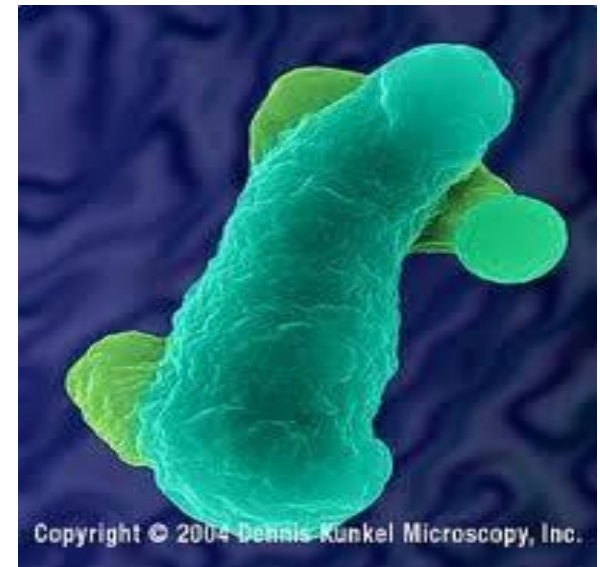
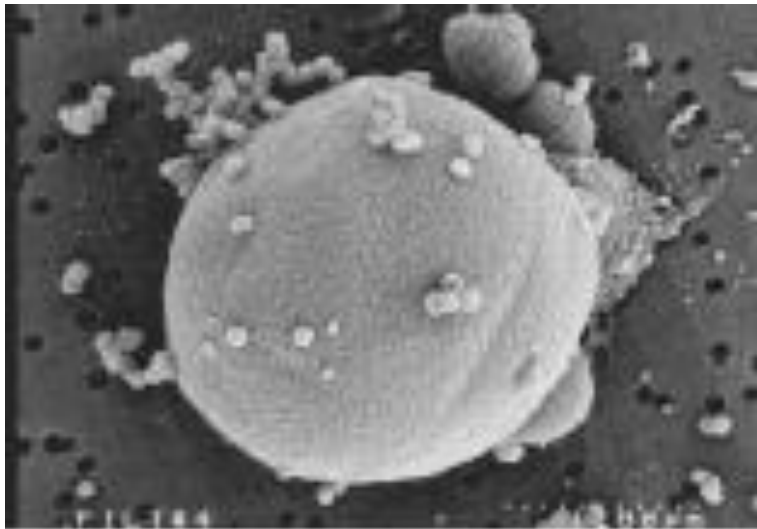
Protozoaires :

Protozoaires 10^4 à 10^7 / g d'excrément : Amibes, Giardia ...

Entamoeba histolytica : dyssentrie amibienne

Kystes : forme résistante

1 à 200 μm



Risque sanitaire

Mode de contamination

AGENTS PATHOGÈNES	SYMPTÔMES, MALADIES	MODES DE CONTAMINATION
Salmonella (différents sérotypes)	Salmonellose	Ingestion
Yersinia enterocolitica	Gastro-entérite	
Campylobacter jejuni	Gastro-entérite	
Listeria monocytogenes	Listériose	
Escherichia coli (certains)	Syndrôme Hémolytique et Urémique (SHU)	
Shigella	Dysenterie bacillaire	
Salmonella typhi	Fièvre typhoïde	
Vibrio cholerae	Choléra	Cutanée / Ingestion / Inhalation
Leptospira spp.	Leptospirose	
Legionella	Légionellose	Inhalation
Mycobacterium	Tuberculose	

Bactéries

AGENTS PATHOGÈNES	SYMPTÔMES, MALADIES	MODES DE CONTAMINATION
Astrovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion / Inhalation
Parvovirus		
Rotavirus		
Calicivirus		
Coronavirus		
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	
Coxsackie	Méningite, maladie respiratoire, ...	
Echovirus	Méningite, diarrhée, ...	
Reovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée	
Adenovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, diarrhée, ...	

Virus

AGENTS PATHOGÈNES	SYMPTÔMES, MALADIES	MODES DE CONTAMINATION
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose	Ingestion / Inhalation
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	Ingestion
Giardia lamblia	Giardiase	
Balantidium coli	Dysenterie balantidienne	
Cryptosporidium	Diarrhée, fièvre	
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre	
Micromonas	Diarrhée	
Naegleria	Méningite	
Enterocytozoon spp.	Diarrhée chronique, problèmes rénaux, musculaires, pulmonaires et oculaires	

Parasites

Maladies hydriques
Risques liés à la chaîne alimentaire

Risque environnementaux

Eléments traces présentes dans les eaux résiduaires urbaines

**Certains métaux sont indispensables en faibles
quantités :**

Bo, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo ...

**Certains ne sont pas requis
et sont toxiques :**

As, Ni, Pb, Cd, Hg, Br, F, Al, Cr, Se, Sn ...

>>>> plantes (Ni, Cu, Zn ...)

>>> animaux et hommes (Mo, Cd, AS, Hg ...)

Risque environnementaux

Eléments traces présentes dans les eaux résiduaires urbaines

HAP : Hydrocarbures polycycliques aromatiques

PCB : Polychlorobiphényles

OHV : Organo halogénés volatiles

Produits phytosanitaires : pesticides ...

Chlorophénols

Phtalates

Pesticides organo chlorés

Solvants

Polluants émergents : hormones, médicaments ...

Concentrations de 1 à 10 microgrammes / l

Aspects agronomiques Des contraintes ...

Excès d'N



Exemple du Bore

Concentrations maximales en bore (B) dans l'eau d'arrosage basées sur l'apparition de symptômes de toxicité lors de cultures sur sable

Sensible 0,3 – 1 mg de B/L	Tolérance moyenne 1 – 2 mg de B/L	Tolérant 2 – 4 mg de B/L
Agrumes	Poivron	Carotte
Avocatier	Avoine	Laitue
Abricotier	Petit pois	Choux
Pêcher	Maïs	Navet
Cerisier	Blé	Oignon
Figuier	Orge	Luzerne
Raisin	Radis	Betteraves
Pommier	Tomate	Asperges
Prunier	Tournesol	
Artichaut		

source : Faby (1997) à partir de Shainberg et Oster (1978)



Très présent : environnement, aliments, eau de boisson,
eaux usées (lessives, rejet industriels)

Toxique pour l'homme (irritation yeux et rhinopharynx)

Indispensable à la croissance des végétaux

Phytotoxique au-delà de 0,3 mg / l

Salinité

Evaluation par :

Concentration en sels solubles

Conductivité

[Sels dissous de l'eau usée] =

[Sels dissous de l'eau distribuée] + 200 mg / l

(si impact réduit des eaux parasites, eaux marines et eaux industrielles)

**Attention aux zones côtières mais aussi aux influences industrielles
(agroalimentaire, chimie, pharmacie, ...)**

Procédés à fortes salinités

Salinité : salinisation



1° Plantes et évaporation extraient l'eau en y laissant une grande part des sels minéraux

2° Augmentation de la salinité du sol

3° Augmentation de la pression osmotique

4° La plante utilise une grande part de son énergie non pas à croître mais à ajuster sa [sels dissous] dans son tissu de manière à pouvoir extraire l'eau du sol

Salinité : salinisation

Qualité de l'eau	Conductivité de l'eau (mmhos/cm)	Sels solubles correspondants estimés en Na Cl (mg/l)
I. Excellente	< 0,25	< 160
II. Faibles salinité	0,25 - 0,75	160 - 500
III. Forte salinité	0,75 - 2,25	500 - 1 500
IV. Très forte salinité	2,25 - 5	1 500 - 3 600

Tableau 3 : Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation (Richards, 1969 in PERIGAUD J., 1977)

Si Conductivité < 700 microS/cm, toujours OK

Entre 700 et 3 000, culture possible mais en adaptant les pratiques (choix de cultures, sur irrigation pour lessiver)

Pour mémoire : eau de mer = 55 000 μ S/cm

Salinité : chlore et sodium

Plus toxiques, si apports directs sur les feuilles

Risques moindres si apports nocturnes

Impact de la désinfection aux dérivés chlorés

OK si chlore libre < 1 mg / l

! si > 5 mg / l



Salinité : sodisation

Dégradation des propriétés physiques des sols car Na prend la place du Ca et Mg échangeable sur le complexe argilo humique

Défloculation des argiles

Déstructurations du sol

Réduction de la perméabilité

Sol dur et compacte si sec

Diminution de la porosité

Stagnation de l'eau d'irrigation

Eau moins disponible aux racines

Asphyxie du sol (manque d'oxygène)

pH élevé

Maladies accrues des végétaux

Érosion des sols

Indisponibilité des sels nutritifs

Sol sableux moins affectés

Début



Etat avancé



Sodium Adsorption Ratio

Risque d'autant plus élevé que peu de Ca et Mg

$$\text{Na}^+ / \sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}$$

(Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ étant exprimés en meq/l)

Tableau I-15 : Influence de la salinité et du RAS sur le taux d'infiltration

Salinité de l'eau (mS/cm)	RAS					Influence sur le taux d'infiltration
	0-3	3-6	6-12	12-20	20-40	
	> 0,7	> 1,2	> 1,9	> 2,9	> 5	Nulle
	0,7	1,2	1,9	2,9	5	Faible
	0,2	0,3	0,5	1,3	2,9	Modérée
	< 0,2	< 0,3	< 0,5	< 1,3	< 2,9	Sévère

RAS : Ratio d'absorption de sodium



**Suivi permanent de la salinité
des eaux pompées**



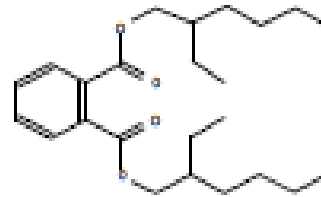
Matières plastiques, cosmétiques ...
Perturbateur de la reproduction, cancérigène ?

Présence indéniable de micropolluants



Linear alkylbenzene
sulfonate (LAS)

Détergent

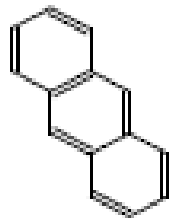


Phthalates

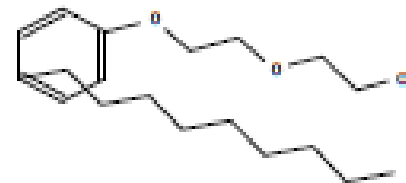
3^{ème} draft
Directive
boue

Concentrations boues européennes

LAS :	100 - 15000 mg/kg DW	2600
NPE :	25 - 500 mg/kg DW	50
Phthalates :	10 - 600 mg/kg DW	100
HAP (16) :	0.1 - 10 mg/kg DW	6
et autres...		



Polyaromatic hydrocarbon
(HAP)



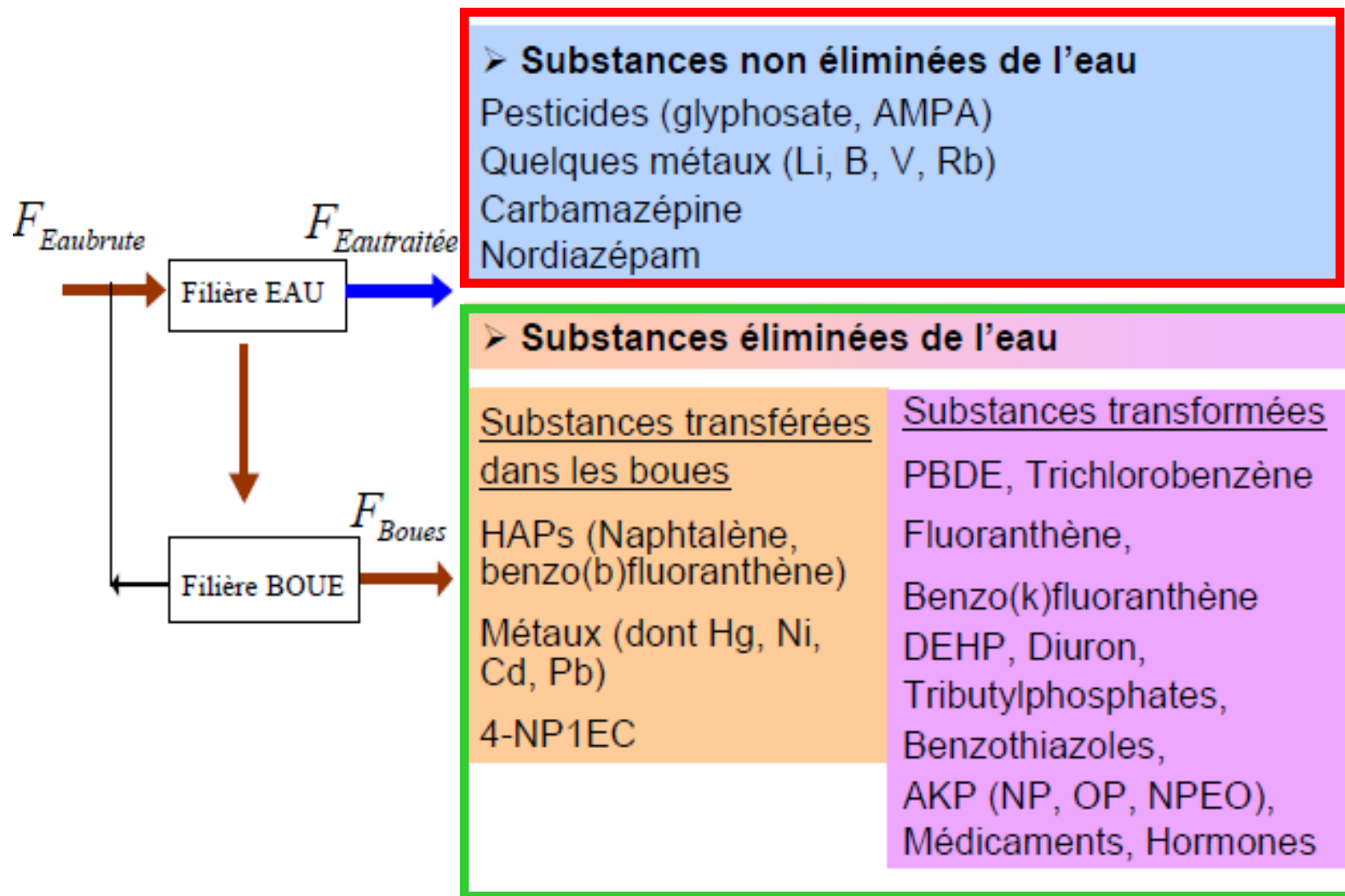
Nonylphenol
ethoxylate (NPE)

Combustibles ...
Toxiques, cancérigènes, mutagènes

Détergent industriel (métaux, laines), cosmétiques ...
Perturbateur endocrinien

Risque environnementaux Micropolluants émergeants

Flux de micropolluants - résultats



Aspects réglementaires

Bases réglementaires

Principaux objectifs :

- Définir un cadre permettant le développement de la réutilisation des EUT
- Intégrer le risque sanitaire et garantir l'innocuité des filières
- Définir les bonnes pratiques de réutilisation intégrant :
 - Définir les risques sanitaires (bactérie, virus, parasite)
 - Le type de filière de traitement pouvant prétendre à la filière réutilisation
 - Classer les niveaux d'exigence en fonction du type de culture, cad le niveau de risque.
 - Type de système de réutilisation
 - Type de suivi réglementaire (monitoring)

Bases réglementaires

- OMS : guideline pour la réutilisation des EUT (1998) et approche multi-critère (2006)
- Sujet traité dans les modules 1 et 2

Characteristics	WHO	US EPA	AUSTRALIAN
Treated wastewater Applications	(for Agriculture-Aquaculture)	●	●
Methods of Reuse	●	●	●
Treatment methods	●	●	●
Microbiological constituents	●	●	●
Chemical constituents	●	●	●
Physical Properties	●	●	●
Monitoring	●	●	●
Communication Strategies	●	●	●
Setback distances	●	●	●

Exemple de composantes de 3 types de guideline

Bases réglementaires

Une bonne réglementation doit :

- Favoriser la réutilisation tout en assurant l'innocuité
- Etre adaptée aux spécificités et contraintes locales
- Ne pas être trop contraignante pour ne pas scléroser les projets

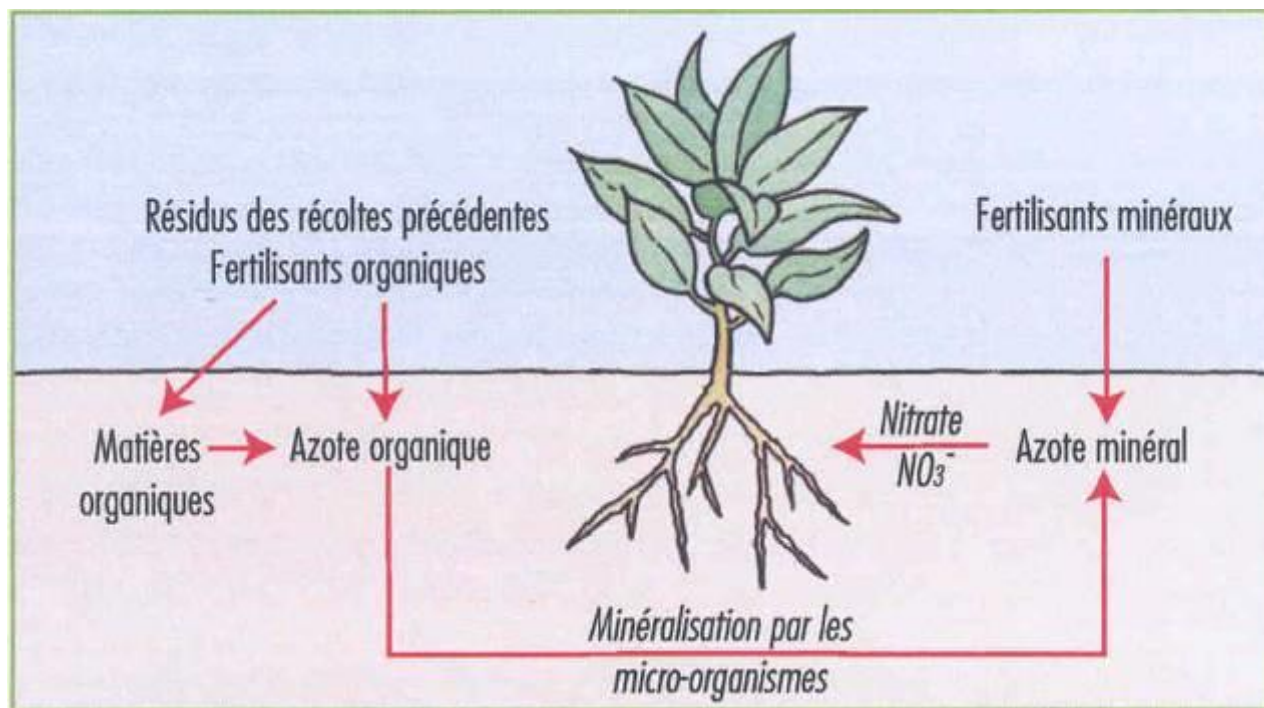
Aspects agronomiques

Reuse : une approche multi-critères

Faciliter la REUSE

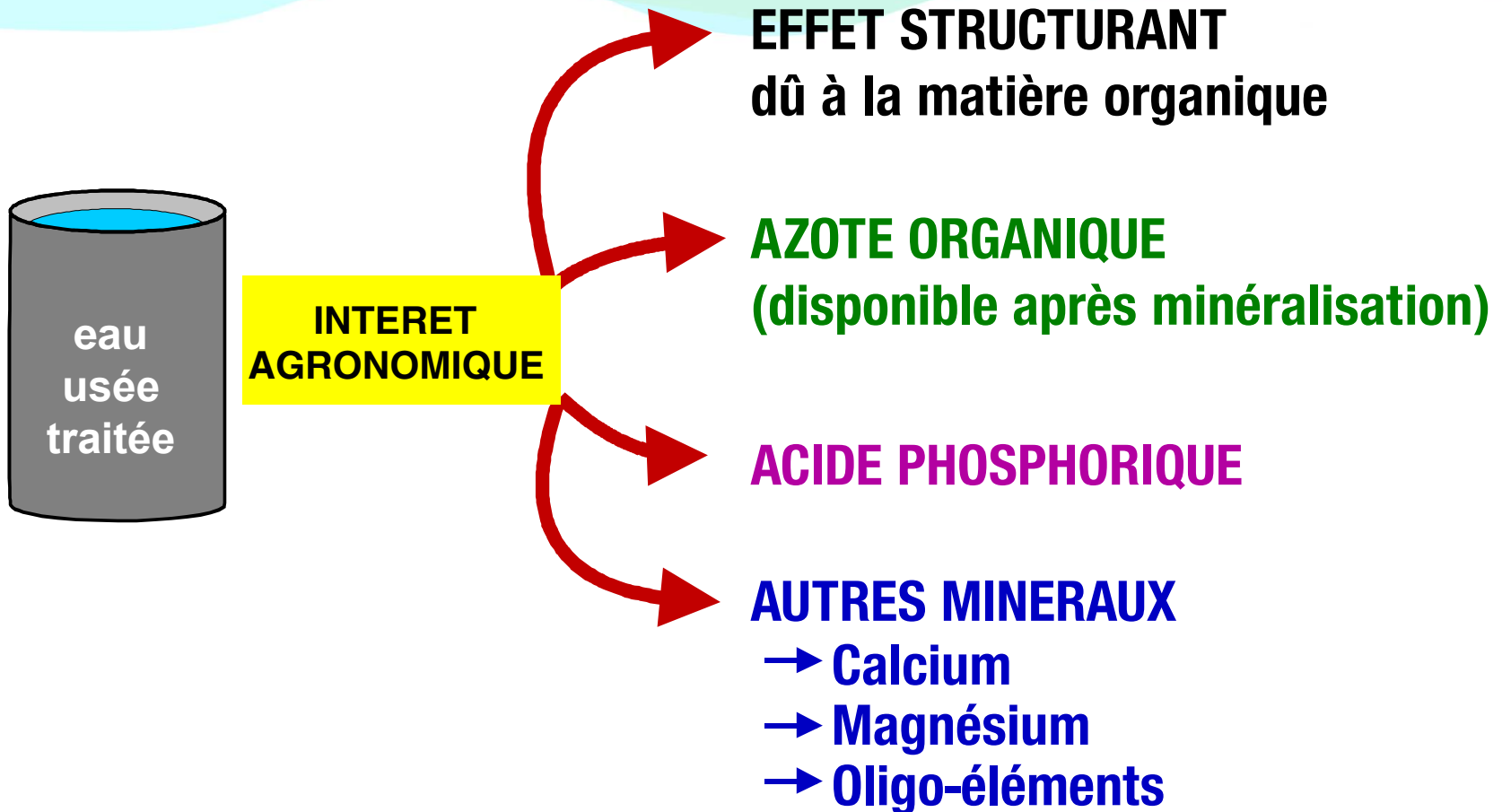
Aspects agronomiques
Notions d'agronomie

Eau + présence de nutriments (N & P)
en fonction du degré de traitement dans la STEP



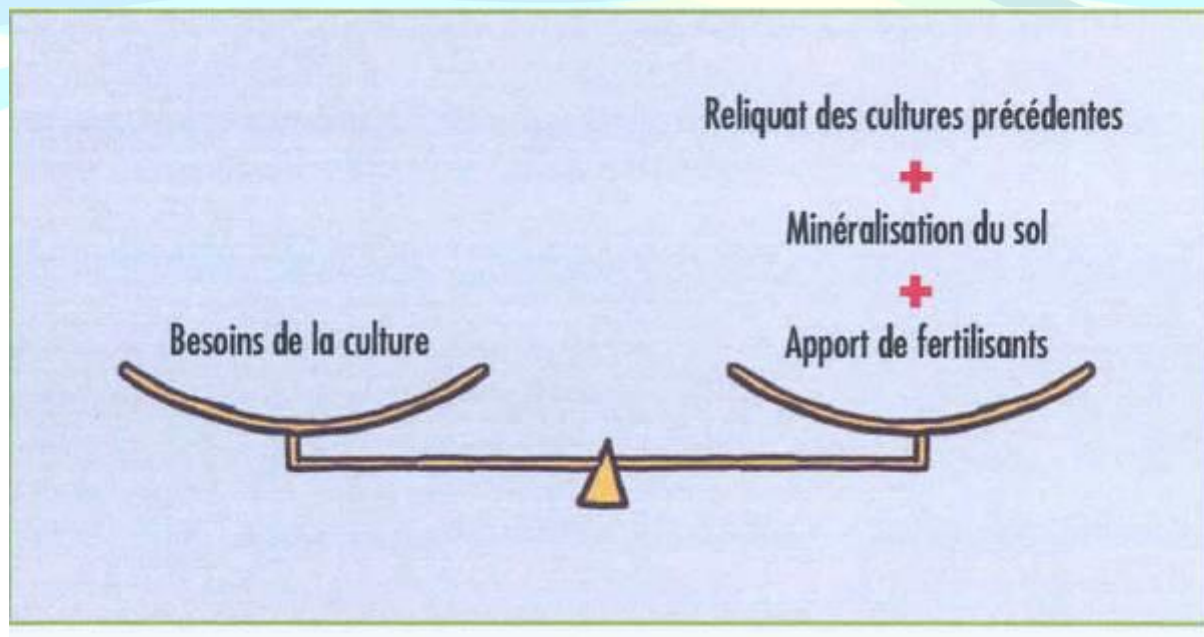
Aspects agronomiques

Notions d'agronomie



La REU NE DOIT APPORTER QUE LES QUANTITES d'EAU et D'ELEMENTS FERTILISANTS UTILISEES PAR LA PLANTE

Besoins des plantes (cf données CORPEN)



Exportations moyennes nationales pour quelques grandes cultures
(Bilan campagne 1998 – chiffres en kg/ha) :

	Rendement	Azote N	Phosphore $P_2O_5^*$	Potasse K_2O^*	Chaux CaO^*	Magnésie MgO^*
Blé (grains)	77 q/ha	146	69	39	5	12
Maïs (grains)	85 q/ha	136	60	43	3	15
Colza (grains)	33 q/ha	119	50	33	26	13
Betterave (racine entière)	68 q/ha	136	68	252	61	54

* mode d'expression des éléments en agriculture

Aspects sociaux

Aspects sociaux

Bénéfices de la réutilisation

- Amélioration de l'assainissement (amont)
- Multiples intérêts (aval)
- Nouvelle ressource disponible
- Facteur dynamisant de l'activité économique, emplois et cadre de Vie, etc ...



Réticences de la réutilisation

- Risque sanitaire, barrière réglementaire ?
- Impact de la médiatisation (cas défavorables surtout mis en avant)
- Barrières culturelles, changement et adaptation des pratiques traditionnelles



Très dépendant du contexte local
Approche au cas par cas

Reuse : une approche multi-critères

Faciliter la REUSE

Aspects Sociaux Eléments favorables

- Maitriser les risques sanitaires → Améliorer les conditions des travailleurs et consommateur
- Augmenter l'accès à l'eau via la reuse → diminuer la pression sur les autres ressources en eaux
 - Dynamiser l'économie locale – impact positif
 - Nouveaux métiers – source d'emploi
 - Rapprocher les acteurs
- Favoriser la reuse
 - Replacer l'assainissement à sa juste valeur
 - Rôle des municipalités, liens entre élus et administrés, mais aussi professionnels de l'eau, ONG, fermiers, éleveurs...
 - Créer des espaces verts, de rencontre, des lieux dédiés au sport

Reuse : une approche multi-critères

Faciliter la REUSE

Aspects Sociaux Eléments défavorables

- Absence de réglementation claire → Réticence de certains acteurs
- Changement des habitudes et pratiques → Opposition parfois constatée par manque de connaissance du sujet
 - Pédagogie nécessaire des différents acteurs de la filière
 - Promotion et bonne communication sur les réussites
 - Rapprocher les acteurs pour la définition d'une ligne commune
- Le contexte médiatique
 - Impact fort
 - Très souvent mal documenté, attrait du scandale
 - Réel contrainte à prendre en compte dans les projets
 - Anticiper ce risque et prendre les devants ?

Reuse : une approche multi-critères

Faciliter la REUSE

Aspects Sociaux : exemple de la Palestine

Source: 2009 World Bank	Israel	West Bank
Volume extracted per annum (Mm ³)	1409	106
Population (millions)	7.1	2.35
A: Availability in litres/person/day	544	123
B: Availability in litres/person/day	824	123

A: Water available only from surface water and from aquifers

B: Water available with additional resources resulting from the desalination of seawater and the reuse of treated water

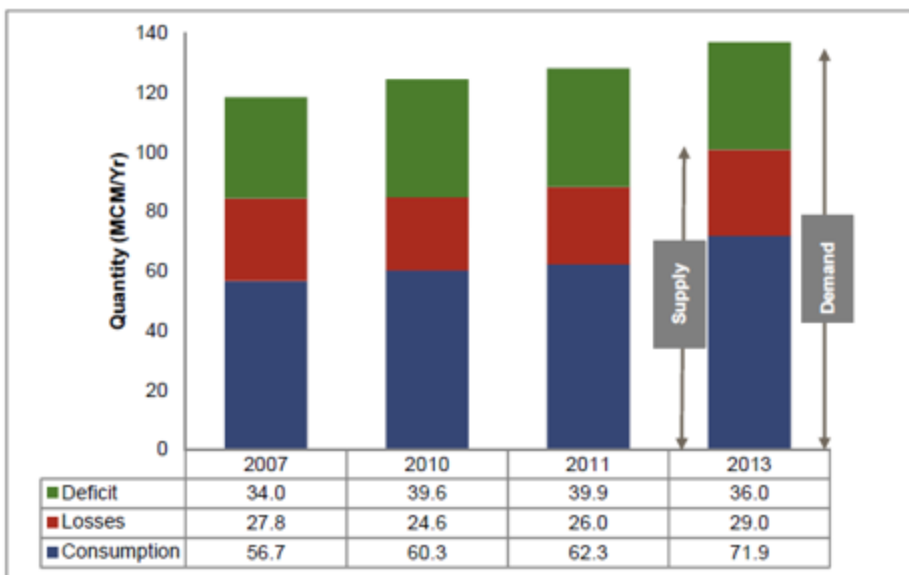


FIGURE 2.5: WATER SUPPLY AND DEMAND IN THE WEST BANK, 2007 - 2013

Aspects techniques

Reuse : une approche multi-critères

Aspects techniques ... ils sont nombreux

Analyse Qualité des eaux

Procédés d'épuration STEP

Procédés désinfection Des eaux

Techniques d'irrigation

Eaux brutes

Conception

Choix

Conception

Eaux traitées

Réalisation

Réalisation

Mise en oeuvre

Eaux traitées
désinfectées

Exploitation

Exploitation

Exploitation



Maintenance

Maintenance

Maintenance



Efficacité

Efficacité

Disponibilité de l'eau

Capacité analytique
des laboratoires ?

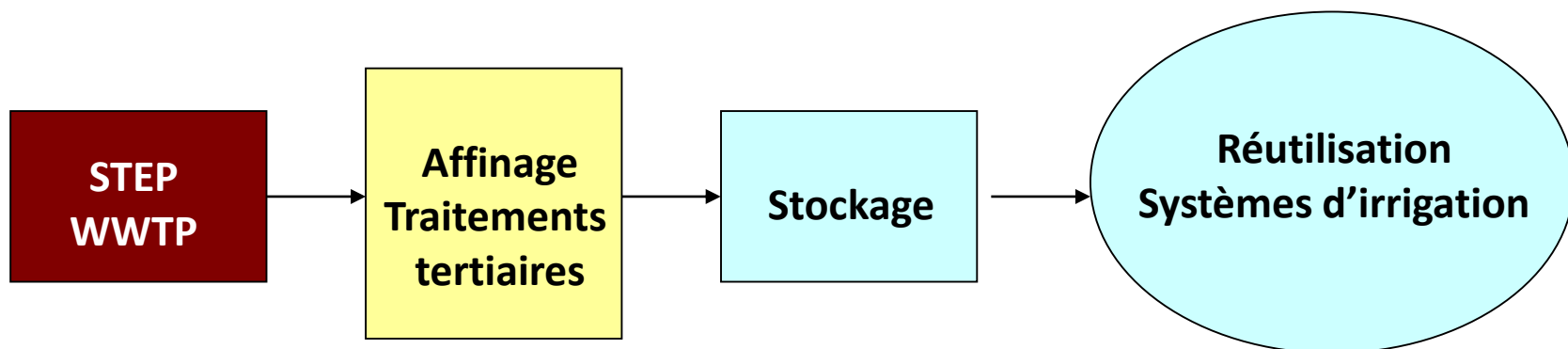
Fiabilité des systèmes

Fiabilité des systèmes

Pour le monde agricole

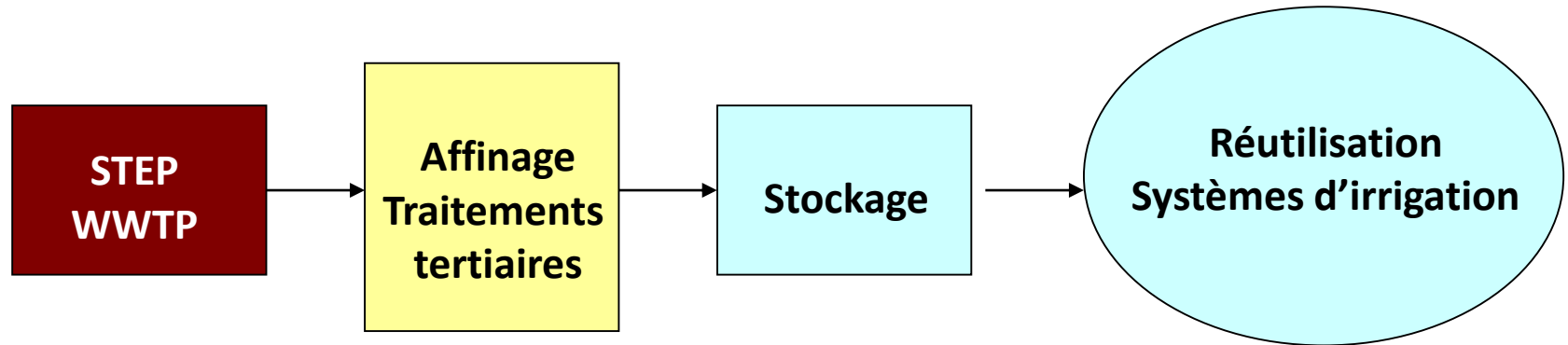
Reuse : une approche multi-critères

Aspects techniques ... éléments de base



Reuse : une approche multi-critères

Aspects techniques ... éléments clés pour assurer la durabilité des projets de réutilisation



- Conception et dimensionnement
- Mise en œuvre : réalisation et **réception**
- Exploitation : Moyens humains et financiers (STEP et modèle économique de l'irrigation)

**Sans une bonne maîtrise de ces 3 points clés,
la durabilité ne peut être garantie**

Reuse : une approche multi-critères

Aspects techniques ... STEP

Ne pas réutiliser d'eaux usées brutes

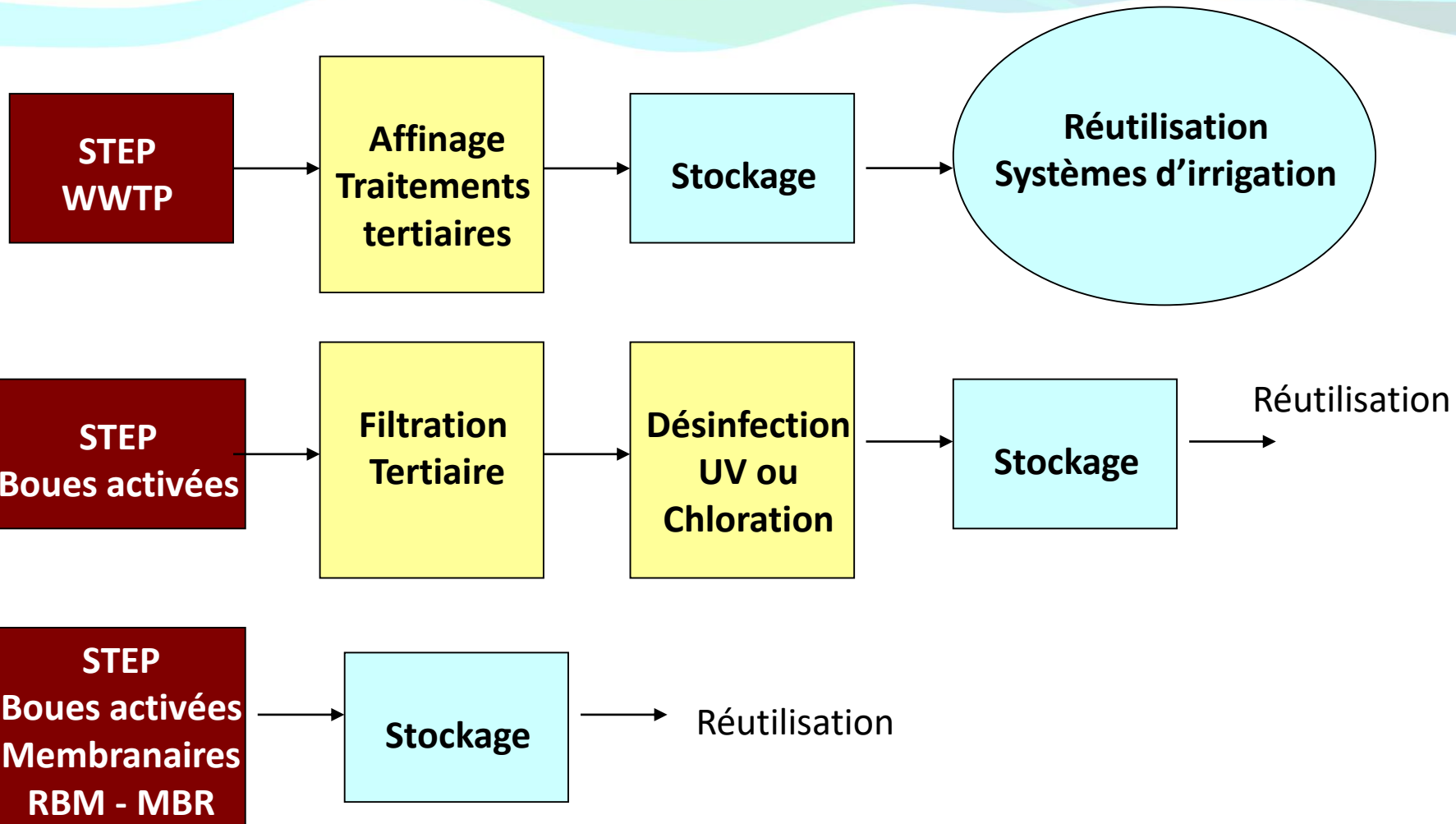
Objectifs :

Eviter le colmatage, la décantation (MES), les odeurs (DBO)

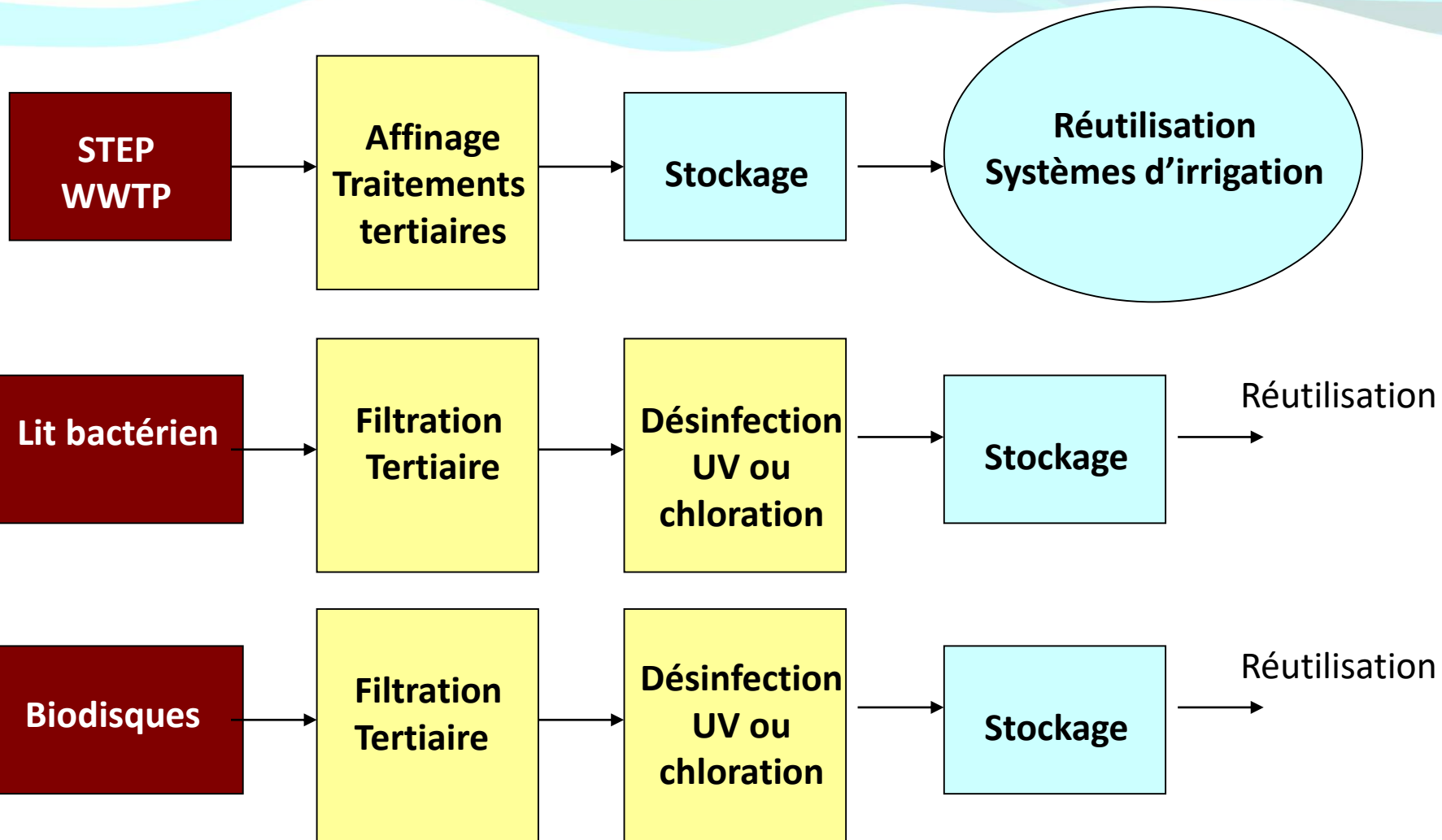
Eliminer les microorganismes pathogènes

Réduire les teneurs en azote pour protéger la ressource en eau

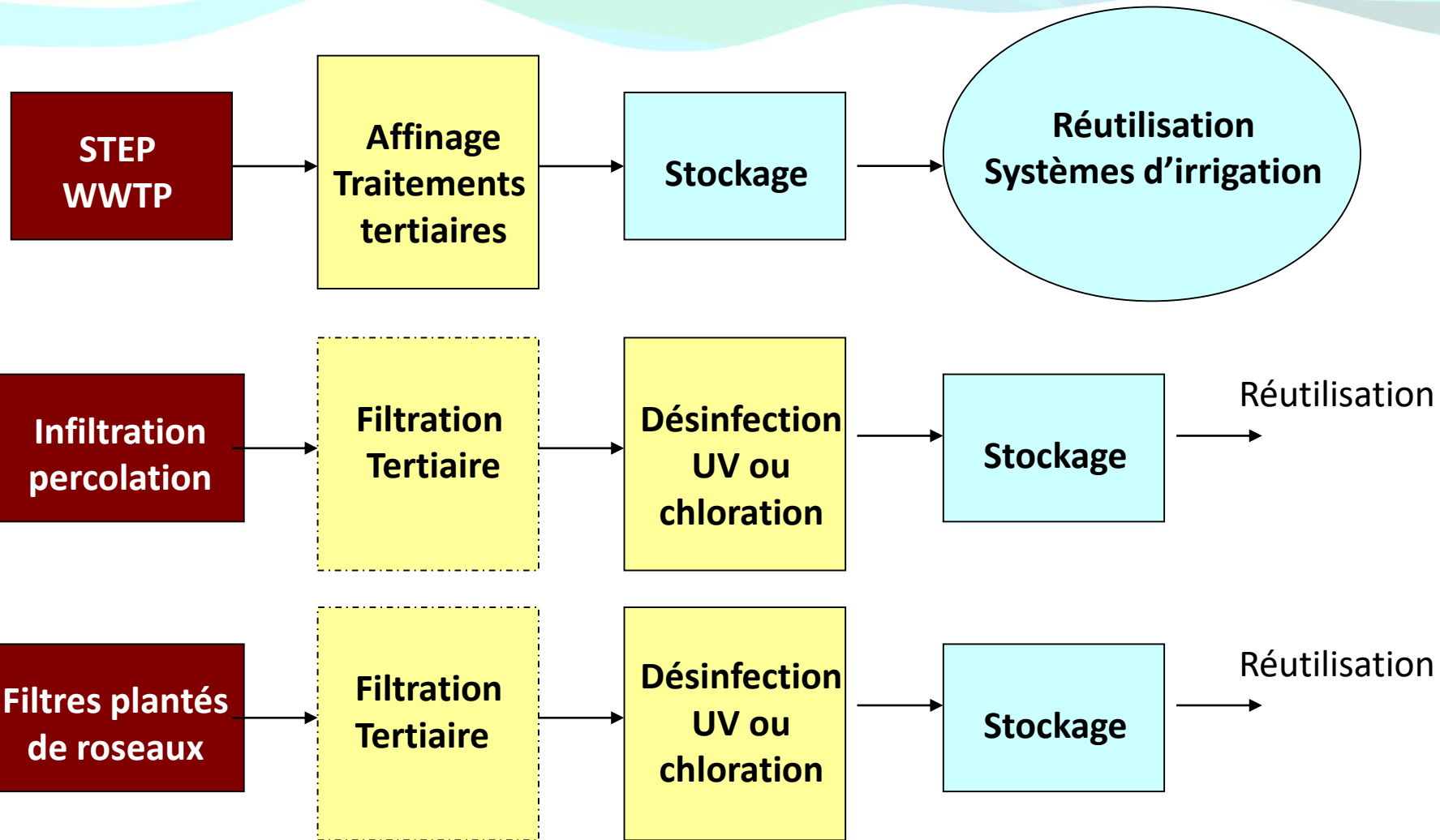
Exemple de filières conseillées



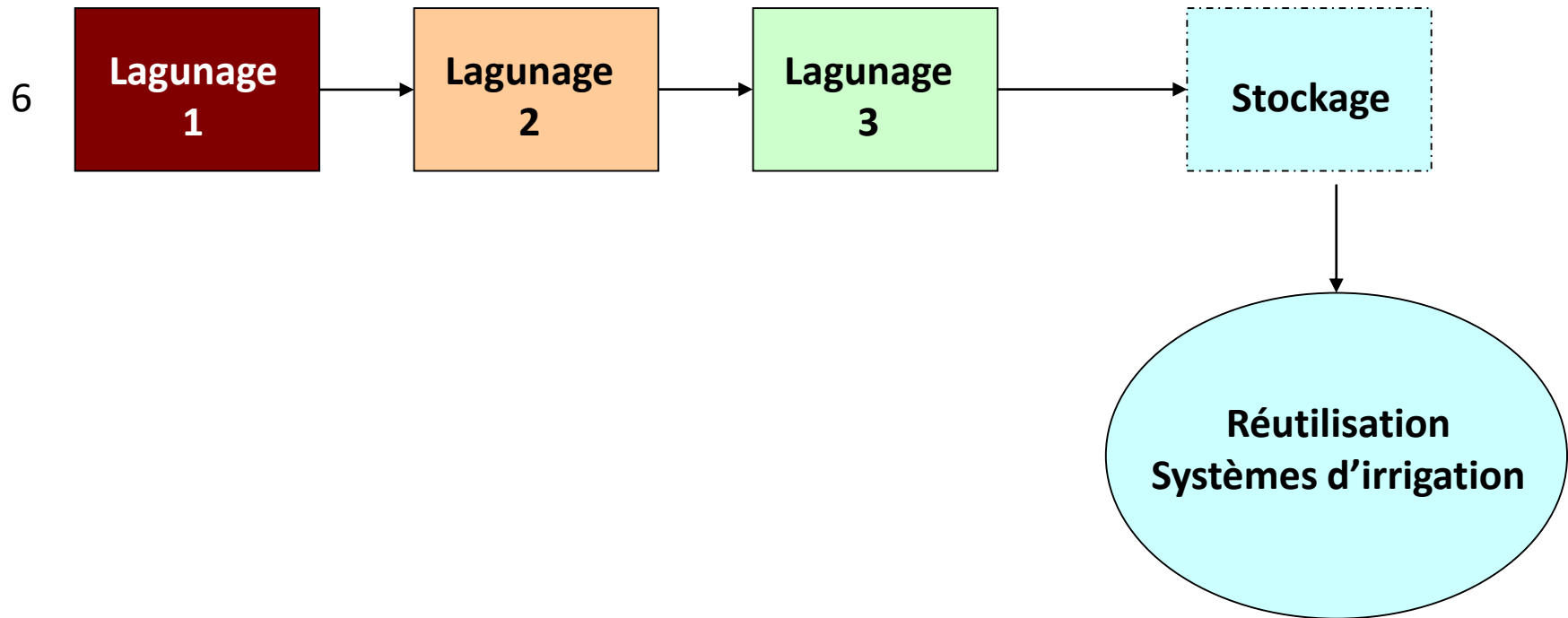
Exemple de filières conseillées



Exemple de filières conseillées



Exemple de filières conseillées



Abattement des GTCF en traitements classiques

Efficace si :

Abattement moyen minimal de 3 ulog sur chaque GTCF

>>> lagunage naturel

Pour les autres :
Procédés spécifiques de désinfection

Doses de traitement (paillard, Sibony, 1986)

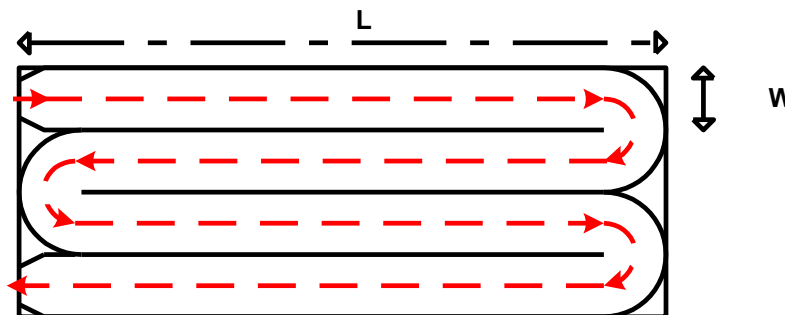
Pour un objectif de 1000 CF / 100 ml :

- Temps de contact = 30 mn,
- Résiduel de chlore total = 2 mg /l

Traitement précédent	Doses de chlore à appliquer (mg/l)
Physico-chimique	10 à 12
Biologique sans nitrification	8
Biologique avec nitrification	4
Biologique + tertiaire	2 à 3

Chloration: valeurs clé

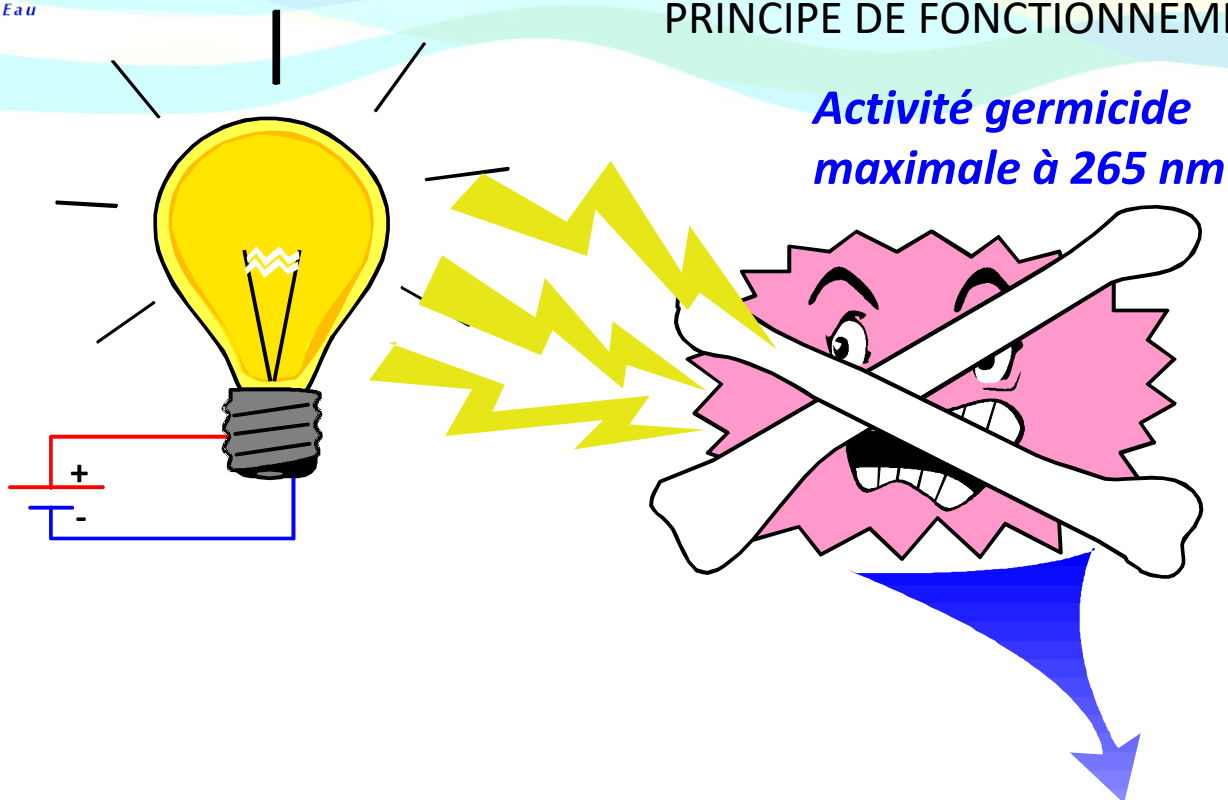
Eau de Javel
Chlore gazeux
HTH



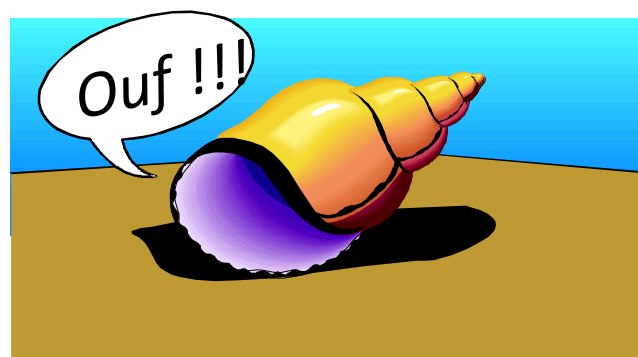
- Temps de contact > 30 min ,
- Flux piston (4 Longueur/ Largeur) > 60
- Implémentation :
 - Cl_2 gazeux : problème de stockage
 - Hypochlorite @ 150 g/l Cl_2 : plus facile à gérer, mais plus coûteux

Désinfection par les UV

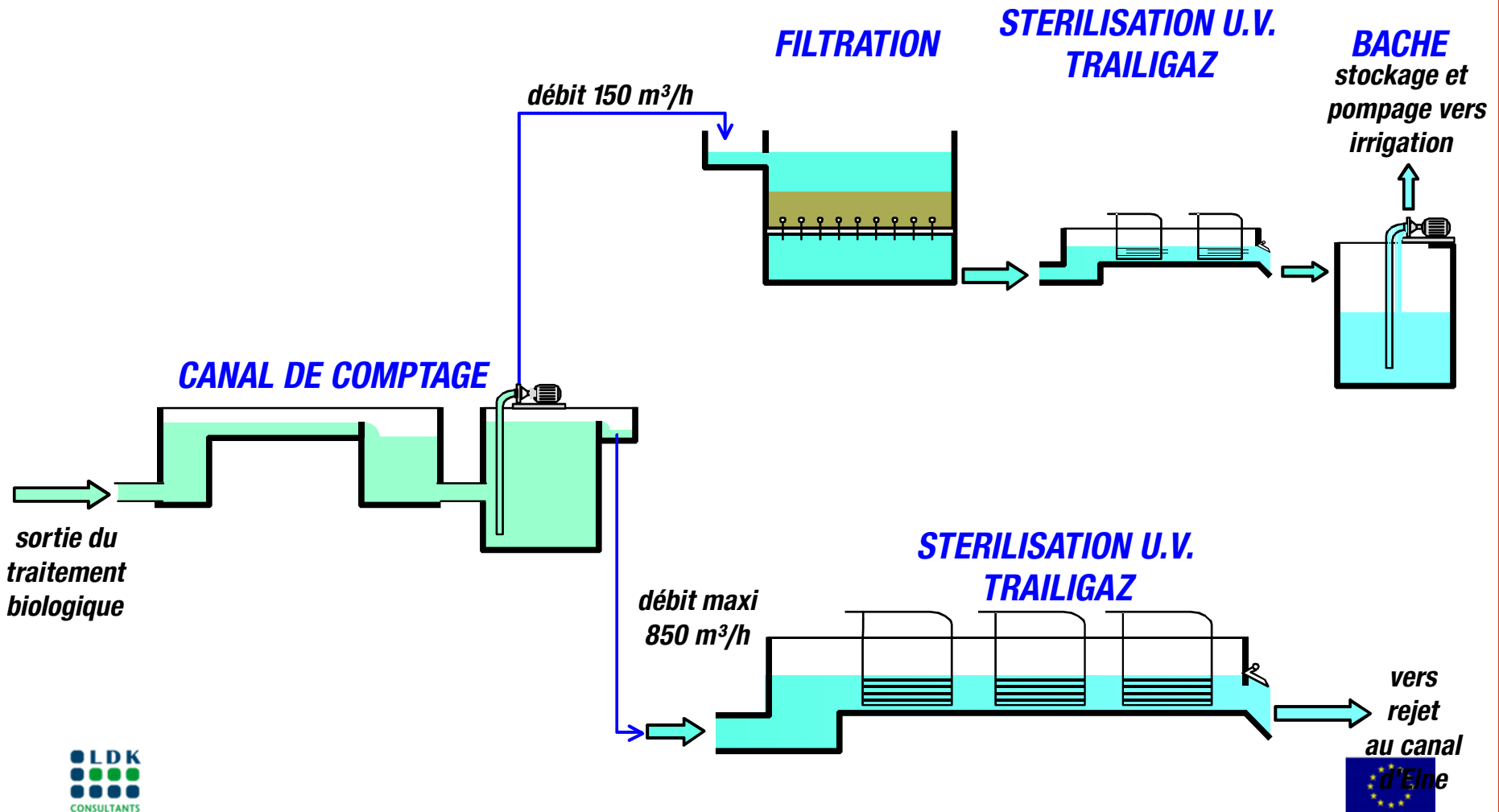
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



DESTRUCTURATION CELLULAIRE

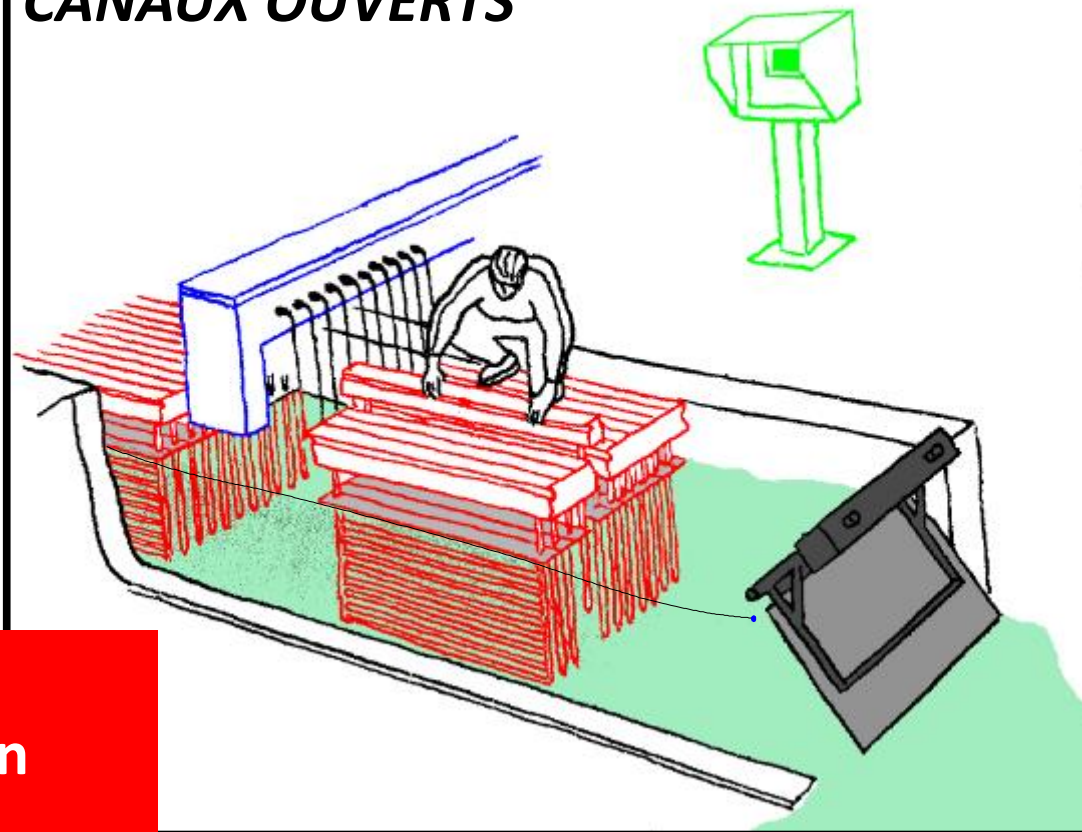


REU en irrigation



Mise en œuvre : LES CANAUX DE DESINFECTION

CANAUX OUVERTS



Avantages :

- .adaptation
- .extension
- .visualisation

Critères

- .pas de zones mortes
- .pas de courts circuits hydrauliques
- .asservissement au débit à traiter

CANAUX DE DESINFECTION

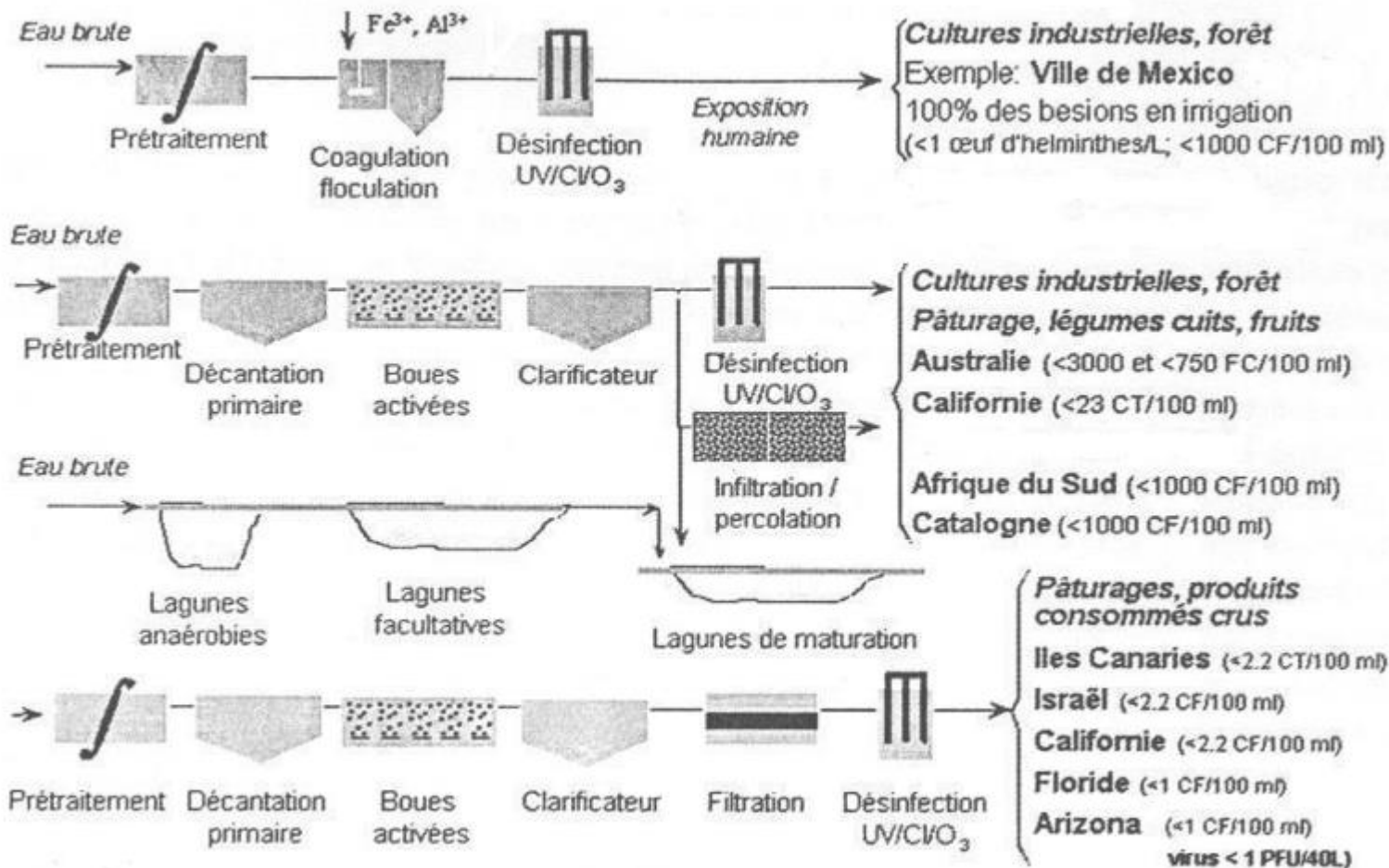
32 lampes pour 25 000 EH
13,2 kw en puissance installée



COMPARATIF

Critères	Cl ₂	O ₃	UV	RBM	Lagune	I.P.
Bactéries	+++	+++	+++	++++	+++	+++
Virus	+	++	++	+++	++	++
Protozoaires et parasites	-	++	-	+++	+++	+++
Reviviscence	+	+	++	-	+	-
Toxicité résiduelle et sous-produits	+++	+	- / +	-	-	-
Coût d'investissement	+	++	++	+++	++	+ ou ++
Coût de fonctionnement	+	+++	++	++++	+	+
Surface requise	+	+	+	-	+++	+++

COMPARATIF



Aspects économiques

Aspects économiques

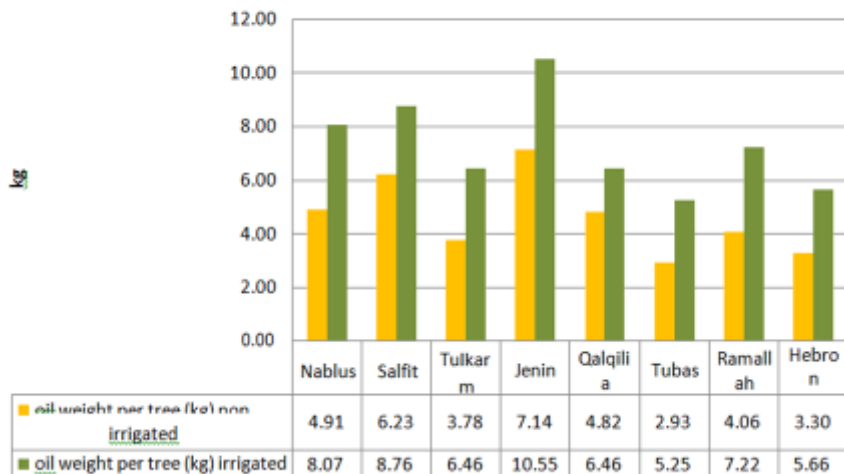
Intérêts

- Ils se déclinent principalement suivant 3 axes :
 - **Augmentation des périodes de culture**
 - **Augmentation des rendements agricoles**
 - **Diversification des cultures**

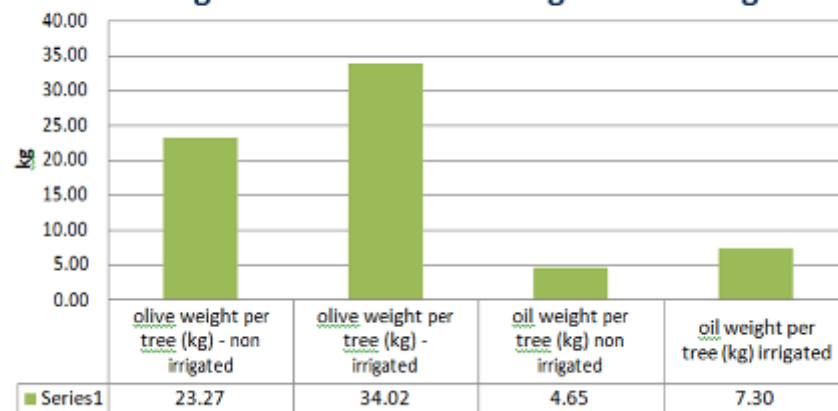
Reuse : une approche multi-critères

Aspects économiques ... study case Palestine

Oil Weight - Irrigated Vs Non Irrigated



Comparison Between Olive and Olive Oil Weight Increases - Non irrigated vs. Irrigated



Treatment	Average olive production/tree	Olive oil production/tree	% of olive oil
Irrigation and fertilizer	78kg	16 kg	20
Only irrigation	56	12 kg	21
Rainfed	34	6 kg	17

#	Intervention	Olive Fruits Kg/ dunum	Olive Oil Kg/ dunum
1	Treated water only	237	50.2
2	Normal water and Humic Acid	280	60.6
3	Normal water only	230	50.3
4	No water or Humic Acid	90	20.15

Reuse : une approche multi-critères

Aspects économiques ... study case Palestine

Treatment	Production of wheat (anber variety), all the plants, kg/dunum
Irrigation with treated wastewater with Fertilizer	2 520
Irrigation with treated wastewater without Fertilizer	2 036
Without irrigation, with fertilizer	1 600
Without irrigation, without fertilizer	572

crop	Production kg/d rain fed	Production kg/d irrigated
barley	240	450
wheat	269	700
olive	179	550
almond	165	450
grape	1662	3000

Aspects économiques

- Le prix du m3 réutilisé doit prendre en compte :
 - les aspects économiques (coûts directes)
 - Les aspects environnementaux (Coûts/bénéfices indirectes)
 - Les aspects sociaux (Coûts/bénéfices indirectes)



Pour la durabilité des projets, le prix doit être le résultat d'une décision politique

Prix du m3 réutilisé < Prix du m3 de la ressource

La valeur du m3 réutilisé dépend aussi de sa disponibilité
À l'endroit et le moment voulu

Aspects économiques Politiques tarifaires

- Il existe 4 différentes approches :
 - **Gratuité** : favorise la réutilisation et permet de limiter l'impact environnemental des rejets sur la ressource (milieux sensibles)
 - **% du prix de l'eau potable** : souligne les avantages économiques de la réutilisation (exemples : Californie, Australie)
 - **Prix en fonction de la capacité de paiement des utilisateurs** : prix juste en fonction de la réalité économique locale. Permet de maintenir la notion de valeur et d'utilisation raisonnée.
 - **Même prix que l'eau de la ressource** utilisée historiquement :
Exemple Chypre : 0,1 €/m³ puis réforme de la politique de prix de la Ressource. L'eau de ressource passant à 0,2 €/m³, la différence est attractive.

Réutilisation directe et indirecte

(2^e partie)

Réutilisation directe et indirecte

Réutilisation directe



Réutilisation indirecte

L'eau traitée (incluant désinfection)
est fournie aux utilisateurs
directement via stockage

L'eau traitée est restituée à
la ressource permettant de la renforcer
et de permettre davantage d'utilisation
de cette ressource.

C'est la filière historique de l'assainissement
Au 20^e siècle

Réutilisation directe et indirecte

Premiers éléments de comparaison

Réutilisation directe



Réutilisation indirecte

Temps de séjour court

Risque sanitaire plus important

Nécessite un niveau de traitement
plus important

Restitution à la ressource

Bénéfice du pouvoir auto-épurateur
(eaux superficielles)

Facteur de dilution

Niveau de traitement moins exigeant

Vis-à-vis du risque sanitaire

Réutilisation indirecte

Il existe différentes formes de réutilisation indirecte

Principalement :

- Restitution aux cours d'eau
- Renforcement d'un réservoir naturel d'eau brute (barrage, lac, zone humide, ...)
- Recharge d'un aquifère souterrain

Avantages :

- Permet de compléter directement un besoin agricole en eau
- Permet de dédier l'EUT à des utilisations ciblées (cultures spécifiques, zones Géographiques ciblées, ...)
- Limitation de l'impact environnemental au niveau du rejet
- Réduction des contraintes de traitement (azote et phosphore) pour les milieux aquatiques sensibles
- Aide à développer une culture de fiabilisation des procédés de traitement (exigence des utilisateurs en aval)
- Favorise le développement de projets à bénéfices économiques et sociaux (Permet de rapprocher les acteurs de la filière)
- Permet plus de souplesse dans la mise en œuvre d'une politique volontariste
Notamment à travers différentes politiques tarifaires

Inconvénients, limites :

- Nécessite souvent des traitements tertiaires pour permettre la désinfection
- Requiert une désinfection dont l'efficacité dépend du type d'usage, risque sanitaire à maîtriser
- Contraint à la mise en place d'un suivi analytique sanitaire (coût, capacité?)
- Nécessite de veiller aussi aux risques à long termes (salinisation, sodisation)
- Impose une fiabilité et régularité de la production d'EUT (protection des systèmes d'irrigation, calendrier des besoins en eau)
- Peut conduire à des coûts additionnels (énergie de pompage)
- Recul sur l'apport des micropolluants émergeants ?
Impact des dérivés chlorés ?
- **Nécessite une bonne réglementation, sécurisante et favorisant les projets**

Réutilisation indirecte

Avantages :

- Permet de renforcer une ressource pour plusieurs usages, pas seulement agricoles
- Permet de tirer profit du pouvoir auto-épurateur du milieu naturel (en accord avec les niveaux de rejets de la réglementation)
- Permet de s'affranchir souvent des contraintes de désinfection et donc des traitements tertiaires
- Réduit les contraintes de suivi analytique, notamment pour le risque bactériologique
- Réduit souvent les coûts d'exploitation au niveau des station d'épuration par rapport à une réutilisation directe

Réutilisation indirecte

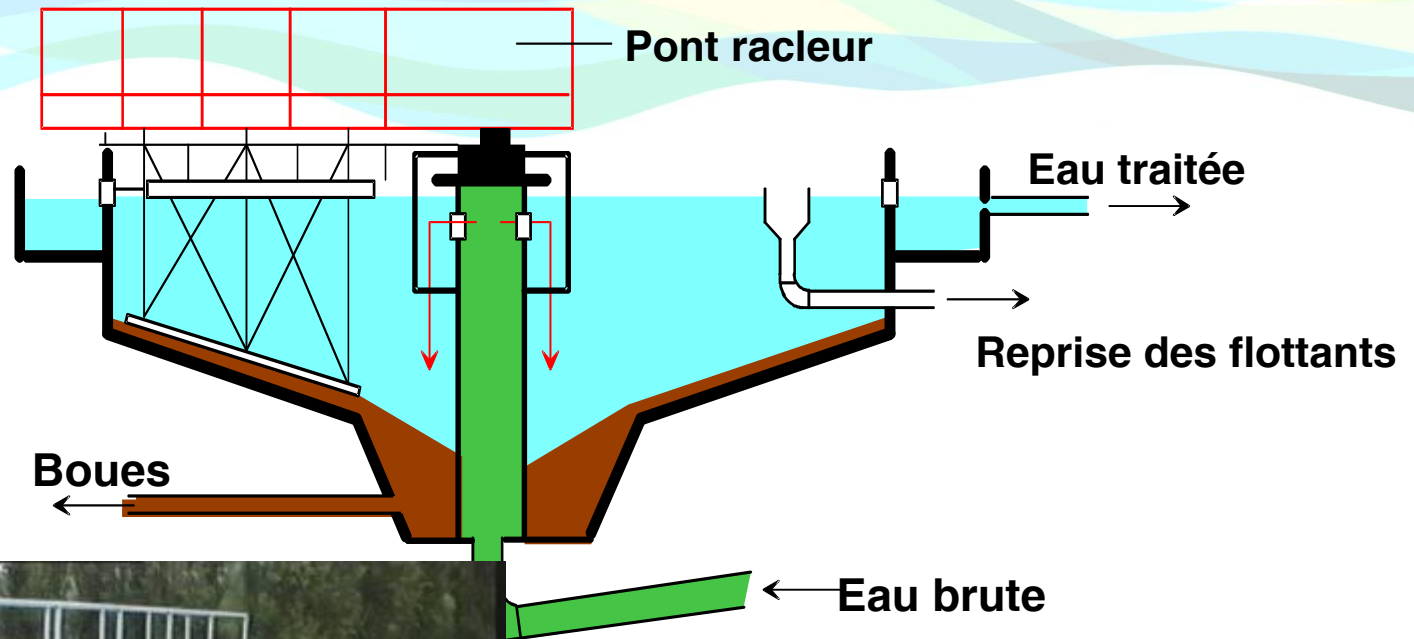
Inconvénients, limites :

- Conduit souvent à la prise en compte du traitement de l'azote et du Phosphore, contrainte des niveaux de rejet
- Ne favorise directement pas la mise en place de projets spécifiques
- Ne permet pas de couvrir certains coûts de traitement de la STEP, par la revente d'eau
- Recul sur l'apport des micropolluants émergents ? Réglementations en évolution par exemple en Europe
- Ne permet pas de replacer la STEP dans un environnement social et économique, à sa juste place

Réutilisation directe et indirecte

Importance de la maîtrise des systèmes de traitement

Décantation primaire



MES : 40-60 %

DBO : 25-30 %

Virus : 10-30 %

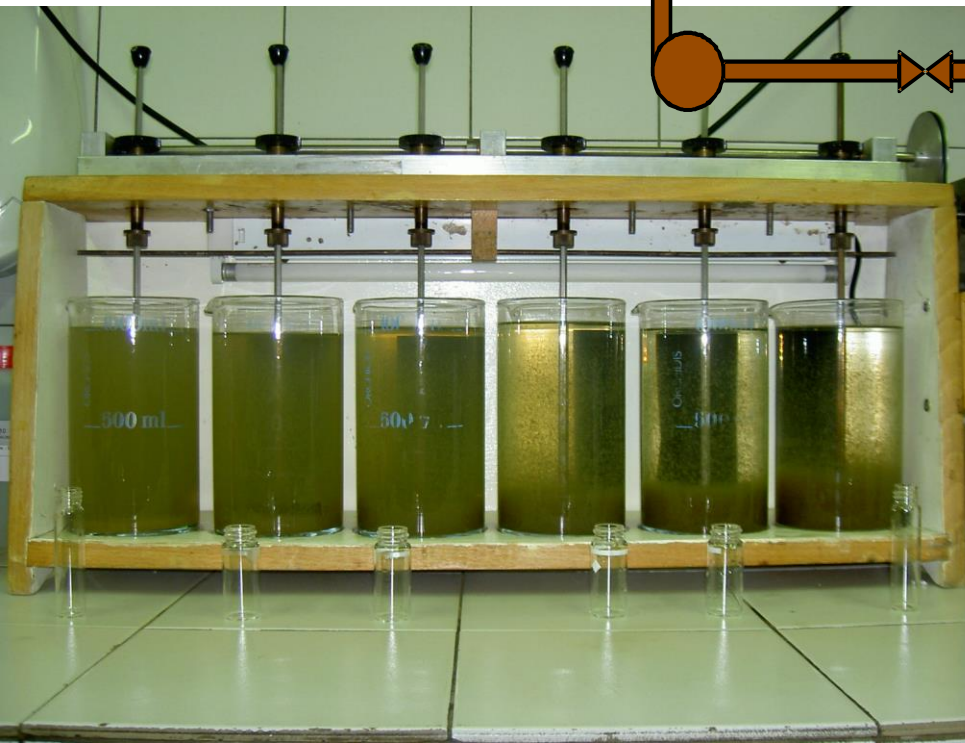
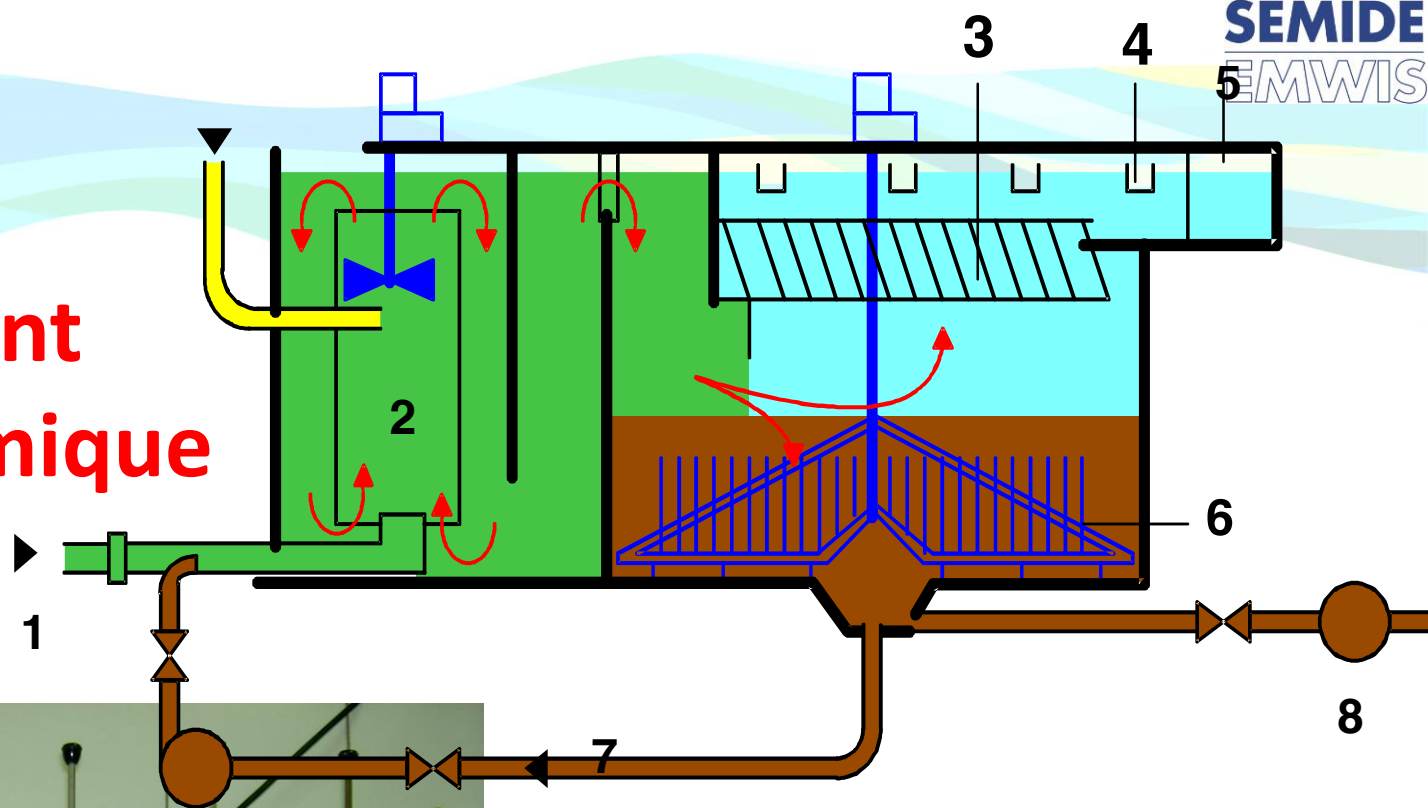
Bactéries : 10-30 %

Œufs d'helminthes : 50-90 %

(si TS = 2-3 h et 1,2 m/h)

Kystes de protozoaires : < 50 %

Traitement physico-chimique



MES : 90 %

DBO : 50-70 %

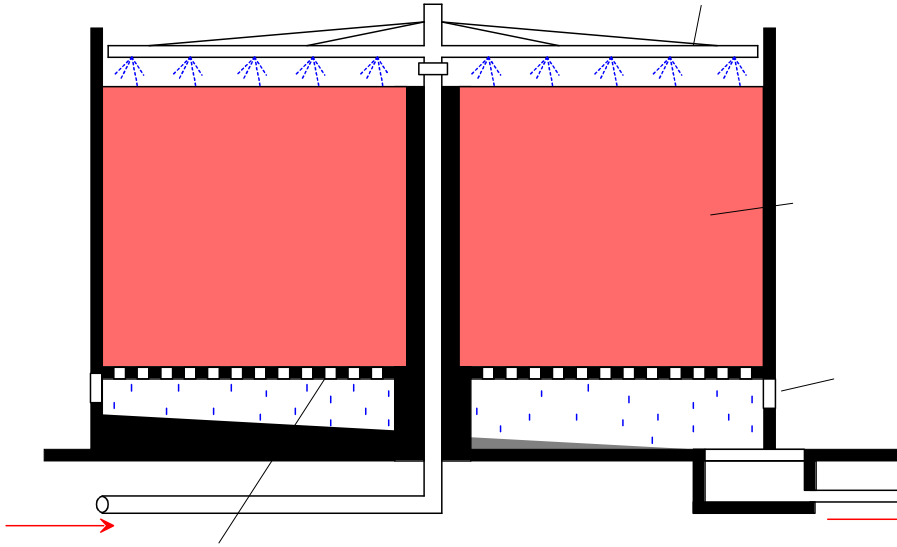
Virus : 10-30 % ?

Bactéries : 10-30 % ?

Fonction du pH



Lit bactérien



MES : 85-90 %

DBO : 85-90 %

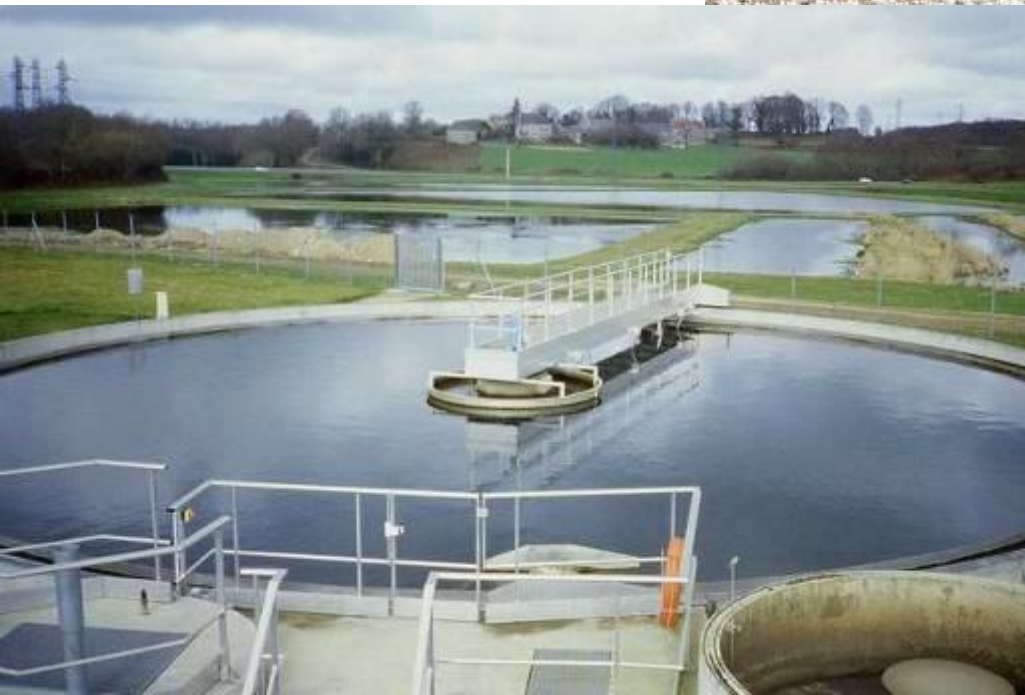
Virus : 30-40 %

Bactéries : 50-95 %

Œufs d'helminthes : 20-90 %

Kystes protozoaires : 83-99 %

Boues activées



MES : 90 %

DBO : 90 %

Virus : 90 %

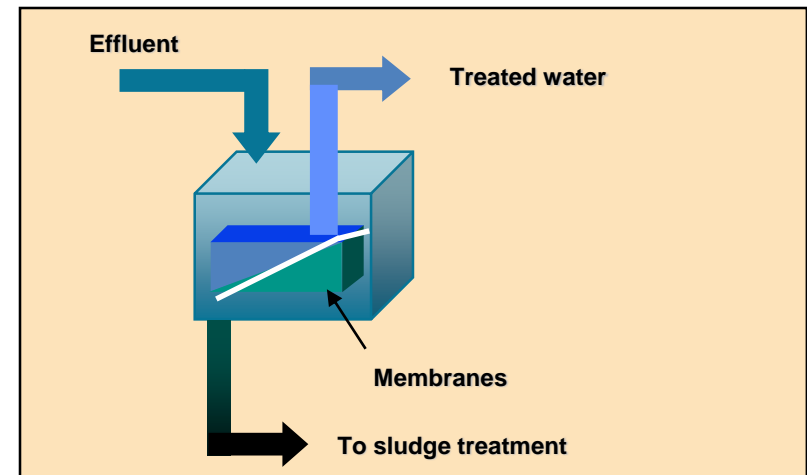
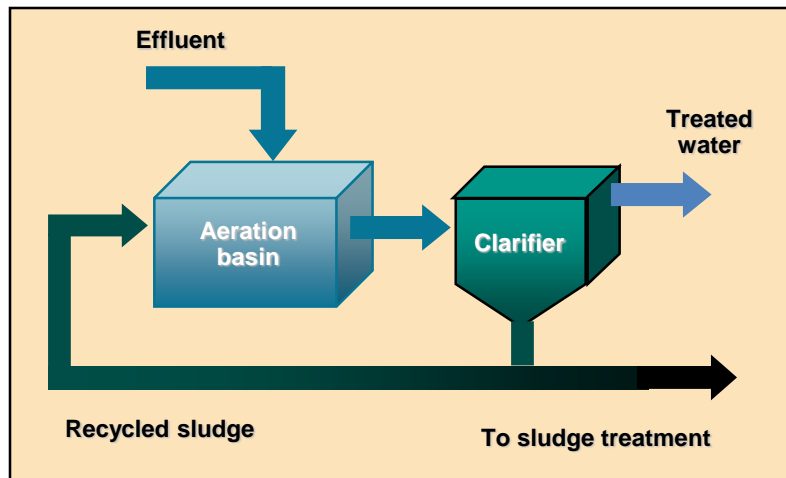
Bactéries : 60-99 %

Œufs d'helminthes : 80-100 %

Kystes protozoaires : 83-99 %

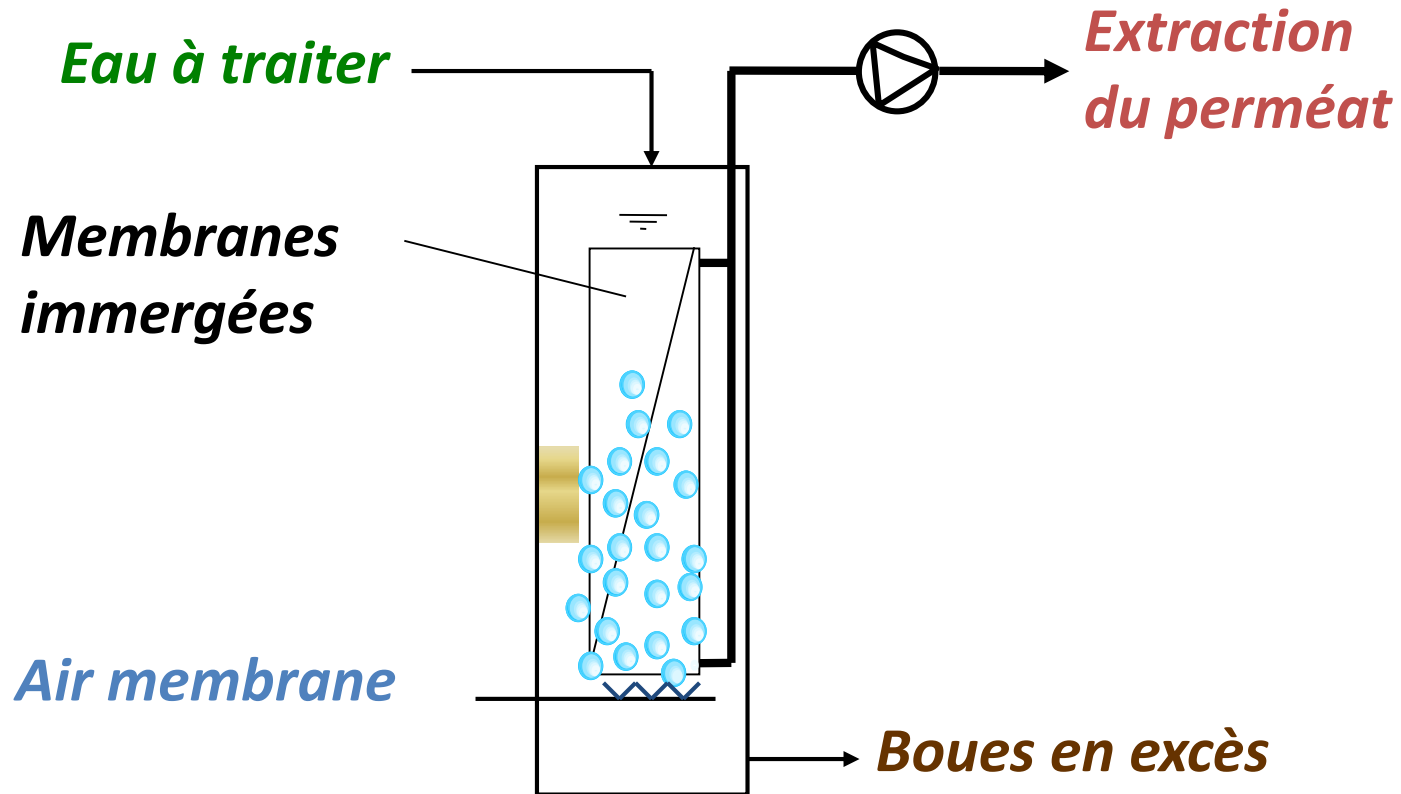
Réacteur biologique à Membrane

BOUES ACTIVEES + SEPARATION PAR MEMBRANES



Réacteur biologique à Membrane

Principe

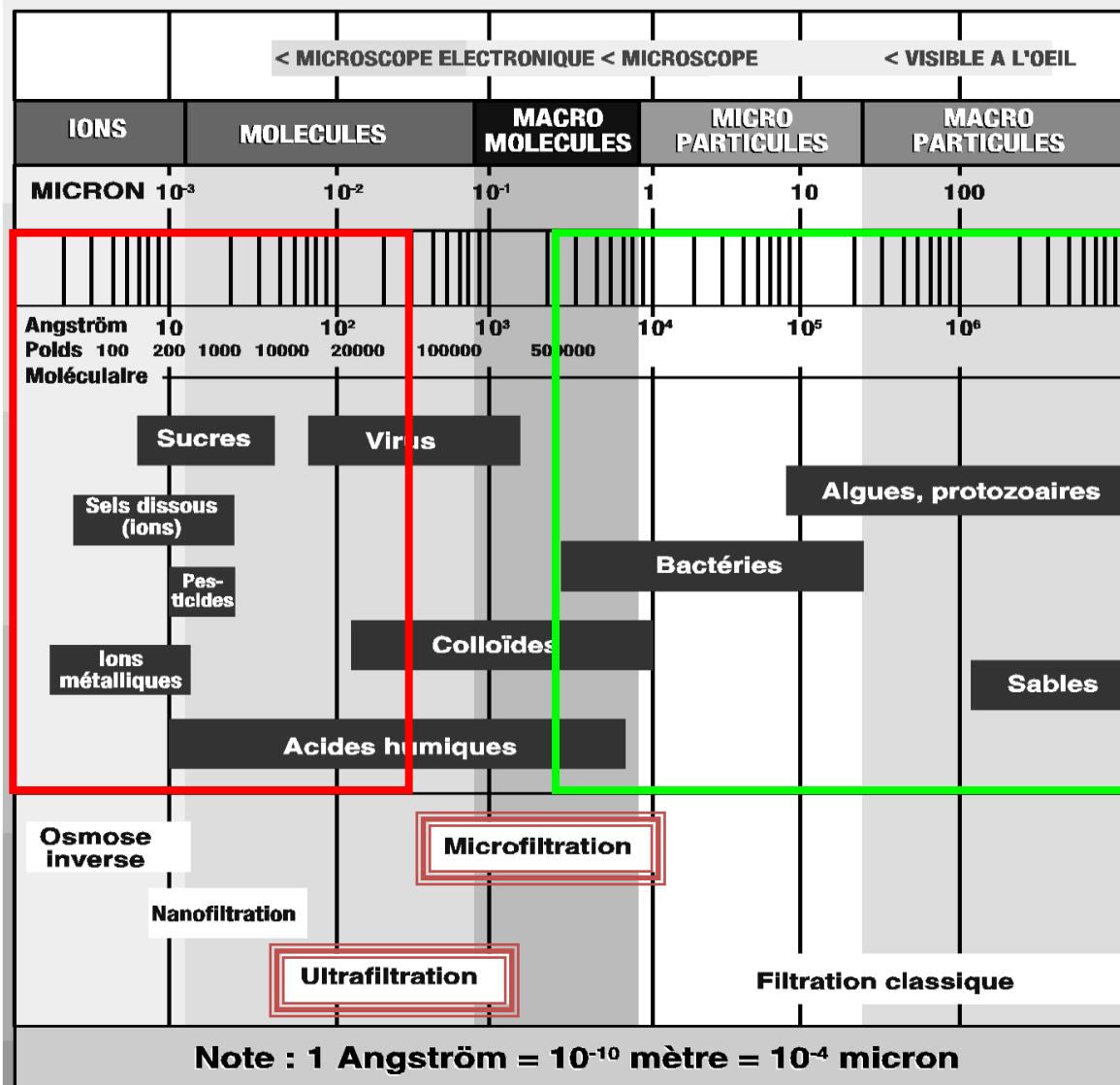


ZONES D'EFFICACITE DES TECHNIQUES DE SEPARATION

Principe

Ultrafiltration

Microfiltration



Performances du procédé

DCO > 95% DBO5 < 5 mg/L

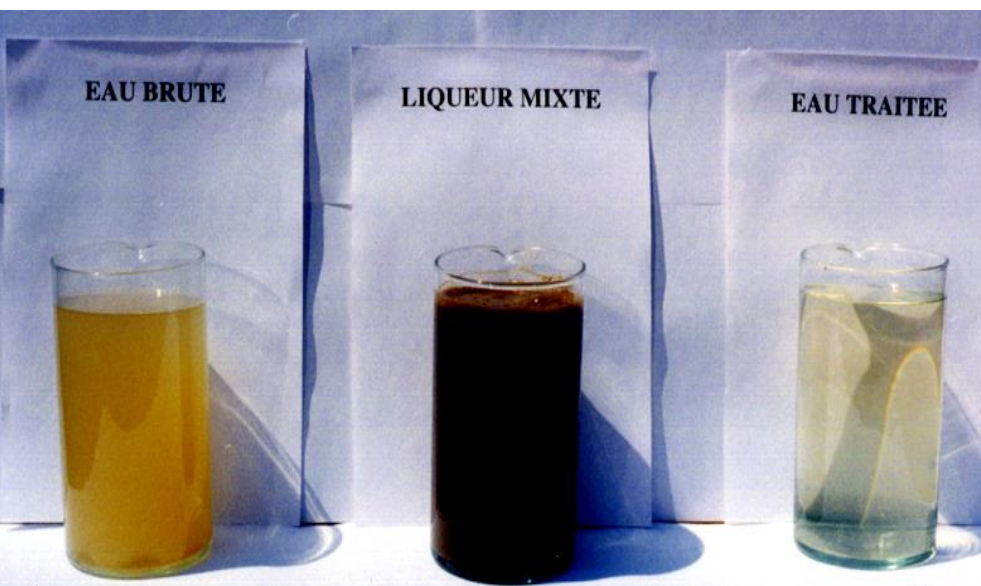
MES > 99% MES < 5 mg/L

Nit / Dénit idem BA classique

PT P tot. < 0.1 mg/L

Désinfection

- coliformes totaux : 5 u.log
- bactériophages : 3 u.log
- oeufs d'helminthes retenus



INFILTRATION PERCOLATION



Filtres plantés de roseaux (FPR)



Rejet FPR



Rejet lagune

Abattement des GTCF (ulog10) en traitements classiques (WHO technical report, 1989)

Traitement	Bactéries	Helminthes	Virus
Décantation primaire :			
- Classique	0 - 1	0 - 2	0 - 1
- Physico-chimique	1 - 2	1 - 3	0 - 1
Boues activées	0 - 2	0 - 2	0 - 1
Lagunage aéré	1 - 2	1 - 3	1 - 2
Désinfection au chlore ou à l'ozone	2 - 6	0 - 1	0 - 4
Lagunage	1 - 6	1 - 3	1 - 4

Pour une catégorie A, il faut des abattements :

De 4 ulog10 pour les bactéries,

De 3 ulog10 pour les helminthes

LAGUNAGE TERTIAIRE

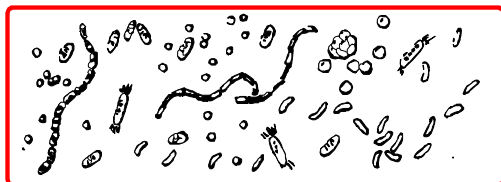


LAGUNAGE TERTIAIRE

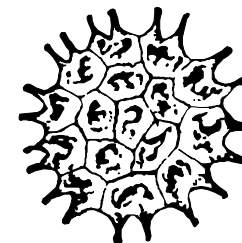


Le zooplancton
Daphnie

Les bactéries



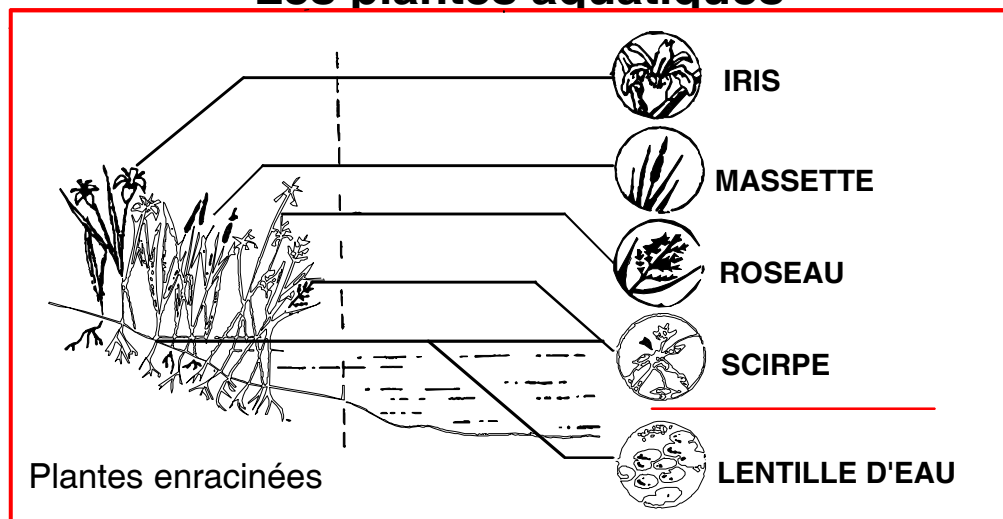
Les algues



Pédiastrum boryanum
chlorococcale

EQUILIBRE

Les plantes aquatiques



Rendements de décontamination

En sortie de boues activées : 10^6 / 100 ml (CT)

Requis en France :

pour les eaux de baignades : 10^4 / 100 ml (CT)

pour la REU en irrigation : 10^3 / 100 ml (CT) A et B

Abattement requis : \geq à 2 u.log voire 3

Carthagène :

- . 3 u.log en juin

- . 1,2 à 2 u.log en automne et printemps

Dordogne :

- . 4 u.log en été

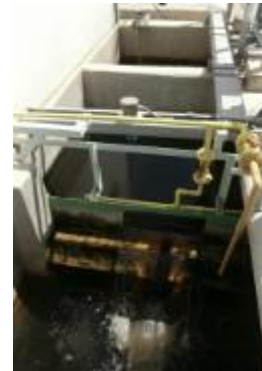
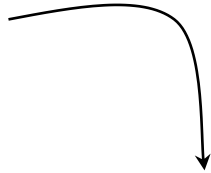
Efficacité réelle ?



Origines ...



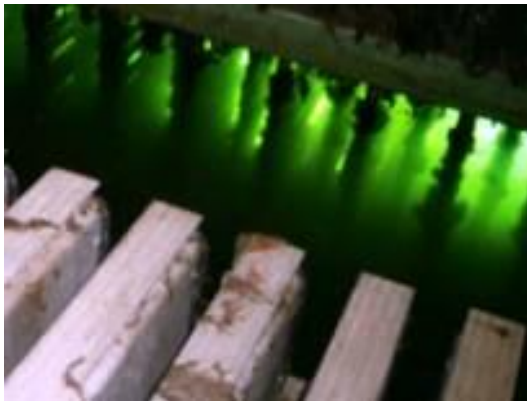
Efficacité réelle ?



Filtration tertiaire et CANAUX DE DESINFECTION



Efficacité réelle ?



Turbidité

Développement d'algues



Exploitation
Et
Maintenance

(coût – renouvellement ?)

Conséquences sur les systèmes d'irrigation



Colmatages fréquents, by-pass



Colmatages fréquents, perturbation
de l'irrigation
(goutte-à-gouttes très sensibles)



Projets durables = intégration des problématiques amont

- Conception et dimensionnement
- Mise en œuvre : réalisation et **réception**
- Exploitation : Moyens humains et financiers (STEP et modèle économique de l'irrigation)

Moyens humains et financiers
requis

- Budget suffisants
- Taille des équipes et management
- Compétences et **Formation professionnelle**

CONCLUSION et Début des débats ...

Les défis des changements climatiques

Reuse : une approche multi-critères

Risques sanitaires

Challenges environnementaux

Besoin d'une réglementation adaptée

Aspects agronomiques

REUSE possible

Mise en œuvre
réelle

REUSE opérationnelle

- Challenges techniques (STEP + Labo)
- Challenges humains - compétences
- Challenges sociologique pédagogie
- Challenges économiques durabilité des projets



Les 4 engagements du Pacte de Paris

4 priority commitments in the Pact of Paris

Renforcer les capacités et les connaissances

- Réseaux de surveillance
- Systèmes d'Information sur l'Eau
- Interface entre recherche et décideurs
- Outils d'aide à la décision

Adapter la planification et la gestion par bassin

- Evaluer impacts et vulnérabilité
- Stratégies d'adaptation et plans d'action
- Utilisation plus économe et durable des ressources en eau
- Mesures Naturelles de Rétention des Eaux

Renforcer la gouvernance

- Capacités institutionnelles des OB
- Capacités individuelles
- Mécanismes d'implication des parties prenantes et gouvernance participative

Assurer un financement adéquat

- Mécanismes de financement durable
- Programmes d'investissement

Reinforce capacity and knowledge

- Monitoring networks
- Water Information Systems
- Exchange platforms between research and decision making
- Translation into policy responses

Adapt basin management planning

- Impact and vulnerability assessment
- Adaptation strategies
- More efficient and sustainable use of water
- Water-related ecosystems services (NWRM)

Reinforce governance

- Individual capacities of BO staff (training)
- Institutional capacities
- Stakeholders' involvement and participative governance

Ensure adequate financing

- Sustainable financial mechanisms
- Investment programs

SWIM and Horizon 2020 Support Mechanism

Working for a Sustainable Mediterranean, Caring for our Future

Thank you for your attention.

This Project is funded by the European Union

