



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE
DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère des Ressources en eau



Agence de Bassin Hydrographique Sahara

Colloque International sur les Ressources
en Eaux Souterraines du Sahara

CIRESS

L'utilisation des eaux usées
épurées en irrigation

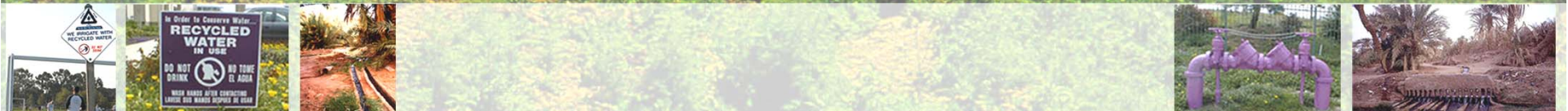


Tecsult International Limitée



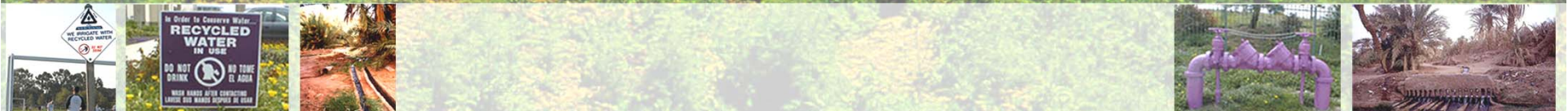
L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation

- Exploitation d'une ressource durable qui réduit la demande pour les eaux conventionnelles
- De loin de mode de réutilisation le plus répandu
- Valorise les nutriments des eaux usées
- À le plus d'avenir à court et à moyen terme (comparé au double réseau urbain, usage industrielle, recharge d'aquifère)



CONTENU

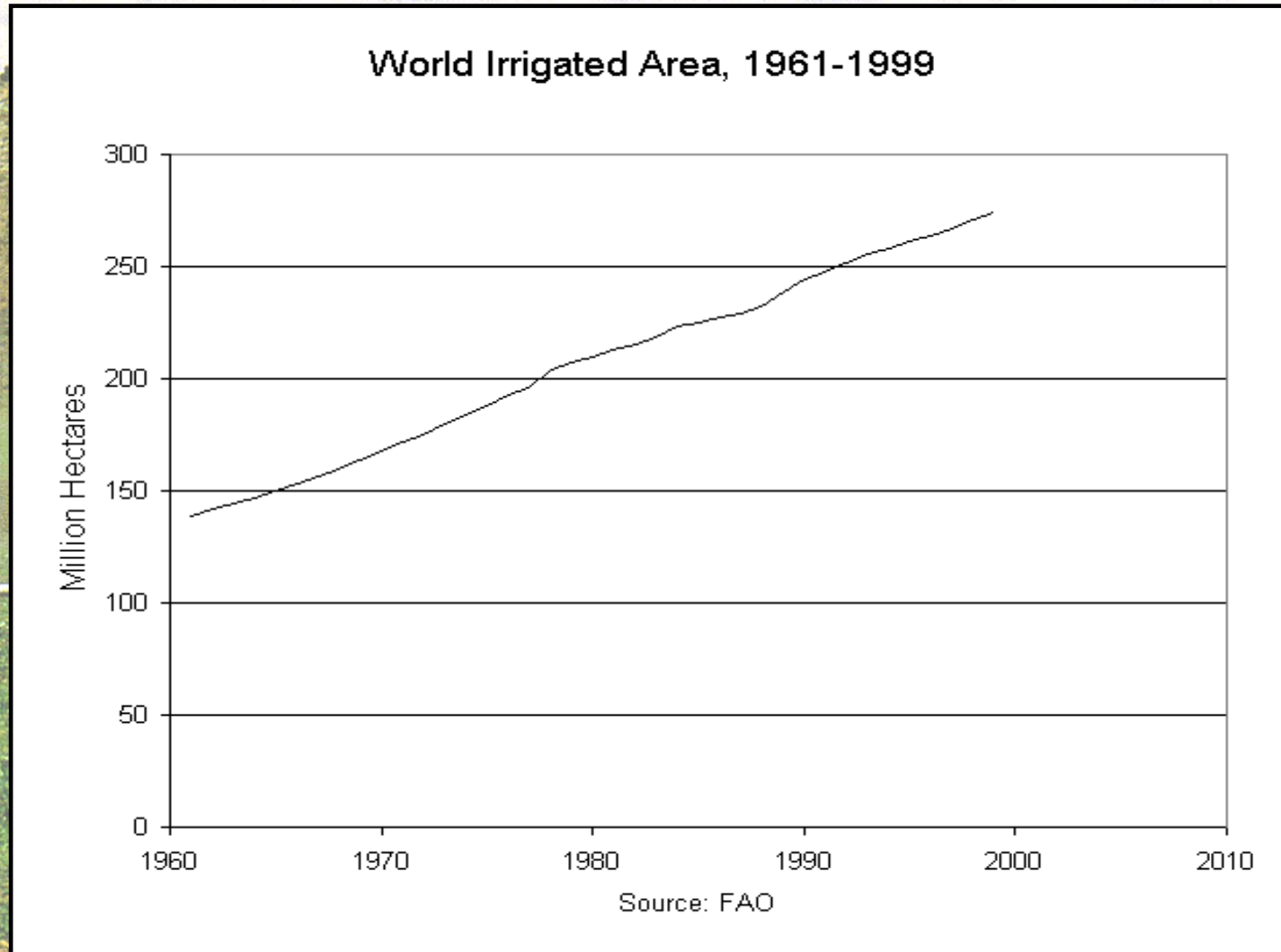
- **Bref rappel des connaissances de base en matières d'utilisation des eaux épurées à des fins agricoles**
- **La qualité des eaux épurées**
- **Les principaux traitements**
- **Niveau de risque et choix du traitement**
- **Systemes de traitement naturel non conventionnel**



BREF RAPPEL DES CONNAISSANCES

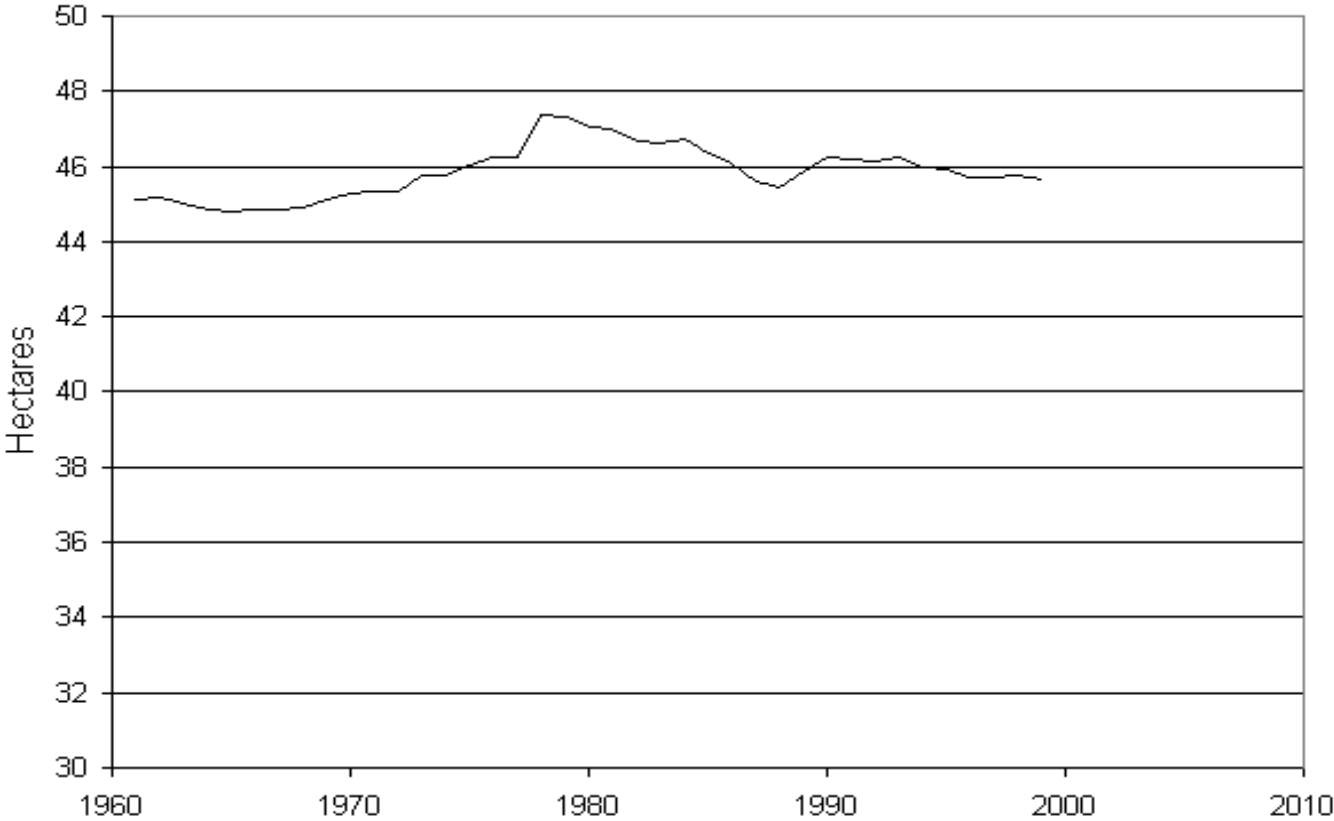


BREF RAPPEL



BREF RAPPEL

World Irrigated Area Per Thousand People, 1960-1999



Source: FAO, U.S. Bureau of the Census



BREF RAPPEL

Sources traditionnelles

Eau de pluie

Eau de ruissellement

Eau de surface (rivières, mares, lacs, fleuves, réservoirs, etc.)

Eau des aquifères

Sources alternatives

Eau usée municipale

Eau désalinisée

Eau de drainage des terres agricoles

Eau usée industrielle



BREF RAPPEL

Proportion des eaux recyclées en irrigation

Pays	%
Israël	25 %
Australie	13 %
Tunisie	10 %
Jordanie	11 %



BREF RAPPEL

Utilisation des eaux recyclées (1)

- Irrigation d'aires de pâturages
- Irrigation des vergers
- Irrigation des serres
- Irrigation des boisés
- Irrigation de plantes énergétiques
- Irrigation de jardins maraîchers
- Irrigation de cultures céréalières
- Irrigation de haies/barrières anti-érosives
- Irrigation de pépinières



BREF RAPPEL

Utilisation des eaux recyclées (2)

- Irrigation des parcs urbains
- Irrigation des espaces récréatifs
- Irrigation des espaces commerciaux
- Irrigation des terrains de football
- Irrigation des terrains de golf
- Irrigation de pépinières
- Irrigation de boisés urbains



BREF RAPPEL

Principaux avantages (1)

- Réduit la demande pour les eaux conventionnelles
- Évite des investissements coûteux pour la capture et l'entreposage des eaux de ruissellement
- Améliore la qualité des eaux en aval des sites où les eaux usées étaient déversées (cours d'eau, lacs et eaux littorales)
- Permet d'accroître les activités touristiques



BREF RAPPEL

Principaux avantages (2)

- Établit un lien additionnel entre espace urbain et rural
- Augmente la production agricole
- Réduit le besoin en fertilisants commerciaux
- Réduit les coûts de traitement des eaux pour les utilisateurs en aval



BREF RAPPEL

Principales contraintes (1)

- Problèmes de santé humaine et animale associés à une mauvaise utilisation des eaux usées ou recyclées
- Peu d'incitatifs et de lois pour une meilleure utilisation des eaux usées
- Oblige un développement plus long et méticuleux des projets d'irrigation de ce type (analyse technique et économique)
- Propriétés souvent complexes des eaux usées



BREF RAPPEL

Principales contraintes (2)

- Certaines cultures plus difficilement vendues sur le marché Problème d'acceptabilité sociale
- La qualité des eaux recyclées peut avoir un impact négatif sur les sols et les cultures
- L'eau pour l'agriculture est souvent subventionnée ce qui fausse l'analyse pour les eaux recyclées
- Coût quelques fois élevé pour le traitement des eaux usées
- Revenu de l'agriculture souvent incertain pour un coût fixe de traitement constant.



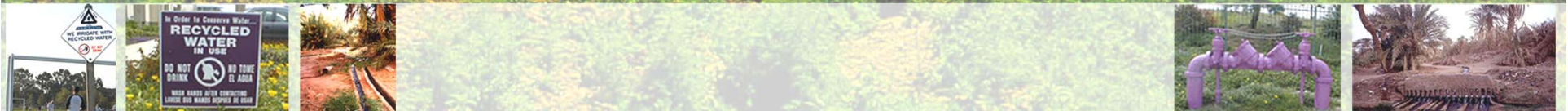
LA QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

La composition des eaux résiduaires urbaines non traitées dépend :

- des activités humaines
- de la composition des eaux d'alimentation
- des effluents industriels présents



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

Critères relatifs à l'environnement et à l'agriculture

- Effet potentiel sur les aquifères, les sols, la faune et la flore
- Effet potentiel sur les cultures et sur les propriétés des sols
- Adaptabilité aux caractéristiques des systèmes d'irrigation utilisés

Critères relatifs à la santé humaine et au contexte social

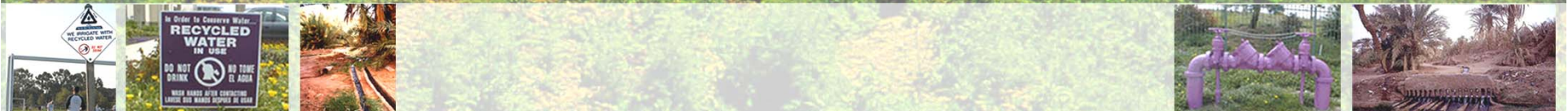
- Contenu en organismes pathogènes infectieux
- Contenu en composés chimiques toxiques
- Acceptabilité par les populations aux niveaux esthétique, culturel et social



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

Paramètres ayant un intérêt pour l'évaluation des impacts de nature environnemental et agronomique :

- salinité
- ions toxiques (bore, sodium, etc.)
- rapport d'absorption du sodium (RAS)
- éléments traces (cadmium, aluminium, etc.)
- pH
- bicarbonates et carbonates (pH et RAS)
- nutriments (N-P-K)
- chlore libre (Cl_2)



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

Water quality for agriculture
 R.S. Ayers et D.W. Westcot
 FAO Irrigation And Drainage
 Paper, 29 Rev. 1, Reprinted
 1989, 1994.

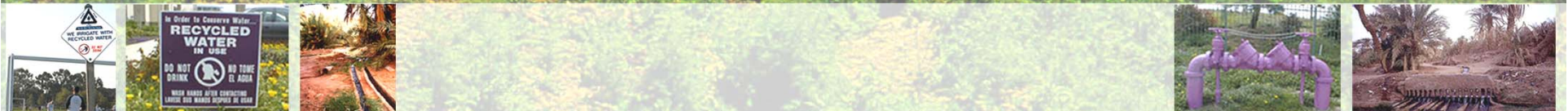
Potential Irrigation Problem	Units	Degree of Restriction on Use			
		None	Slight to Moderate	Severe	
Salinity (affects crop water availability) ²					
EC _w	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0	
(or)					
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000	
Infiltration (affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC _w and SAR together) ³					
SAR = 0 – 3		and EC _w =	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
= 3 – 6		=	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
= 6 – 12		=	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
= 12 – 20		=	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
= 20 – 40		=	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Specific Ion Toxicity (affects sensitive crops)					
Sodium (Na)⁴					
surface irrigation	SAR	< 3	3 – 9	> 9	
sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3		
Chloride (Cl)⁴					
surface irrigation	me/l	< 4	4 – 10	> 10	
sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3		
Boron (B)⁵					
	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0	
Trace Elements (see Table 21)					
Miscellaneous Effects (affects susceptible crops)					
Nitrogen (NO₃ - N)⁶					
	mg/l	< 5	5 – 30	> 30	
Bicarbonate (HCO₃)					
(overhead sprinkling only)	me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5	
pH					
		Normal Range 6.5 – 8.4			



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

Les micro-organismes présents dans les eaux usées:

- Les bactéries (ex.: salmonellas de la typhoïde entre autres)
- Les virus (ex.: le virus de l'hépatite A)
- Les protozoaires (ex.: *Entamoeba histolica* responsable de la dysenterie amibienne)
- Les helminthes (ex.: ascaris, taenia, etc.)



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

WHO (1989)

Category	Reuse condition	Exposed group	Intestinal nematodes ^b (arithmetic mean no. of eggs per litre ^c)	Faecal coliforms (geometric mean no. per 100 ml ^c)	Wastewater treatment expected to achieve the required microbiological quality
A	Irrigation of crops likely to be eaten uncooked, sports fields, public parks ^d	Workers, consumers, public	≤ 1	≤ 1000 ^d	A series of stabilization ponds designed to achieve the microbiological quality indicated, or equivalent treatment
B	Irrigation of cereal crops, industrial crops, fodder crops, pasture and trees ^e	Workers	≤ 1	No standard recommended	Retention in stabilization ponds for 8-10 days or equivalent helminth and faecal coliform removal
C	Localized irrigation of crops in category B if exposure of workers and the public does not occur	None	Not applicable	Not applicable	Pretreatment as required by the irrigation technology, but not less than primary sedimentation



QUALITÉ DES EAUX ÉPURÉES

Valentina Lazaroa et Akiça Bahri,
Water Reuse for Irrigation, 2005.

Parameter	Significance for irrigation with recycled water	Range in secondary and tertiary effluents	Treatment goal in recycled water
Total suspended solids	Measures of particles; can be related to microbial contamination; can interfere with disinfection; clogging of irrigation systems; deposition	5–50 mg/L	< 5–35 mgTSS/L
Turbidity		1–30 NTU	< 0.2–35 NTU
BOD ₅	Organic substrate for microbial growth; can favor bacterial regrowth in distribution systems and microbial fouling	10–30 mg/L	< 5–45 mgBOD/L
COD		50–150 mg/L	< 20–200 mgCOD/L
Total coliforms	Measure of risk of infection due to potential presence of pathogens; can favor biofouling of sprinklers and nozzles in irrigation systems	< 10–10 ⁷ cfu/100 mL	< 1–200 cfu/10 mL
Fecal coliforms		< 1–10 ⁶ cfu/100 mL	< 1–10 ⁴ cfu/100 mL
Helminth eggs		< 1–10/L	< 0.1–5/L
Viruses		< 1–100/L	< 1/40 L to < 1/50 L
Heavy metals	Specific elements (Cd, Ni, Hg, Zn, etc) are toxic to plants, and maximum concentration limits exist for irrigation	—	< 0.001 mgHg/L < 0.01 mgCd/L < 0.02–0.1 mgNi/L
Inorganics		—	< 450–4000 mgTDS/L < 1 mgB/L
Chlorine residual		—	0.5–> 5 mgCl/L
Nitrogen ^a	Fertilizer for irrigation; can contribute to algal growth and eutrophication in storage reservoirs, corrosion (N-NH ₄), or scale formation (P)	10–30 mgN/L	< 10–15 mgN/L;
Phosphorus ^a		0.1–30 mgP/L	< 0.1–2 mgP/L



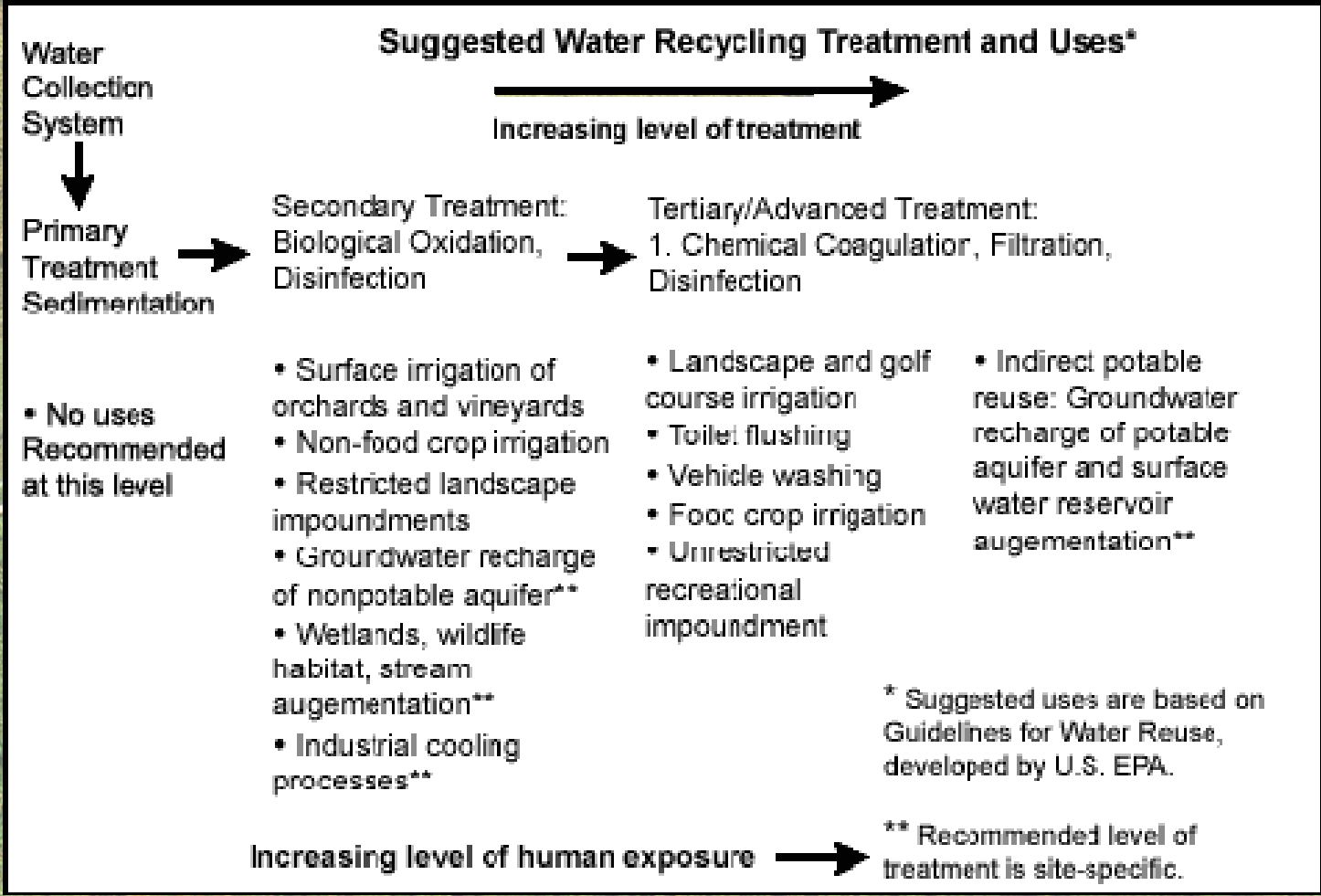
LES PRINCIPAUX TRAITEMENTS



PRINCIPAUX TRAITEMENTS

Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits

USEPA

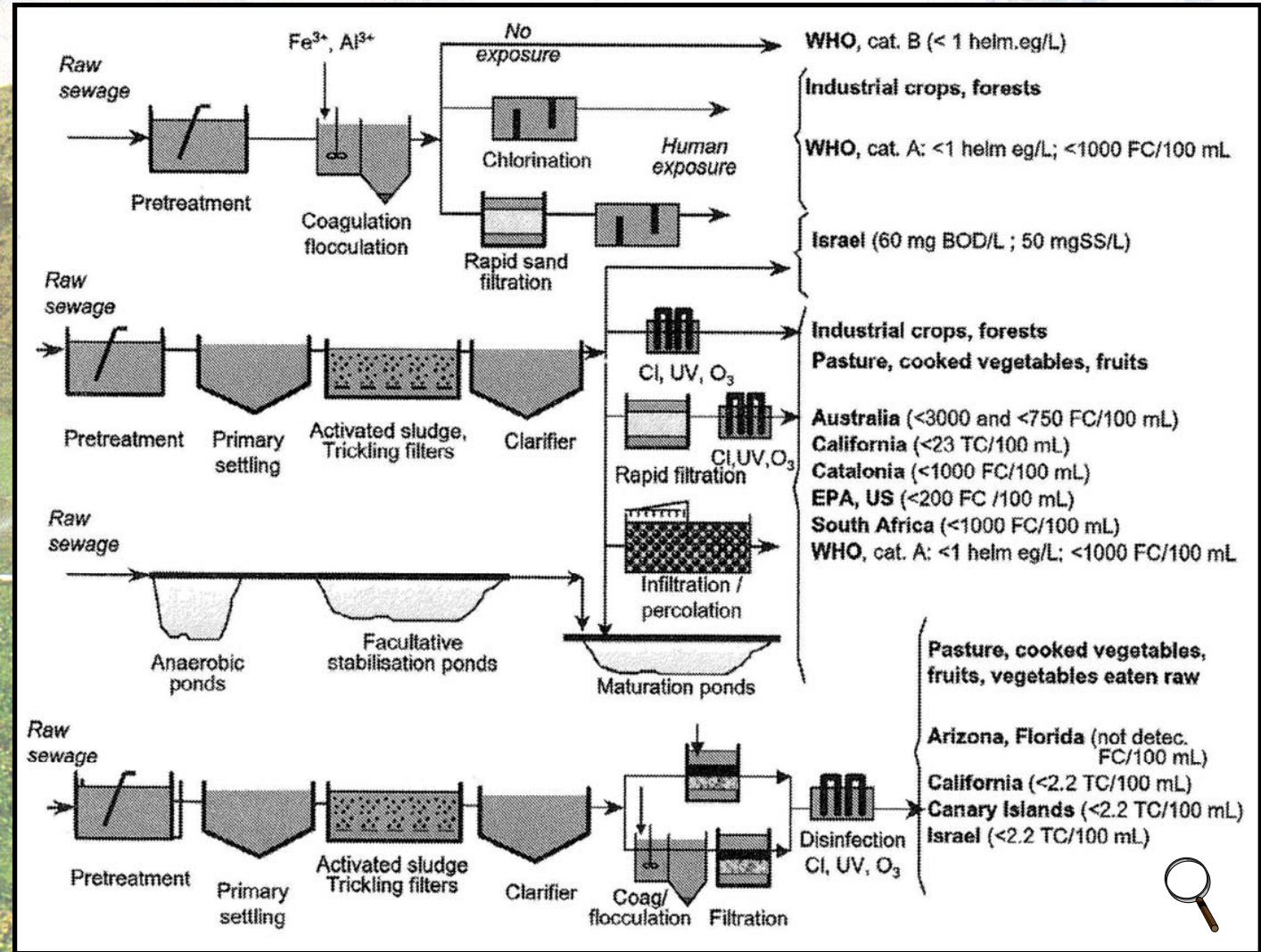


PRINCIPAUX TRAITEMENTS

Valentina Lazaroa et Akiça Bahri

Water Reuse for Irrigation

2005

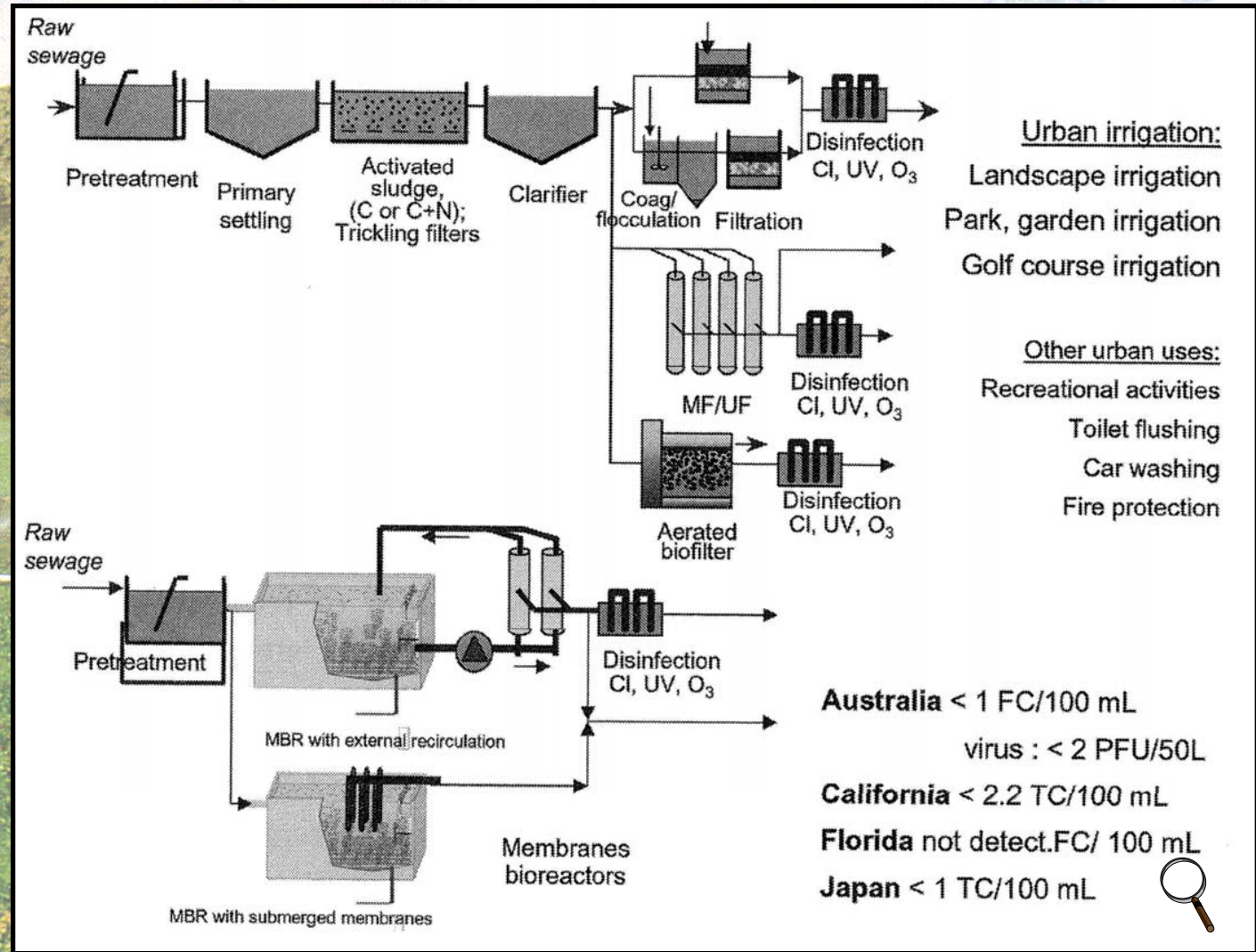


PRINCIPAUX TRAITEMENTS

Valentina
Lazaroa et
Akiça Bahri

Water Reuse
for Irrigation

2005



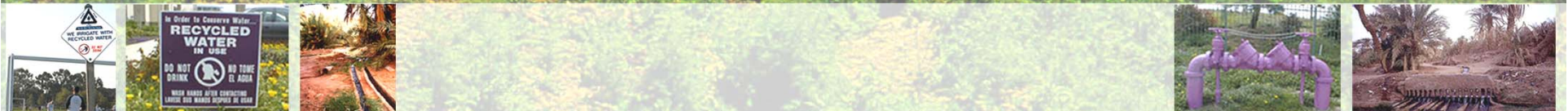
RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Les principaux facteurs de choix:

- la réglementation locale
- le degré d'exposition du public
- le degré d'exposition des travailleurs
- le type de système de distribution de l'eau
- le type de système d'irrigation
- les caractéristiques du sol
- les cultures irriguées



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

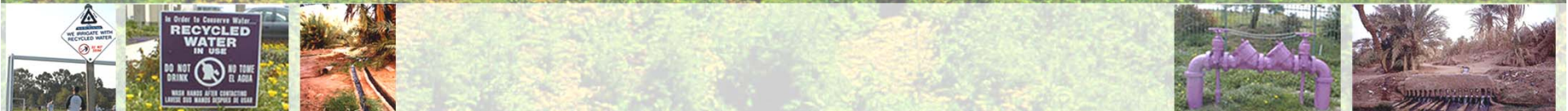
La Banque Mondiale a défini trois niveaux de risque qui facilitent la sélection des cultures à irriguer



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Faible risque pour le consommateur mais protection requise pour les travailleurs aux champs :

- Cultures industrielles non destinées à la consommation humaine (coton, sisal, etc.)
- Cultures transformées par la chaleur ou séchage avant la consommation (graines, huiles, sucres)
- Légumes et fruits cultivés exclusivement pour la conserve ou autres procédés qui détruisent de façon efficace les pathogènes
- Cultures fourragères et autres cultures destinées à l'alimentation animale séchées au soleil et récoltées avant la consommation animale



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Risque moyen pour les consommateurs et les manutentionnaires :

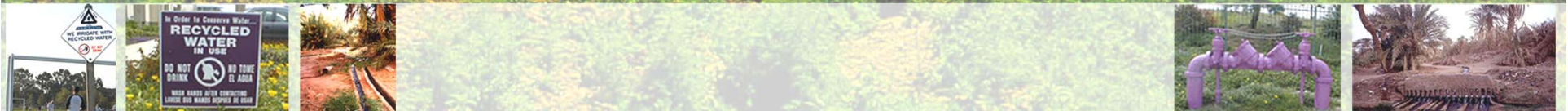
- Pâturage et fourrages verts
- Cultures pour la consommation humaine qui ne sont pas directement en contact avec les eaux recyclées (arboricultures, vignes, etc.)
- Cultures pour la consommation humaine normalement consommées après cuisson (pommes de terre, betteraves, asperges, etc)
- Cultures pour la consommation humaine dont la pelure n'est pas consommée (agrumes, bananes, noix, etc.)
- Toutes cultures non identifiées comme haut risque si l'irrigation par aspersion est utilisée



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Risque élevé pour les consommateurs, les travailleurs et les manutentionnaires :

- Toutes les cultures consommées sans cuisson et cultivées en contact avec les eaux recyclées (légumes frais tels laitue, carottes, etc.)
- Irrigation par aspersion quelque soit la culture à une distance de moins de 100 mètres des aires résidentielles ou des places publiques



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Salinité de l'eau

FAO Soils Bulletin No. 39, Salt-affected soils and their management, 1988

Maas, E.V. and Hoffman, G.J., Crop salt tolerance – current assessment, J. Irrig. Drainage Div., ASCE, 103, IR2, 115, 1977



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Classes de cultures	Non saline	Légèrement saline	Moyennement saline	Hautement saline	Extrêmement saline	
	TDS (mg/l)	<500	500 – 2000	2000 – 4000	4000 – 5000	9000 – 30 000
	EC _w	< 0,7	0,7 – 3,0	3,0 – 6,0	6,0 – 14,0	14,0 – 42
I	Cultures sensibles	Pas de restriction	Restriction moyenne à légère	Pour usage restreint seulement	Non recommandé	Non recommandé
		Rendement normal	Jusqu'à 50% de réduction du rendement	Plus de 50% de réduction du rendement		
II	Cultures modérément sensibles	Pas de restriction	Restriction légère	Restriction moyenne	Pour usage restreint seulement	Non recommandé
		Rendement normal	Jusqu'à 20% de réduction du rendement	Jusqu'à 50% de réduction du rendement	Plus de 50% de réduction du rendement	
III	Cultures modérément tolérantes	Pas de restriction	Pas de restriction	Restriction légère à moyenne	Restriction moyenne	Pour usage restreint seulement
		Rendement normal	Rendement normal	Jusqu'à 20-40% de réduction du rendement	40-50% de réduction du rendement	Plus de 50% de réduction du rendement
IV	Cultures tolérantes	Pas de restriction	Pas de restriction	Pas de restriction sérieuse	Restriction légère à moyenne	Pour usage restreint seulement
		Rendement normal	Rendement normal	Près du rendement normal	20-40% de réduction du rendement	Plus de 50% de réduction du rendement Recommandé pour plantes halophytes



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Irrigation par bassin

Principaux facteurs

- Coût faible
- Nivellement parfait non requis
- Faible efficacité d'application
- Faible niveau de protection de la santé humaine

Considérations spéciales

- Oblige l'application de mesures de protection pour les travailleurs aux champs, les manutentionnaires et les consommateurs



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Irrigation à la raie

Principaux facteurs

- Coût faible
- Nivellement requis
- Faible efficacité d'application
- Niveau moyen de protection de la santé humaine

Considérations spéciales

- Oblige l'application de mesures de protection pour les travailleurs aux champs et, éventuellement, pour les manutentionnaires et les consommateurs



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Irrigation par aspersion

Principaux facteurs

- Coût moyen à élevé
- Efficience moyenne d'application
- Nivellement non requis
- Niveau faible de protection de la santé humaine

Considérations spéciales

- 50 à 100 mètres de zones publiques
- Oblige un certain type de qualité de l'eau
- Les eaux produites par traitement anaérobique doivent être évitées



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Irrigations localisée et souterraine

Principaux facteurs

- Coût élevé
- Efficience élevée d'application
- Haut rendement des cultures
- Haut niveau de protection de la santé humaine

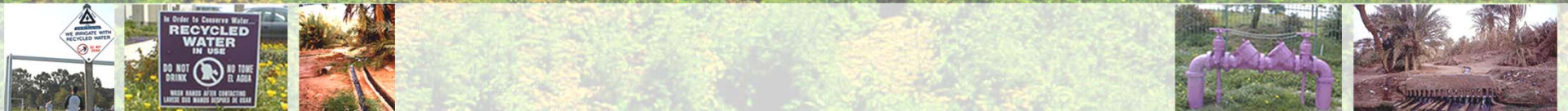
Considérations spéciales

- Aucune mesures de protection requises
- Oblige un certain type de qualité de l'eau



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Traitements	Description	Application	Commentaires
<i>Traitements conventionnels des eaux usées</i>			
Sédimentation	Élimination des solides en suspension	Prétraitement, décantation primaire et secondaire	Les solides colloïdaux doivent préalablement être transformés en solides en suspension
Traitement biologique aérobie	Transformation de la matière organique en CO ₂ , H ₂ O et biomasse par des micro-organismes en présence d'oxygène	Pour le traitement des eaux usées contenant une quantité significative de matière organique	Plusieurs systèmes sont disponibles : boue activée, bassin d'oxydation
Traitement biologique anaérobie	Transformation de la matière organique en CO ₂ , H ₂ O et biomasse par des micro-organismes en absence d'oxygène	Pour le traitement des eaux usées contenant une quantité importante de matière organique ou un excès de biomasse provenant des systèmes aérobie (traitement des boues)	Plusieurs systèmes sont disponibles : lagune anaérobie, boue activée anaérobie
Combinaison de traitements aérobie/anaérobie/anoxique	Combinaison de différents types de microorganismes pour réduire les quantités de N et P	Habituellement appliqué à des traitements avancés (pas pour l'irrigation)	



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Traitements	Description	Application	Commentaires
<i>Traitements avancés utilisés avant réutilisation</i>			
Coagulation-floculation	Augmente la dimension des solides par l'addition de produits coagulants qui induit la formation d'agrégats	Normalement réalisé avant la désinfection	
Filtration	Extraction des particules et des solides colloïdaux par rétention sur des media granuleux	Extraction des particules de dimensions définies par les caractéristiques du media	Principalement sable et carbone activée utilisée comme media filtrant
Désinfection	Extraction ou désactivation de pathogènes en utilisant la chaleur, la chaux et autres produits chimiques, UV, etc.	Traitement crucial pour la protection de la santé avant réutilisation	La chloration de l'eau est le traitement le plus fréquent. UV et ozonation sont en pleine croissance.
Traitement par membrane	Extraction sur membrane avec séparation par différentiel important de pression et diffusion moléculaire	Extraction des impuretés telles virus, bactéries, sels dissous, colloïdes, etc. et production d'une eau recyclée de haute qualité	Système principaux : microfiltration, ultrafiltration, nano filtration, osmose inverse. Haute consommation d'énergie



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

Traitements	Description	Application	Commentaires
<i>Traitements extensifs de technologie simple</i>			
Traitements extensifs dans les media liquides	Dégradation biologique de la matière organique dans des systèmes naturels et désinfection par les rayons du soleil	Technologie appropriée de faible coût, en particulier pour les petits systèmes; traitement long et requérant des superficies importantes mais offrant des réservoirs d'eau importants	Les principaux systèmes inclus les étangs de stabilisation et de maturation, les milieux humides, les étangs sous algues, etc.
Traitements extensifs par infiltration de faible débit	Dégradation biologique de la matière organique et rétention des solides et pathogènes dans les media solides	Traitement de faible coût convenant aux petits et aux grands systèmes	Les principaux systèmes consistent à l'infiltration vers les aquifères et les systèmes d'infiltration-percolation



TRAITEMENTS NATURELS NON CONVENTIONNELS



Traitement naturel non conventionnel

Lagunage naturel

Principaux avantages

- Fournis un réservoir d'eau d'une capacité significative
- Facile à opérer
- Nombreux guides existants pour la conception, la construction et l'opération
- Élimination efficace des protozoaires et helminthes par décantation
- Coût-efficience intéressante pour les petites unités
- Compétences requises accessible (génie civil)

Principaux désavantages

- Accumulation de boues avec problème potentiel de disposition
- La disposition des boues requiert des travaux importants mais peu fréquents
- La qualité des effluents est fonction du design, du climat et de la saison
- Peut causer des nuisances locales (odeur, insectes)



Traitement naturel non conventionnel

Marais

Principaux avantages

- Facile à opérer
- Crée un environnement socialement plus accepté que le lagunage naturel
- Élimination efficace des protozoaires et helminthes par filtration lente
- Coût-efficience intéressante pour les petites unités
- Production d'une biomasse
- Possibilité de recyclage des boues en agriculture

Principaux désavantages

- Réduction des pathogènes souvent insuffisante pour l'irrigation
- Design peu approprié pour les zones tropicales et sous tropicales
- Prétraitement requis
- Problèmes d'odeur et de moustiques
- Ne peut s'appliquer dans les zones où la malaria est endémique



Traitement naturel non conventionnel

Infiltration-percolation

Principaux avantages

- Facile à opérer
- Élimination efficace des helminthes
- Coût-efficience intéressante pour les petites unités
- Peut être conçu pour la recharge de la nappe

Principaux désavantages

- Colmatage fréquent
- La qualité des effluents est fonction du design, du climat et de la saison
- Faible tolérance à une surcharge (hydraulique et organique)
- Les performances du filtre sont fortement influencées par la qualité du sable (requiert une bonne sélection)
- La désinfection est fortement influencée par la filtration
- Prétraitement requis



Traitement naturel non conventionnel

Épandage

Principaux avantages

- Facile à opérer
- Crée un environnement socialement plus accepté que d'autres formes de traitement
- Production d'une biomasse importante
- Élimination efficace des helminthes
- L'épandage souterrain est possible
- Favorise la recharge de la nappe

Principaux désavantages

- Ne permet pas la réutilisation des eaux usées
- Requiert l'interdiction d'accès aux parcelles dans le cas de l'épandage de surface
- Problèmes d'odeur dans le cas de l'épandage de surface
- Risque de contamination (par les nitrates surtout) des aquifères et exige donc une très bonne connaissance de la dynamique des aquifères
- Prétraitement requis




Traitement naturel non conventionnel

Traitement sol-aquifère

Principaux avantages

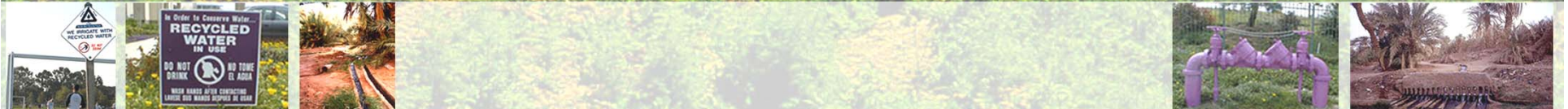
- Fournit une grande capacité de stockage de l'eau à faible coût
- Efficace pour la désinfection
- Facile à opérer
- Faible coût
- Favorise la recharge de la nappe

Principaux désavantages

- Colmatage fréquent du sol
- Très influencé par les propriétés du sol
- Risque de contamination des aquifères et exige donc une très bonne connaissance de la dynamique des aquifères
- Prétraitement requis 



LA RECHARGE DES NAPPES AQUIFÈRES



La recharge des nappes aquifères

Injection directe

- Requiert un haut degré de traitement
- Très coûteux
- Requiert des conditions spécifiques

Techniques de surface

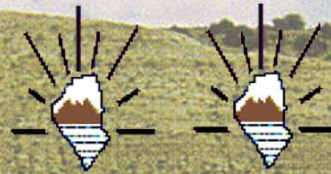
- Plus accessibles (épandage, infiltration-percolation et sol-aquifère)
- Mettent à profit les capacités épuratrices des sols
- Acceptent des eaux de qualité variées





RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE
DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère des Ressources en eau



Agence de Bassin Hydrographique Sahara

Colloque International sur les Ressources
en Eaux Souterraines du Sahara

CIRESS

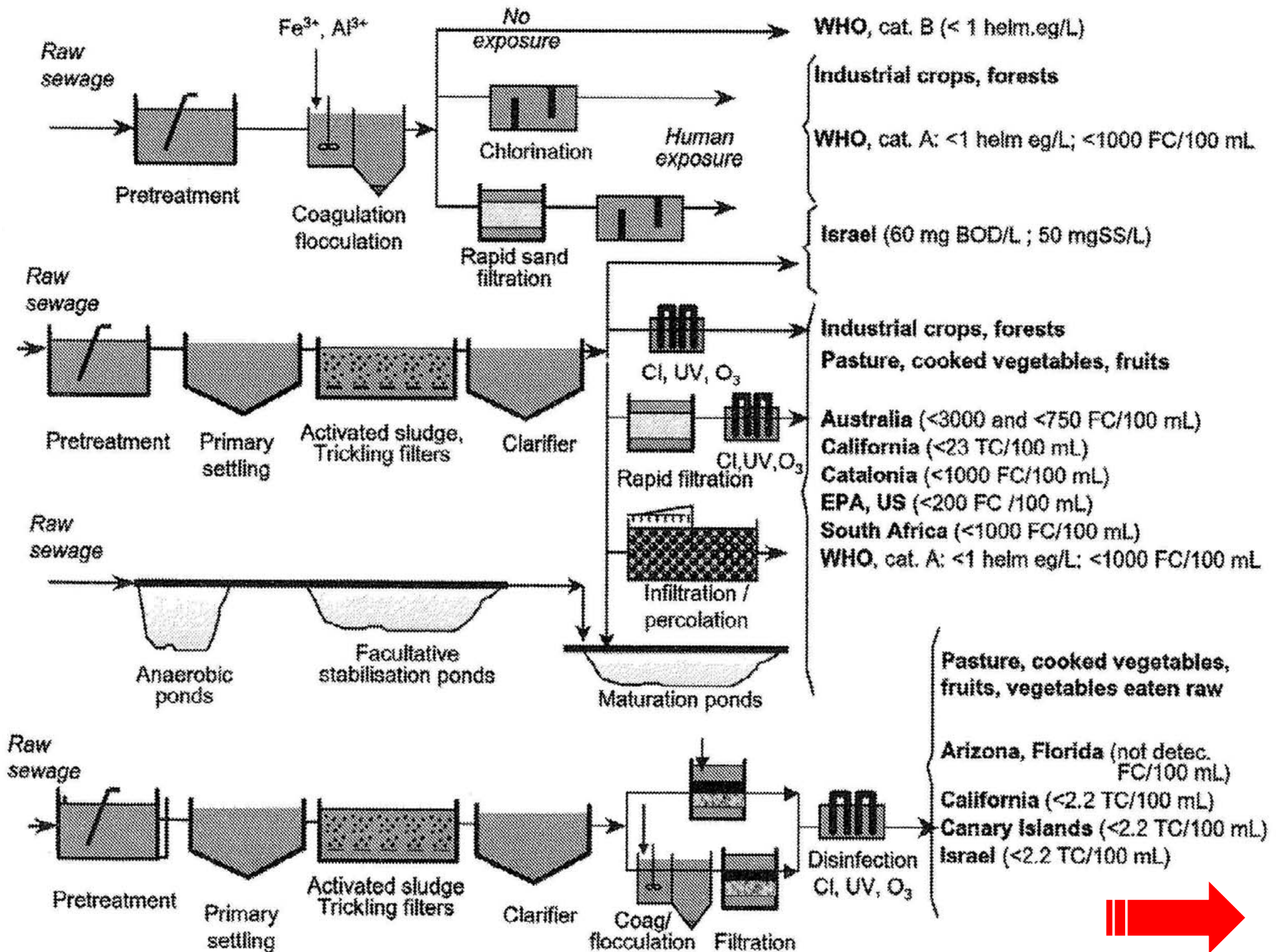
Merci !

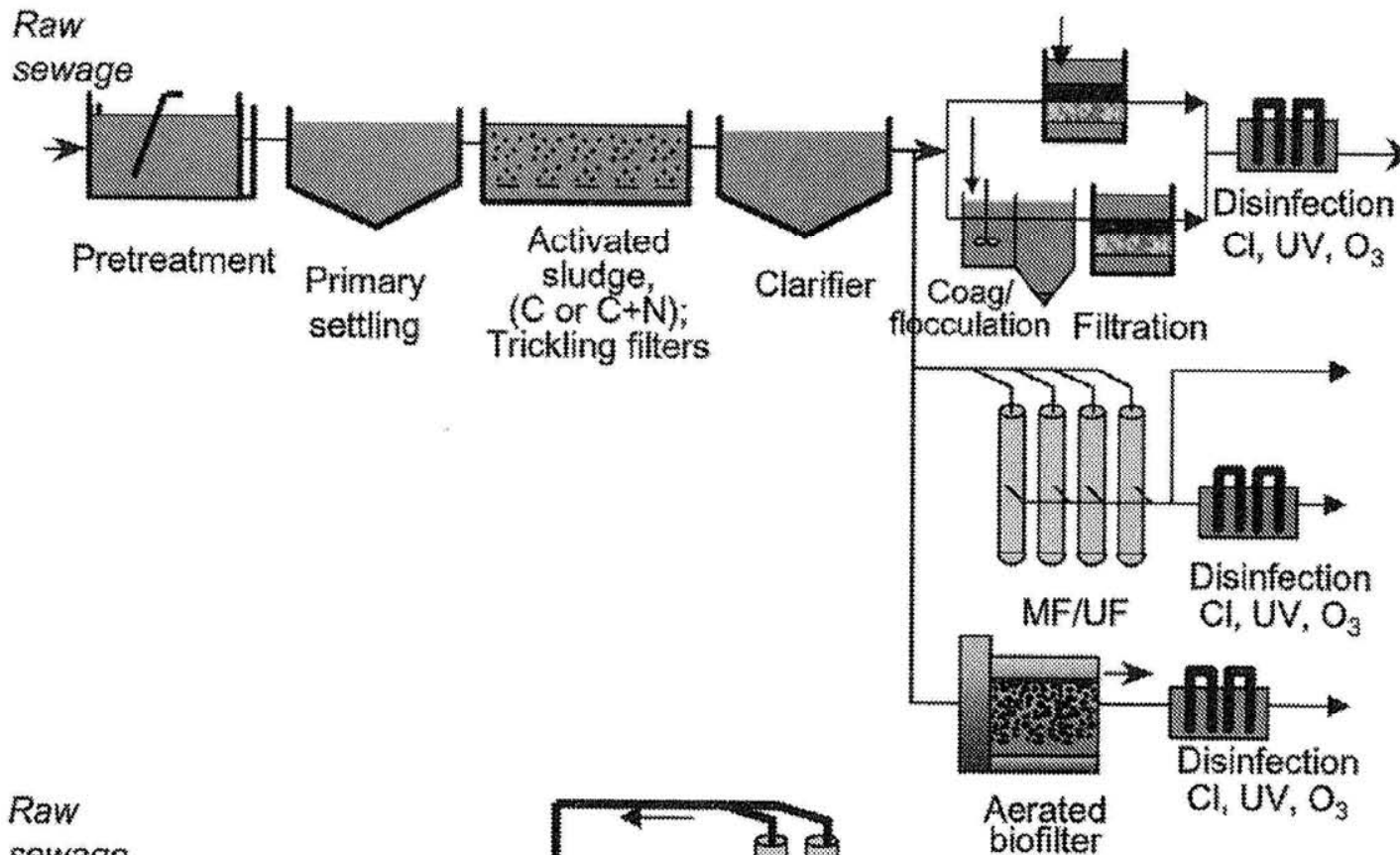
L'utilisation des eaux usées
épurées en irrigation



Tecsult International Limitée

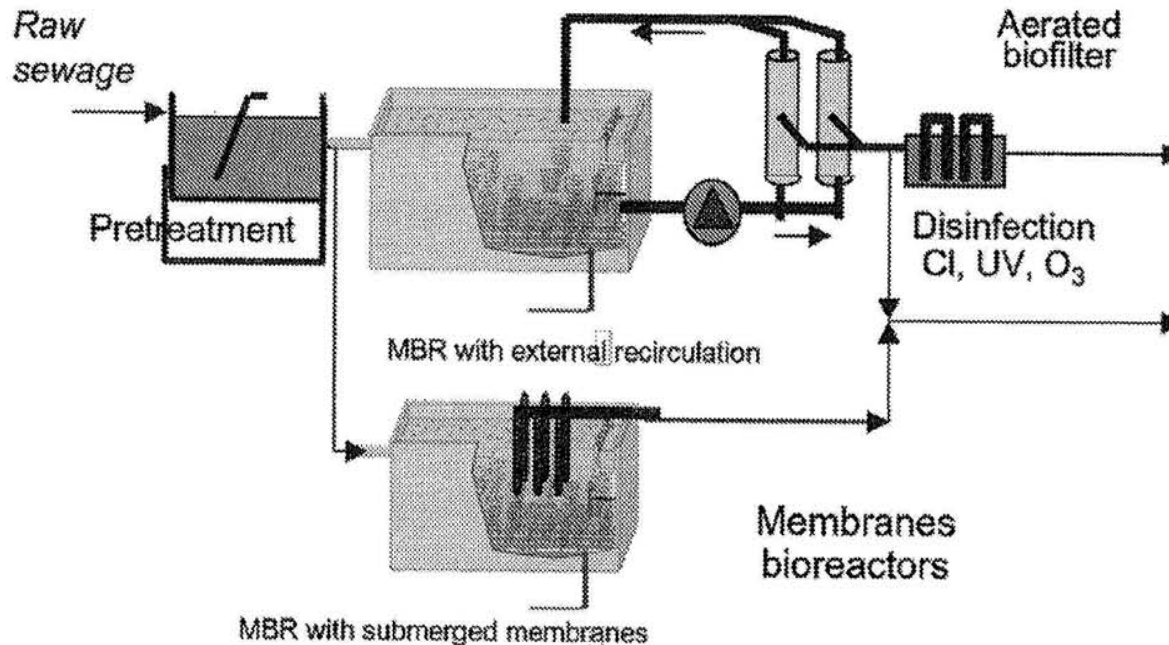






Urban irrigation:
 Landscape irrigation
 Park, garden irrigation
 Golf course irrigation

Other urban uses:
 Recreational activities
 Toilet flushing
 Car washing
 Fire protection



Australia < 1 FC/100 mL

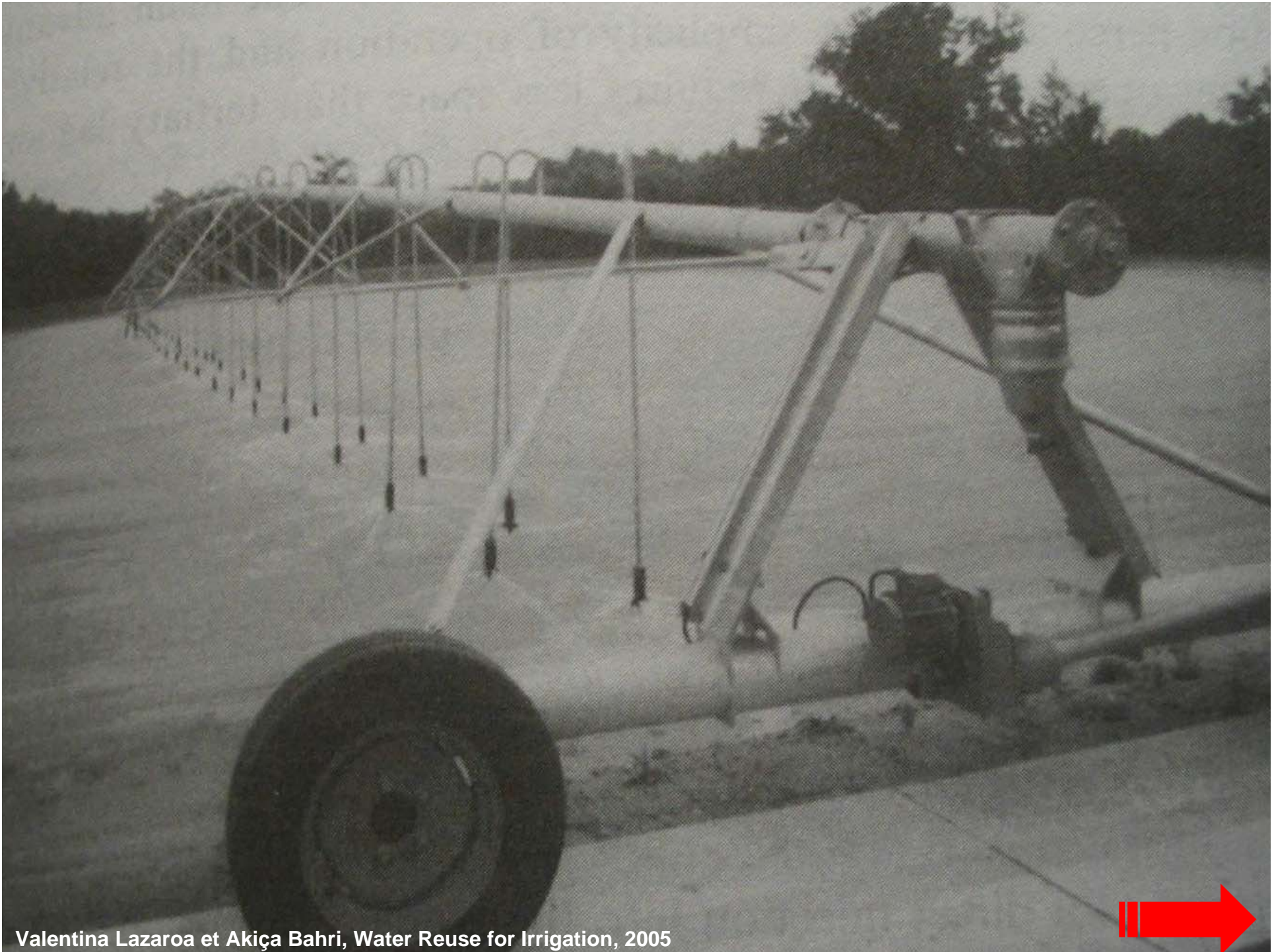
virus : < 2 PFU/50L

California < 2.2 TC/100 mL

Florida not detect.FC/ 100 mL

Japan < 1 TC/100 mL



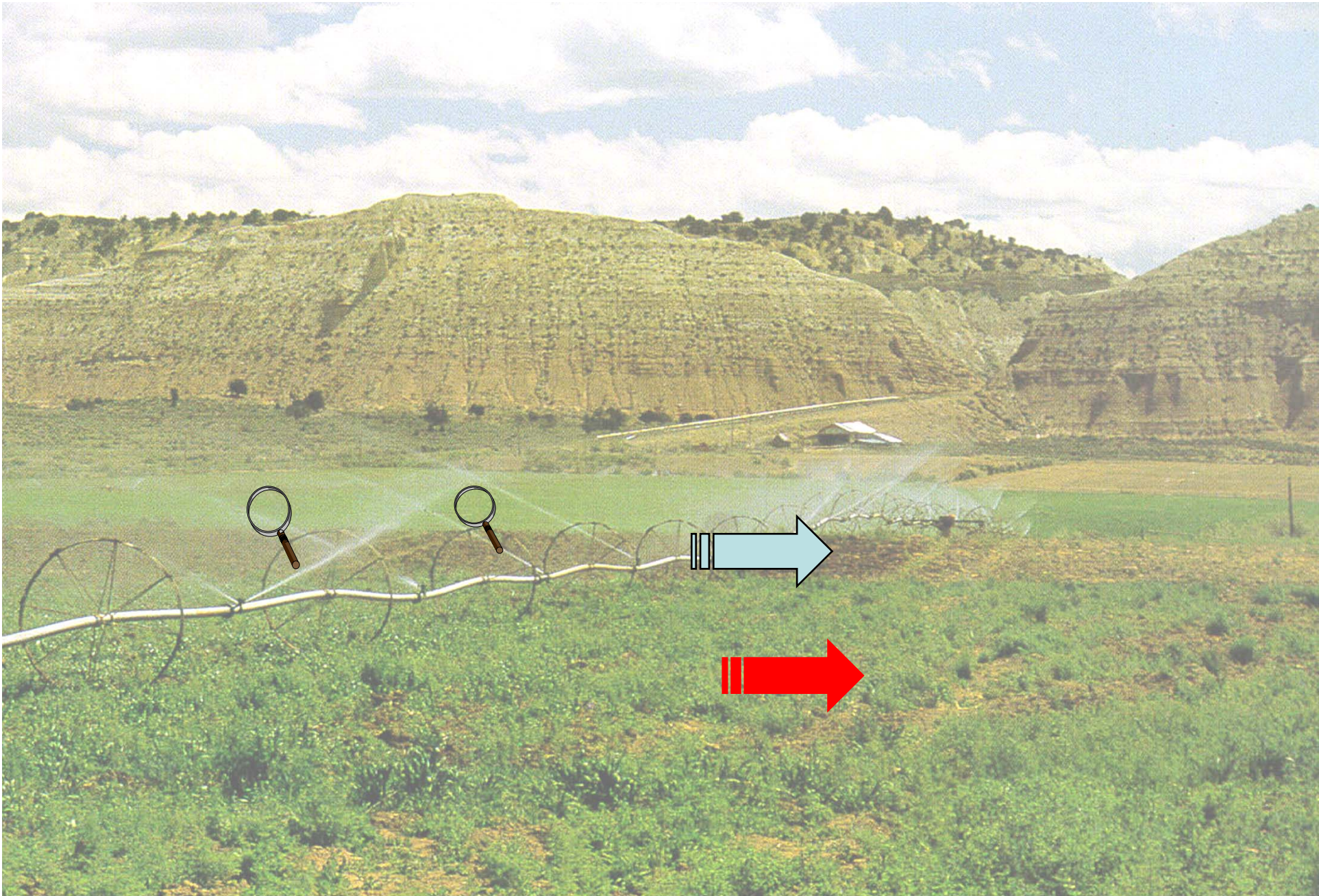


Valentina Lazaroa et Akiça Bahri, Water Reuse for Irrigation, 2005





Valentina Lazaroa et Akiça Bahri, Water Reuse for Irrigation, 2005



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

- **Étape 1 : Analyse de l'efficacité et de la performance des systèmes existants en fonction des caractéristiques des eaux usées disponibles et de la qualité désirée des eaux recyclées.**
- **Étape 2 : Analyse des standards, normes et règlements existants afin de déterminer les traitements requis et les besoins de stockage.**



RISQUES ET CHOIX DU TRAITEMENT

- **Étape 3 : Analyse détaillée des conditions locales, climat, dimensions sociales et culturelles, besoin détaillé de traitement, séquence, etc..**
- **Étape 4 : Comparaison du choix réalisé avec les systèmes existants, besoin en équipements et infrastructures, disponibilité des terres, contraintes technico-économiques et financières.**

