



agence
de l'eau
RHÔNE MÉDITERRANÉE
CORSE



ACV REUT pour l'irrigation : dans quelles conditions la réutilisation des eaux usées est-elle éco-efficente à l'échelle planétaire ?

Camille Maesele



Philippe Roux



research group for environmental
life cycle & sustainability assessment

INRAE
science for people, life & earth

*ITAP, Univ Montpellier, INRAE, Montpellier
SupAgro, ELSA Research Group and ELSA-
PACT Industrial Chair, Montpellier, France*

Introduction : contexte climatique

La moitié de la population mondiale souffre de pénurie d'eau au moins 1 mois/an. (1)



L'agriculture représente plus de 70 % du total des prélèvements d'eau. (2)



La réutilisation des eaux usées est considérée comme une réponse prometteuse. (3)



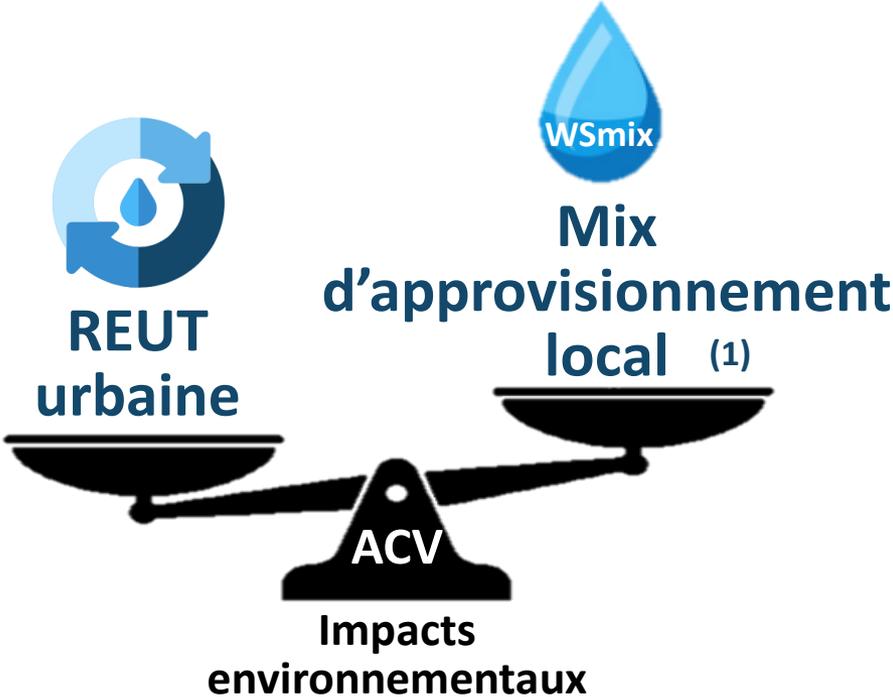
(1) Mekonnen and Hoekstra, 2016. Sustainability: Four billion people facing severe water scarcity. *Sci. Adv.* 2, 1–7.

(2) FAO, 2016. AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

(3) WWAP, 2017. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO.

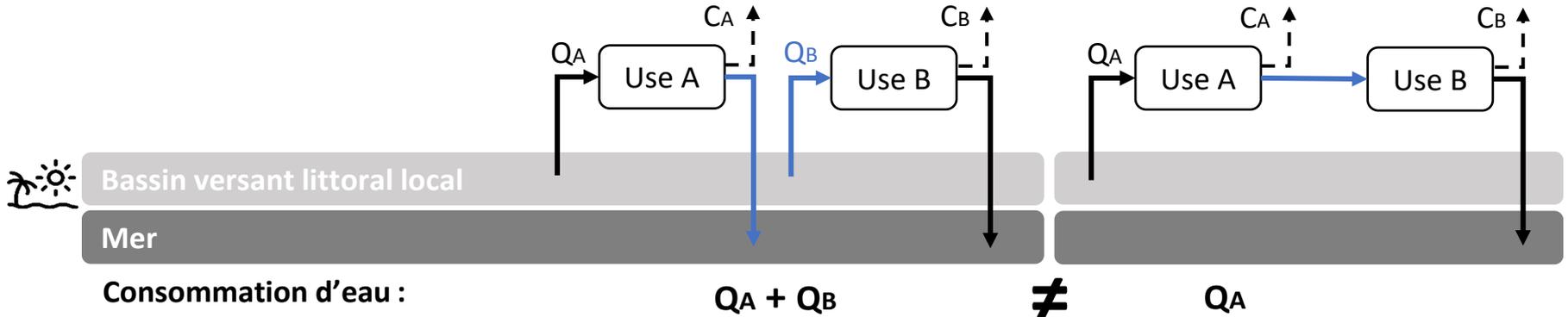
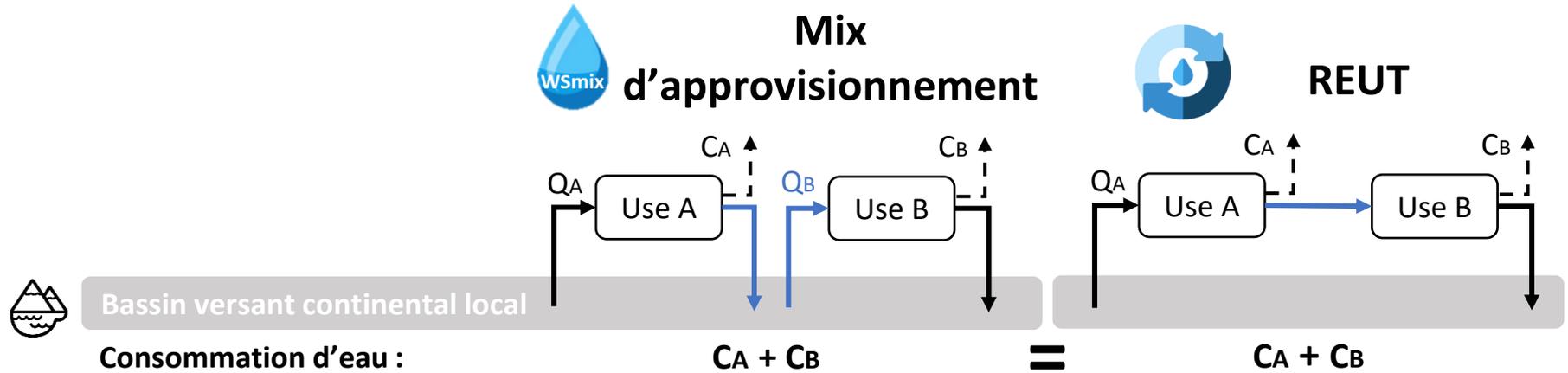
Approche globale de l'efficacité environnementale de la REUT

Approvisionnement d'1m³ d'eau pour l'irrigation



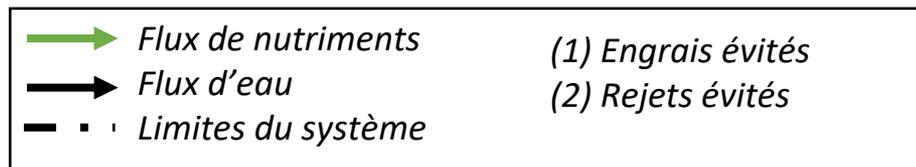
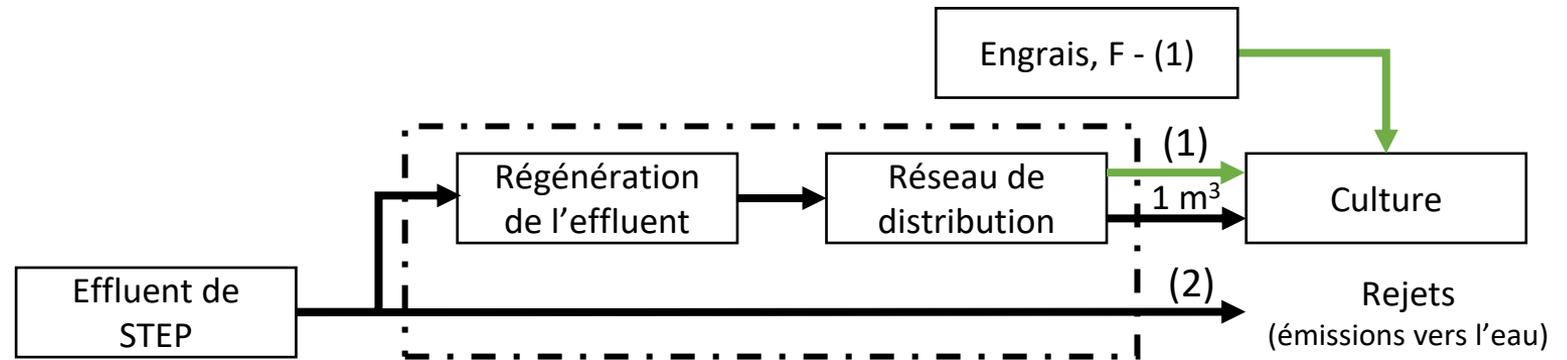
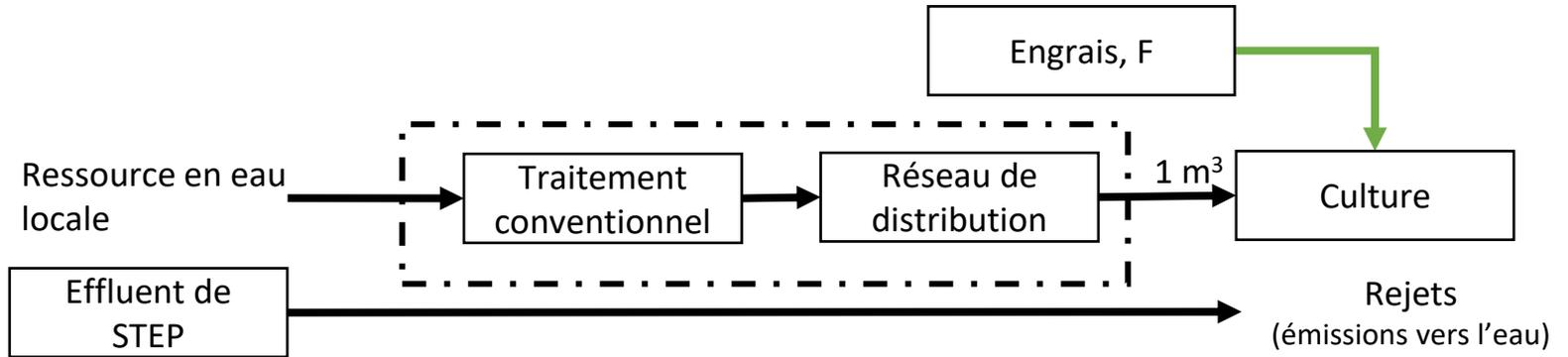
(1) Leão et al. 2018. A worldwide-regionalised water supply mix (WSmix) for life cycle inventory of water use. J. Clean. Prod. 172, 302–313.

Bilan hydrique : le cas continental et littoral

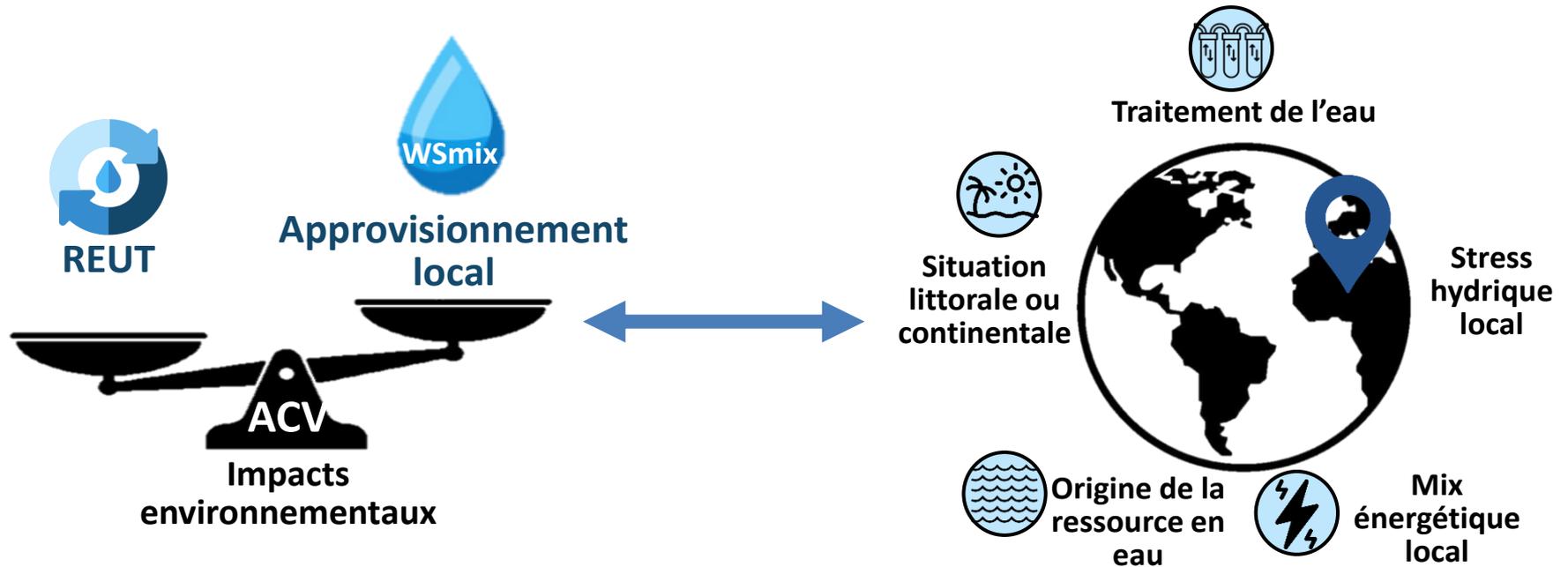


Hypothèses : $QA - CA = QB$
 —————> Ceteris paribus
 (hors comparaison)

Périmètre du système étudié



Scénarios et paramètres



✓ 15 situations contrastées étudiées

✓ Deux solutions de traitement de régénération, basées sur une revue de la littérature :

- **Traitement modéré (RT1):** filtre à sable, coagulation-floculation, UV.



- **Traitement intensif (RT2):** RT1 + microfiltration + osmose inverse

Méthode d'impact ACV

○ Choix de la méthode :

1. Représentative du nexus eau-énergie
2. Indicateurs récents de la privation d'eau dans 3 domaines de protection   
3. Distinction entre la gestion renouvelable ou la surexploitation des ressources souterraines.

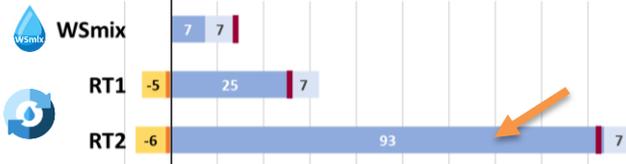
=> Méthode orientée endpoint: **ReCiPe 2016 adaptée (épuisement de la ressource en eau)**

Indicateurs de privation d'eau			
ReCiPe 2016 endpoint	 Santé humaine (DALY)	<i>Pfister et al. 2009</i>	
	 Ecosystèmes (species.yr)	<i>Adapté de Pfister et al. 2009 (terrestres)</i> <i>Adapté de Hanafiah et al. 2011 (aquatiques)</i>	
Pfister 2011	 Ressources (\$ surplus)	Pfister et al. 2011	Épuisement des réserves d'eau (extraction d'eaux souterraines fossiles ou surutilisation des masses d'eau)

Comparaison entre la REUT et le WSmix en zone aride (utilisation renouvelable des eaux souterraines)

Continental

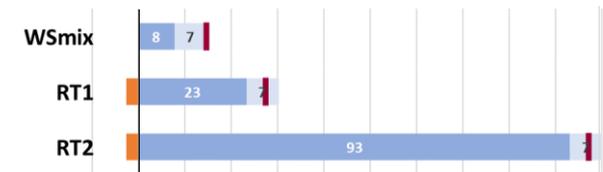
 Santé humaine (DALY, %)



 Ecosystèmes (species.yr, %)

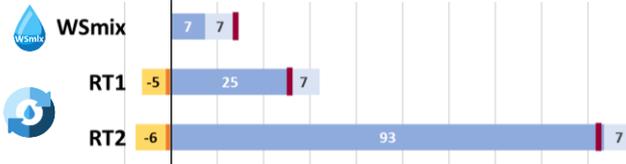


 Ressources (USD2013, %)

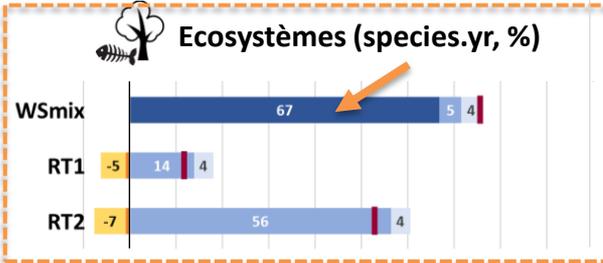


Littoral

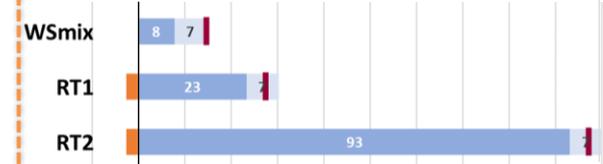
 Santé humaine DALY, %



 Ecosystèmes (species.yr, %)



 Ressources (USD2013, %)



Impacts of :

-  Privation d'eau à la porte de l'utilisateur
-  Traitement de l'eau
-  Distribution
-  Production d'engrais évités
-  Emission évitées (effluent de STEP)
-  Impacts totaux cumulés (i.e. impacts moins impacts évités)

Scenarios :



Water Supply Mix : extraction + traitement conventionnel de l'eau d'irrigation



RT1 : filtre à sable + coagulation-floculation + UV

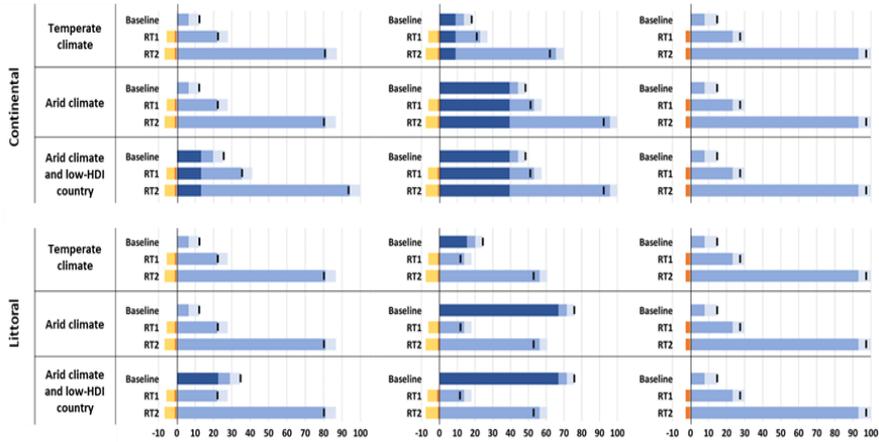
RT2 : RT1 + microfiltration + osmose inverse

Aperçu des résultats globaux

Water scarcity effect in littoral or continental local water body

Water origin : surface water and renewable use of groundwater

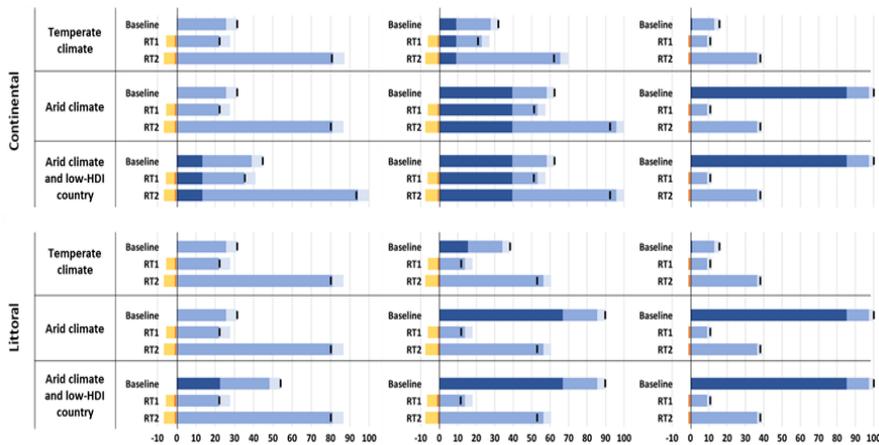
Human health (DALY, %) Ecosystems (species.yr, %) Resources (USD2013, %)



Water scarcity effect in littoral or continental local water body

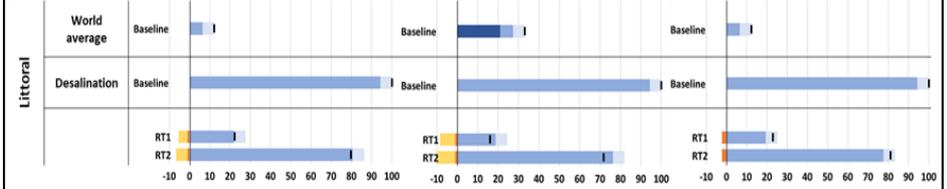
Water origin : overuse of groundwater

Human health (DALY, %) Ecosystems (species.yr, %) Resources (USD2013, %)



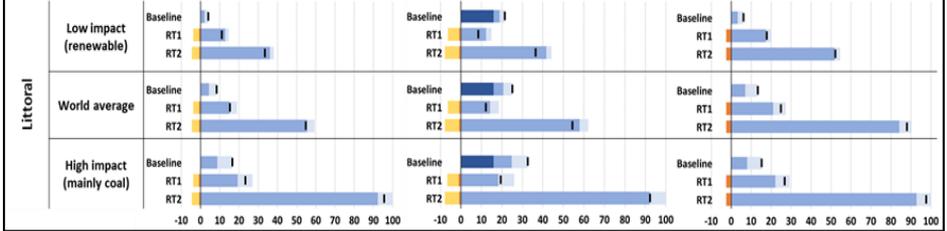
Water origin mix effect in littoral water body

Human health (DALY, %) Ecosystems (species.yr, %) Resources (USD2013, %)



Electric mix effect in littoral water body

Human health (DALY, %) Ecosystems (species.yr, %) Resources (USD2013, %)



Impacts of :
■ Water deprivation at user gate
■ Water treatment
■ Water distribution
■ Avoided fertilizers production
■ Avoided emissions of WWTP effluent
| Cumulative total impacts (i.e. impacts minus avoided impacts)

Scenarios :
 Baseline : extraction + conventional treatment for local irrigation water
 RT1 : sand filtration + coagulation-flocculation + UV
 RT2 : RT1 + microfiltration + reverse osmosis

Résultats globaux après stochastisation

Baseline vs WW-reuse RT1

Water scarcity effect						
Climate	Water origin mix	Electric mix	<i>Littoral</i>		<i>Continental</i>	
			Water use renewable	Groundwater overuse	Water use renewable	Groundwater overuse
Temperate region	World average (developed countries)	World average		WW-reuse		WW-reuse
Arid region				WW-reuse		WW-reuse
Arid region (low HDI)				WW-reuse		WW-reuse

WW-reuse

WW-reuse more efficient*

Baseline

No generic conclusion available, specific studies should be conducted

Baseline

Baseline more efficient*

*enpoint impacts inferiors for the 3 areas of protection (confidence index < 5%)



Conclusions et perspectives

- **Résultats complets bientôt disponibles dans une publication** (comprenant des analyses d'incertitude) + lignes directrices d'aide à la décision.
- **Le bilan hydrique et le contenu énergétique du traitement de régénération** sont deux paramètres déterminants.
- **Des situations où la REUT est éco-efficace ou non ont été identifiées dans le monde entier.**
- Toutes ces conclusions peuvent être influencées par des situations locales telles que :
 - Différences entre les scénarios de REUT et WSmix :
 - Longueur du réseau de distribution
 - Un mix énergétique différent
 - Situations particulières des ressources en eau, par exemple un cours d'eau intermittent.
- **Les prochains travaux pourraient porter sur :**
 - Les autres cas d'application de REUT(urbains, industriels, recharge artificielle de l'eau souterraine) ;
 - D'autres technologies de traitement de régénération ;
 - Comment inclure les risques liés aux agents pathogènes dans l'ACV de la réutilisation des eaux usées.

Merci pour votre attention



www.elsa-ica.org

○ research group for environmental life cycle & sustainability assessment

