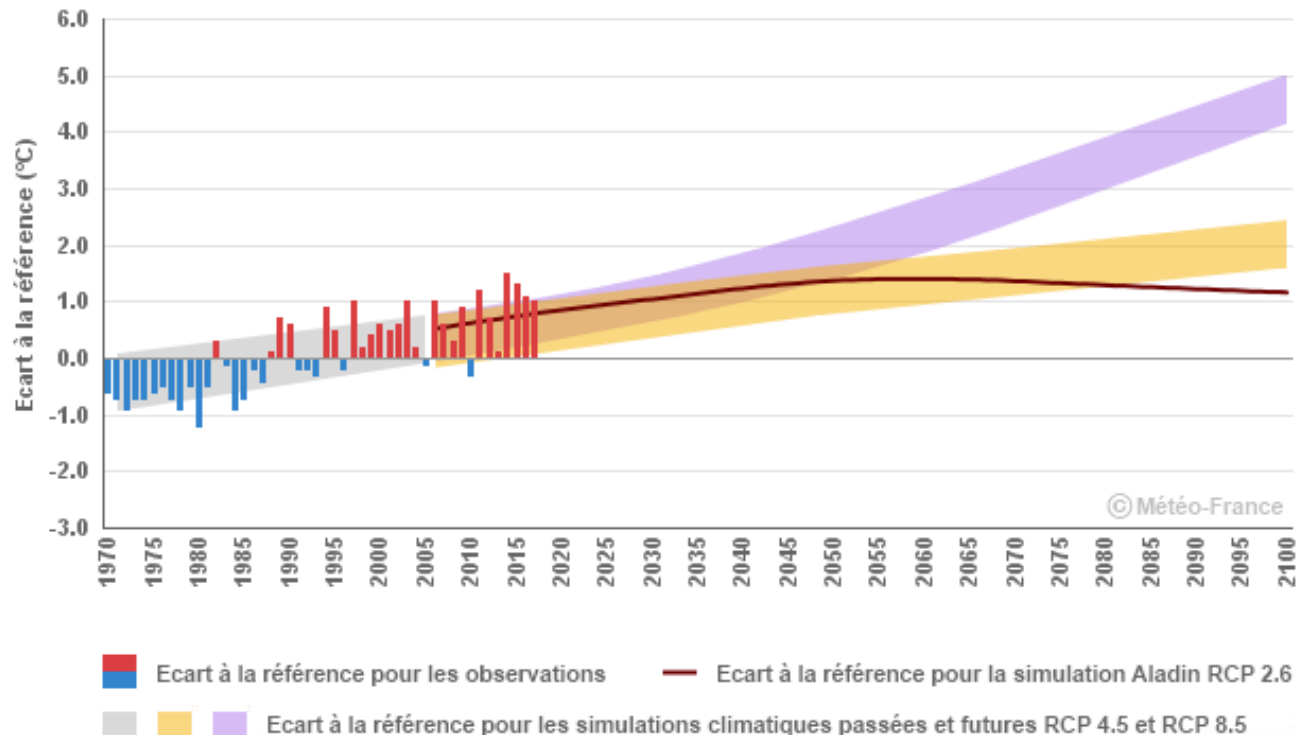


INRAE

➤ Le réseau REUSE d'INRAE

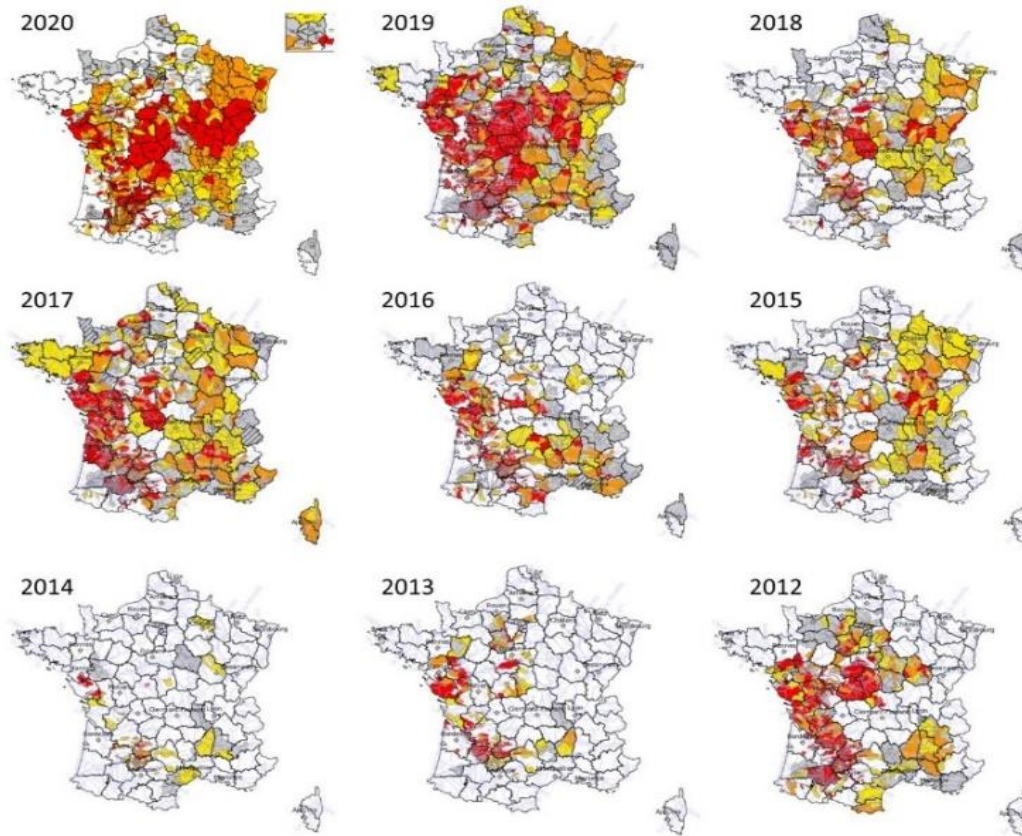
➤ Un contexte d'urgence climatique qui a un impact sur les ressources en eau

Température moyenne annuelle en Languedoc-Roussillon : écart à la référence 1976-2005
Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



Quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent peu d'évolution des précipitations estivales jusqu'aux années 2050. Sur la seconde moitié du XXI^e siècle, selon le scénario RCP8.5 (sans politique climatique), les projections indiquent une diminution des précipitations estivales.

➤ Un contexte d'urgence climatique qui a un impact sur les ressources en eau

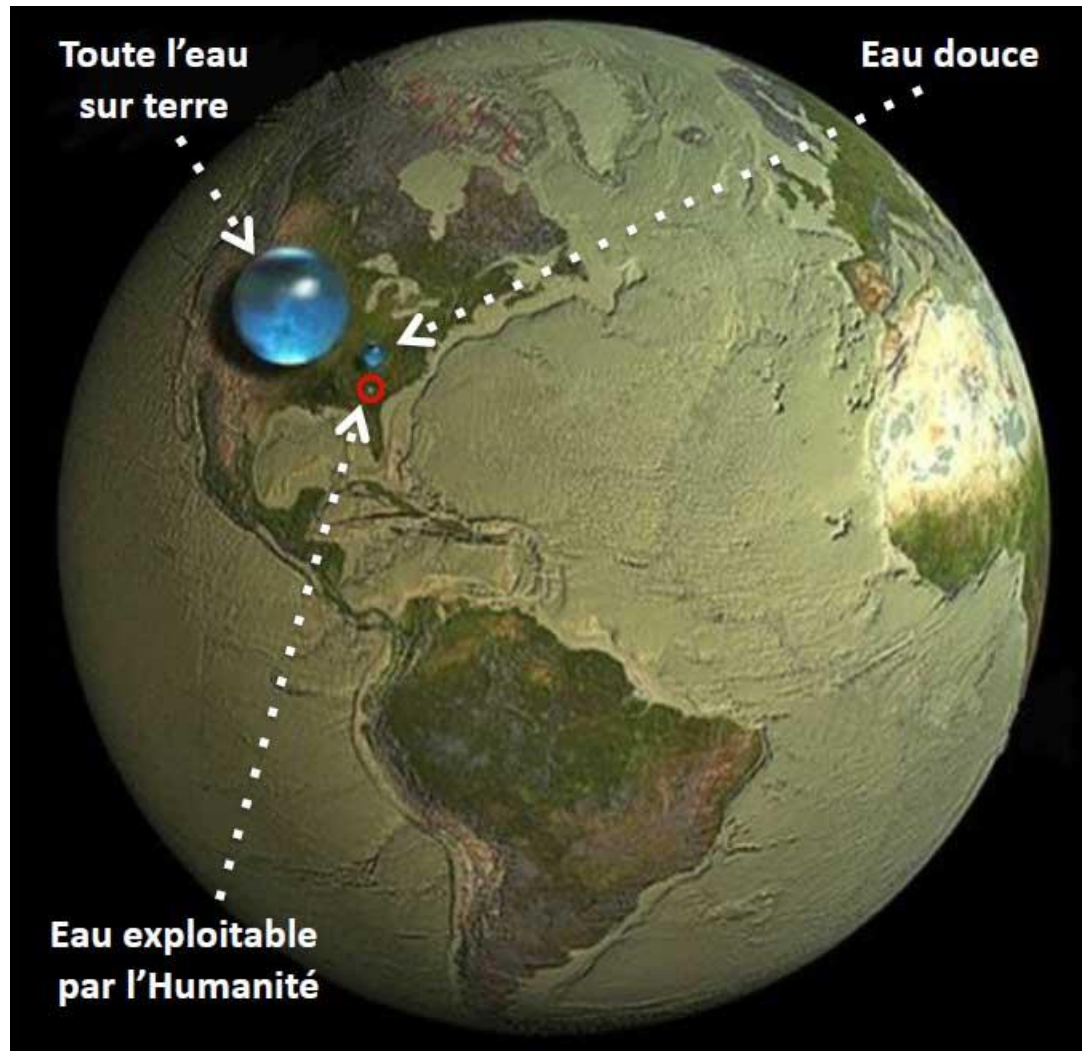


Arrêtés de limitation d'usage de l'eau
13 septembre [2020 - 2012]

INRAE

- Promouvoir l'économie circulaire de l'eau et des déchets...

➤ Où se trouve l'eau?



➤ Quelques indicateurs* ...

- L'eau est stockée dans les réservoirs naturels sur des périodes plus ou moins longues (ex : 8 jours de stagnation dans l'atmosphère, 17 ans dans les lacs, 2500 ans dans les océans) ;
- 40 000 millions de km³/an : évaluation des ressources mondiales en eau continentale constituant la seule source d'eau douce renouvelable (eau de pluie – évapotranspiration – évaporation). Ce qui équivaut à **5 700 m³** par habitant et par an.

L'Organisation Mondiale de la Santé considère qu'il y a :

- stress hydrique, si un être humain dispose de moins de 1 700 m³ d'eau par an ;
- pénurie, avec moins de 1000 m³ par an.

1,4 milliards de personnes vivent avec moins de 1000 m³ d'eau par an

*cieau.com, données compilées



➤ L'eau une ressource durable "de moins en moins renouvelable"

Quels leviers?



➤ Comment **baiss**er la pression sur la ressource là où les stress hydriques se font sentir?

➤ Qu'est-ce qu'une **gestion durable** de l'eau?



Ressource en qualité et en quantité disponible sur un horizon d'une vie humaine (~100 ans)

➤ Qui consomme l'eau?



Grande disparité mais une constante dans l'ordre des consommateurs par ordre d'importance :

1. Pour l'agriculture, ce sont 75% en Afrique vs 40% en Europe ;
2. Le second utilisateur est...l'industrie de production d'énergie (~30%) ;
3. L'exploitation minière et l'industrie de transformation (~20%)
4. Les usages domestiques (~10%)

➤ Où peut-on économiser l'eau/comment la recycler ?

Pour la production d'énergie, c'est difficile de recycler...mais les polluants contenus dans les **eaux usées** peuvent être utilisés pour produire de **l'énergie** : forte intégration de l'eau et des **déchets**!



Pour les autres industries, double intérêts :

- Il y en a!
- L'eau industrielle peut poser des enjeux de qualité majeurs si rejetée dans l'environnement

Éléments du Nexus eau – matière - énergie

➤ Où peut-on économiser l'eau/comment la recycler ?

L'eau est majoritairement utilisée là où il peut être particulièrement difficile de la mobiliser!

Pour l'agriculture, c'est difficile de recycler (encore que!)...mais on peut économiser, modifier les pratiques, adapter les cultures, mobiliser différemment, produire autrement, porter l'agriculture au plus proche des consommateurs...



On peut aussi **l'économiser pour aller vers une agriculture sobre** :

- Adaptation de la quantité...
- **...- et de la qualité – aux usages!...ce qui implique une intégration des modes d'amendement de nutriments**

➤ Où peut-on économiser l'eau/comment la recycler ?

Une nécessité :

- en 2050, 2/3 de l'humanité sera en ville ;

Plusieurs intérêts :

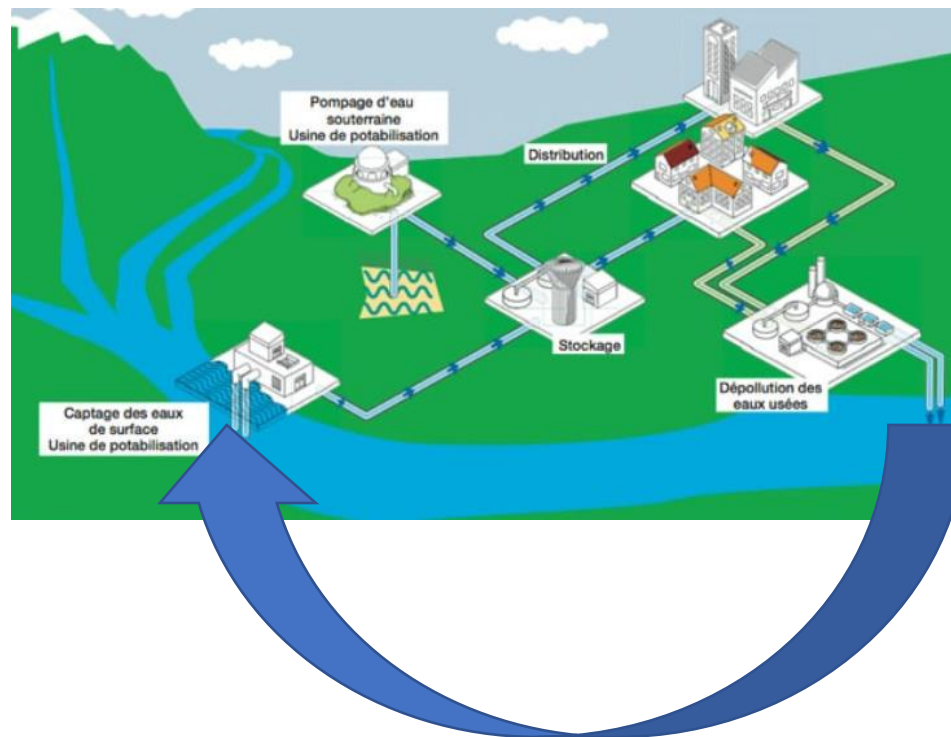
- Plus on recycle moins on rejette dans l'environnement ;



- En ville, on peut repenser toute la gestion de l'eau en jouant sur l'urbanisme
- Levier pour reverdir les villes, pour lutter contre les îlots de chaleur, pour repenser la production de biens alimentaires,
- Et...

➤ Où peut-on économiser l'eau/comment la recycler ?

...il y en a!



➤ L'eau une ressource durable "de moins en moins renouvelable"

➤ *Qu'est-ce qu'une **gestion durable** de l'eau?*

Ressource en qualité et en quantité disponible sur un horizon d'une vie humaine
(~100 ans)

A l'heure actuelle, on considère que la gestion de l'eau n'est pas durable (~20-40 ans de ressources)!

Si on réduit notre consommation de 20%, on repousse de 20 ans l'horizon de durabilité

*Si on réduit de 20% et **on recycle 20%**, on atteint 80 ans, soit presque une gestion durable...*

La réutilisation des eaux usées est un levier majeur de l'économie circulaire. Au regard de ses aspects intégrateurs, elle nécessite de mobiliser un large spectre de compétences

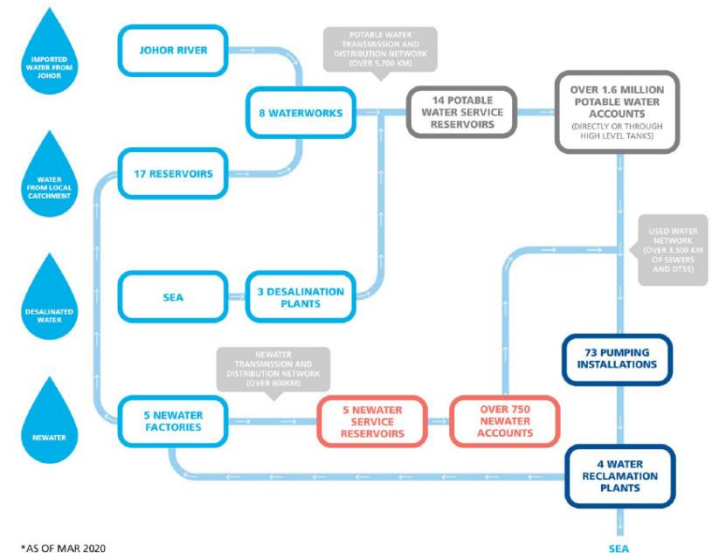


INRAE

➤ Etat de la pratique

➤ Reuse : une pratique tournée vers la haute technologie et les NBS!

- Les pays du sud
 - Faire face à un stress qui menace leur économie depuis longtemps
 - Large recours à de la réutilisation indirecte
- Le cas de la Namibie et de Singapour
 - Politique volontariste pour devenir autonome malgré un manque d'eau chronique
 - Recours à des hautes technologies membranaires



➤ Reuse : une pratique ancienne, y compris en France!

- Circulaire sur l'eau de 1976 : **épandage d'eaux usées**
 - On met alors en avant l'intérêt des nutriments => question du statut de l'eau!
 - Mais même pb d'inadéquation entre ressources et besoins
- Directive européenne de 1991
 - L'eau retrouve son statut de déchet!
- Loi sur l'économie circulaire et Règlement européen de 2010 relative à la **réutilisation des eaux usées traitées**
 - **Restreint à l'usage agricole**
 - **Réduit drastiquement le champ des possible**



Orienté fortement les activités actuelles du réseau

INRAE

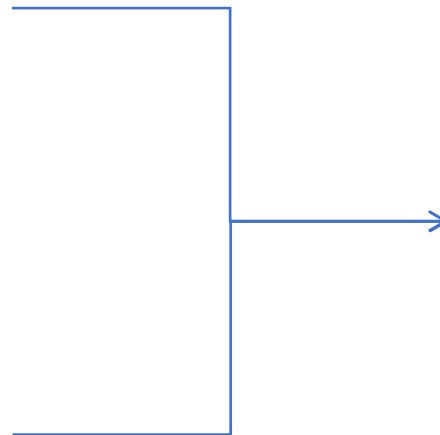
➤ Un réseau de recherche pluridisciplinaire

- A l'origine : un contexte propice à mutualiser des questions et des moyens autour d'un défi commun

Axe REUSE au sein du réseau Eau de l'INRA



Réseau REUSE d'IRSTEA



Réseau REUSE INRAE



INRAE

➤ A l'origine : un contexte propice à mutualiser des moyens

Il développe des **recherches** pour relever les défis touchant la mobilisation et l'utilisation des eaux non conventionnelles.
Il **fédère** et **organise** les activités d'INRAE autour des grands enjeux qui y sont relatifs et assure une **animation** pluri-disciplinaire.
Il **forme, informe et conseille**.



➤ Des problèmes multi-échelles – Une structure selon 4 axes

- Réutiliser l'eau usée n'est pas LA solution idéale!
 - Rôle majeur de travaux d'évaluation/quantification des impacts
 - Sous quelles conditions est-elle une bonne idée/fausse bonne idée?
 - Fortement contraintes par le **territoire**
- Si la REUSE répond à des impératifs d'ordre générique, elle est fortement intégrée dans le tissu socio-économique et les **filières** de traitement existants
- Comme tout nouvel instrument/pratique socio-technique, la REUSE interroge l'ensemble des **acteurs**, d'autant plus que plusieurs crises majeures l'ont précédée
- Sans surprise, la pratique est conditionnée par des impératifs sanitaires forts... Quantifier et contrôler **les risques** sanitaires et environnementaux – à quels coûts? - est sans doute l'enjeu majeur de cette pratique



➤ Grande diversité de situations conditionnées par des contraintes différentes – 4 Domaines d'application

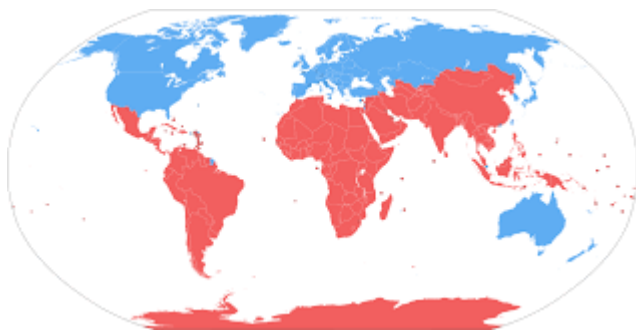


Reuse agricole



Reuse urbaine

Reuse industrielle



Reuse pays du sud



➤ Structure scientifique du réseau

DISCIPLINES/COMPETENCES



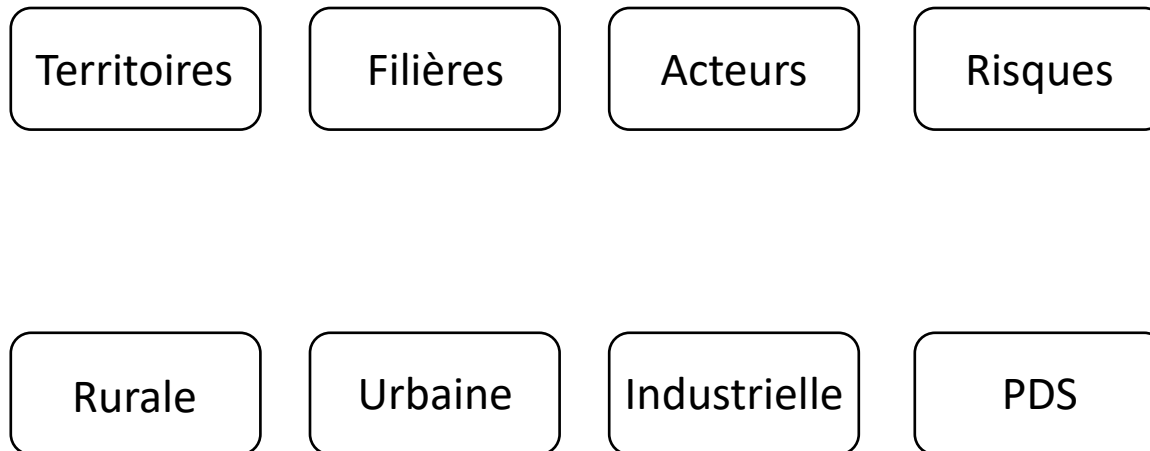
4 AXES THEMATIQUES (Territoires/Filières/Risques et Acteurs)
pour « maximiser l'animation pluridisciplinaire »

Et

4 DOMAINES D'APPLICATION (REUSE en ville, rurale, pays du sud et pour l'industrie)



➤ Structure scientifique du réseau



Modélisation et
approches numériques

Approches juridiques et
économiques

➤ Politique et stratégie scientifiques

Intégration de la science avec tous les acteurs et les autres institutions (référence au "Réseau REUSE" et non au "Réseau REUSE d'INRAE", participation aux instances nationales sur le thème...)

Développement des projets visant l'appui aux politiques publiques

Extension à l'international (chaire UNESCO, programme COST soumis, programme PRIMA, LIA INRAE-Inde...)

Volonté d'innovation par une implication des acteurs socio-économiques dans le maximum de projets que nous co-construisons (Ecofilae, NEREUS, SCP, BRL, VEOLIA, SUEZ)...



➤ Quelques questions de recherche

Territoires

- Hiérarchisation des contraintes et des critères à optimiser ? (et multi-usages)
- Comment savoir si la REUSE est toujours une bonne idée ? (rôle des outils ACB/ACV)
- Nécessité d'outils d'aide à la décision pour définir une filière adaptée à un usage / territoire
- Place de la REUT dans une gestion intégrée de la ressource en eau (échelle territoriale)
- Qualité des EUT par rapport au milieu récepteur et aux usages
- Faisabilité des solution - Aspects techniques et aspects économiques (pour toute la chaîne de valeur, partie prenantes incluses)
- Combiner les échelles temporelles pour tous les acteurs (prix, usages, prospective)
- Enjeux économiques de la REUT



➤ Quelques questions de recherche

Filières

- Penser l'amont et l'aval pour optimiser la REUSE : penser l'ensemble de la chaîne de REUSE comme un bioréacteur
- Penser le sol comme un bioréacteur et non comme milieu récepteur :
 - Rôle du sol
 - Evolution de structure
 - Influence sur microbiote
 - Facteurs de transformation
 - Modélisation/Spatialisation
- Peut-on trouver un compromis entre élimination des polluants et conservation des nutriments ? Comment coupler sol + plante + traitement
- Nécessité d'une approche à haut niveau générique : qualité de l'eau nécessaire / process de stockage et distribution / process de traitement



➤ Quelques questions de recherche

Risques

- Intégration des variables sanitaires et/ou environnementales dans les modèles de simulation de traitement
- Estimer et comparer les risques sanitaires et environnementaux des différentes filières REUSE – Évaluer et quantifier ces risques
- Développer les études de toxicologie et de risque sanitaire pour adapter dans les outils d'écoconception de la qualité de l'eau
- En cas de dangers et risques avérés, application raisonnée du principe de précaution?



➤ Organisation et gouvernance

- Un Comité Exécutif/Bureau composé de 7 membres
- Un Comité Exécutif Elargi/Conseil Scientifique composé de 20 membres (CE+13 membres)
- 1 AG/an
- Des outils d'animation
 - Un site web (**Page des projets à faire évoluer/Traduction à venir/Nouvelle(s) page(s)?**) – MAJ annuellement et/ou à la demande – Une partie en accès restreint à activer en cas de demande...
 - Un séminaire mensuel à 9h tous les derniers vendredis du mois
 - **Une newsletter**
 - **Des projets en cours et à venir/construire...**
 - **Des articles en commun au gré des projets**
 - **Demandes de formation/Ecoles?**
 - **Une identité visuelle : une "accroche" pour le site et un logo...**



➤ Un budget (du réseau, hors projets de recherche)...

Projet/Soutien 2021	Montant	Notification	Objet	Rque	Paye...
REUSEinCITIES 2.0	10000			5000 reversés à REVERSAAL	Voyage Intervenant EC Multisource 5000 euros
MATHNUM	2000	mail de Hervé Monod du 04/04		Positionnés à MISTEA	
AGROECOSYSTEM	3000	Mail de Sylvie Maini du 11/05			
TRANSFORM	5000				
AQUA	3000				
MICA	2000	mail de Sylvie Dequin du 25/02			

Un budget qui couvre :

- des frais de séminaires (AG) ;
- des frais de participation de membres du réseau à des colloques/conférences ;
- des frais d'organisation ou de participation à des écoles ;
- des stages en commun ;
- des initiatives de valorisation/diffusion des résultats de recherche

complété par des projets (DAPP, ANUMAB, Control4Reuse...) et...



> ...par plusieurs structures et institutions



Science des membranes appliquée à l'environnement



Institut Méditerranéen de l'Eau

INRAE

➤ Faits marquants

- Soumission d'un programme COST "Water4Reuse : Mainstreaming water reuse into the circular economy paradigm"
- Soumission d'un projet DAPP "Multi-barrières : vers une gestion intégrée du risque pathogène pour la reuse"
- Emergence d'un axe "Droit et REUSE" : 1^{ère} journée coorganisée INRAE-UPVD le 13 mars 2022
- Emergence d'un axe "Modélisation et approches numériques pour la REUSE"
 - Adaptation de la qualité de l'eau aux usages
 - Evaluation socio-économiques de filières
 - Evaluation des risques sanitaires et environnementaux
- REUSEinCITIES – Nexus eau-matière-énergie en milieu urbain



INRAE

- Tendances "en rupture" et exemples avec quelques projets

➤ Projet Woc WoD - Contexte

*Moins de 1% des
eaux usées traitées
est réutilisé!*

1. Perte de N, P...



Réseau de collecte



STEP

Rejet



2. Pollution
diffuse
potentielle



Traitement tertiaire



REUSE

5. Un nombre
d'usages très
limité



4. Une eau qui n'est disponible qu'en
sortie de STEP

3. DCOs, N, P,... inférieurs à des seuils qui ne
tiennent pas compte d'éventuels réusages
potentiels



➤ Projet Woc WoD – Mise en oeuvre

- WP0 – Gestion/Diffusion/Valorisation
- WP1 - Expérimentations
- WP2 – Modélisation filtration dynamique / Dynamique des indésirables
- WP3 – Optimisation/contrôle du système
- WP4 – Validations/Extensions en milieu urbain

➤ Le réseau REUSEinCITIES - Contexte

Récréatif

- Espaces verts
- Terrains de sports
- Golf
- ...



Usages Urbains

- Lavage des voiries
- Hydrocurage des réseaux
- Réserve incendie
- Lavage voitures
- ...



Usages domestiques

- Flushing des toilettes
- Irrigation jardin
- ...



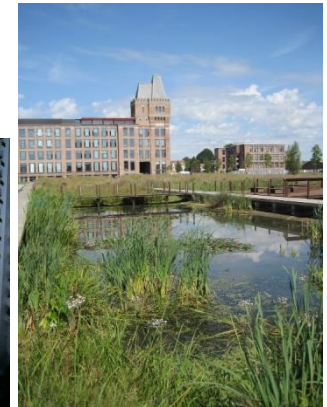
Irrigation cultures

- Agriculture périurbaine
- Fermes urbaines
- Agricultures urbaines
- ...



Milieu naturel

- Recharge de nappes
- Zones humides
- Débits d'étiage
- ...



Ces usages sont dispersés sur l'ensemble du territoire urbain

➤ Les limites du centralisé - Contexte

Des coûts de réalisation/réhabilitation importants

- Réseaux, bassins stockage restitution ...

Un impact environnemental non négligeable

- la construction de réseaux d'assainissement a un impact environnemental plus important que la construction et l'exploitation de la station d'épuration des eaux usées

Un gestion des temps de pluie non évidente

- Dans un contexte de dérèglement climatique



Observatoire des coûts
ASSAINISSEMENT COLLECTIF
RÉSEAUX, STATIONS, PLUVIAL
Étude des coûts

Assainissement

RAPPORT

BASSINS RHÔNE-MÉDITERRANÉE ET DE CORSE

Septembre 2018



WATER RESEARCH 77 (2015) 35–48



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems



Eva Risch ^{a,*}, Oriol Gutierrez ^b, Philippe Roux ^a, Catherine Boutin ^c, Lluís Corominas ^b



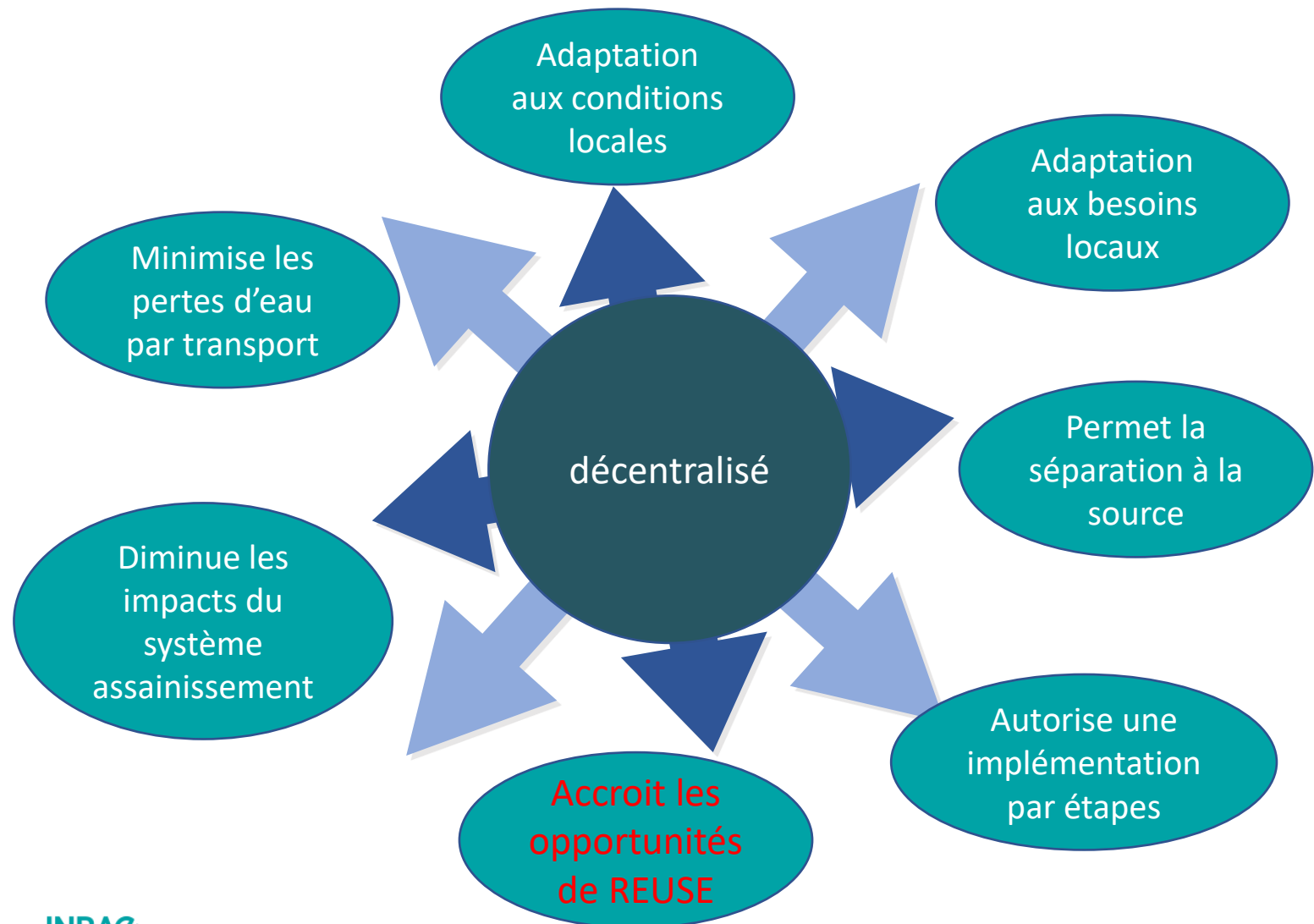
INRAE

Séminaire ANUMAB – J. Harmand – 13/05/2022 – Montpellier

Molle et coll., 2020

p. 37

➤ L'approche décentralisée – La solution



➤ REUSEinCITIES – Mise en oeuvre

- En 2021 :
 - Deux journées d'échanges avec les acteurs
 - Atelier de restitution lors de l'AG 2021
 - Renouvellement du réseau auprès de BETTER
- En 2022 :
 - Ecole chercheurs coorganisée avec MULTISOURCE
 - ½ Journée de travail lors de l'AG 2022



➤ Le projet MULTI-BARRIERES - Contexte

- Assise de l'Eau (2019), engagement de l'Etat à « tripler d'ici 2025 le recours aux eaux non conventionnelles »
- Règlement Européen (2020/741) « exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau usée traitée en agriculture »



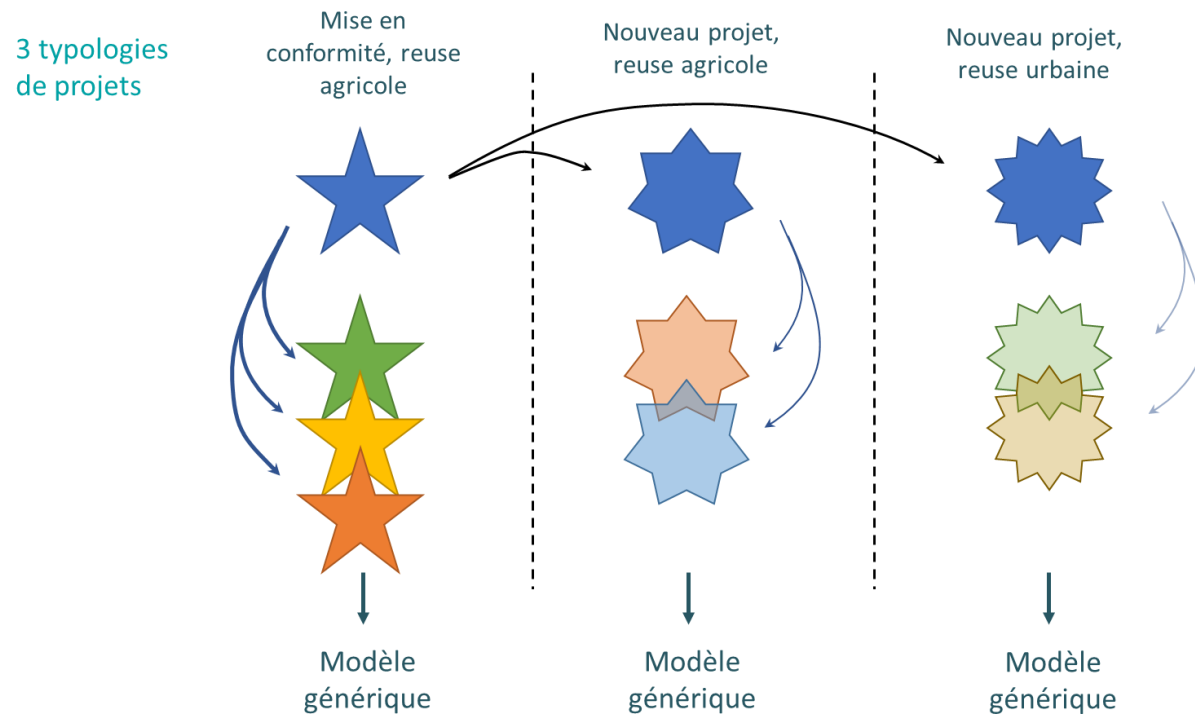
➤ Le projet MULTI-BARRIERES – La solution

- Assise de l'Eau (2019), engagement de l'Etat à « tripler d'ici 2025 le recours aux eaux non conventionnelles »
- Règlement Européen (2020/741) « exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau usée traitée en agriculture »
- Les questions
 - Quelle est l'efficacité des différentes barrières ?
 - Comment organiser le transfert de responsabilités associées au transfert de la gestion du risque sur les différents maillons de la filière reuse ?
 - Dans quel mesure la mobilisation de l'approche multi-barrières a un impact plus faible sur l'équilibre économique et le bilan environnemental des projets de reuse?



➤ Le projet MULTI-BARRIÈRES – La mise en oeuvre

1. Etat de l'art sur les différentes barrières
2. Développement d'une démarche d'accompagnement à la mise en place des barrières



3. évaluation de la démarche et de ses impacts

INRAE

➤ Les clés de la réussite

➤ Quelques points à souligner

- Une approche
 - Multi-échelle
 - Pluri-disciplinaire
 - Intégrative => inter-disciplinarité
- Extensions vers d'autres disciplines/métiers et à l'international
- Nécessite
 - Beaucoup de bonne volonté
 - Du temps
 - De l'argent => un peu en réalité : ce n'est pas le point (le plus) bloquant!
 - De l'ouverture!





Site web : www6.inrae.fr/reuse

Merci de votre attention

<https://sites.google.com/site/pagewebharmandjerome/>



INRAE

Séminaire ANUMAB – J. Harmand – 13/05/2022 – Montpellier