



**Sustainable Water  
Integrated Management (SWIM) -  
Support Mechanism**



Project funded by  
the European Union

*Water is too precious to waste*

**DEUX JOURS DE FORMATION SUR LE FONCTIONNEMENT ET LA GESTION  
DES STEPS**

**9-10 Septembre, Murcia**

**Gestion de l'eau recyclée**

***Présenté par: Dr. Francisco Pedrero Salcedo***

# Introduction à l'utilisation agricole de l'eau recyclée

## GESTION DE LA DEMANDE EN EAU D'IRRIGATION

### ECONOMIES D'EAU

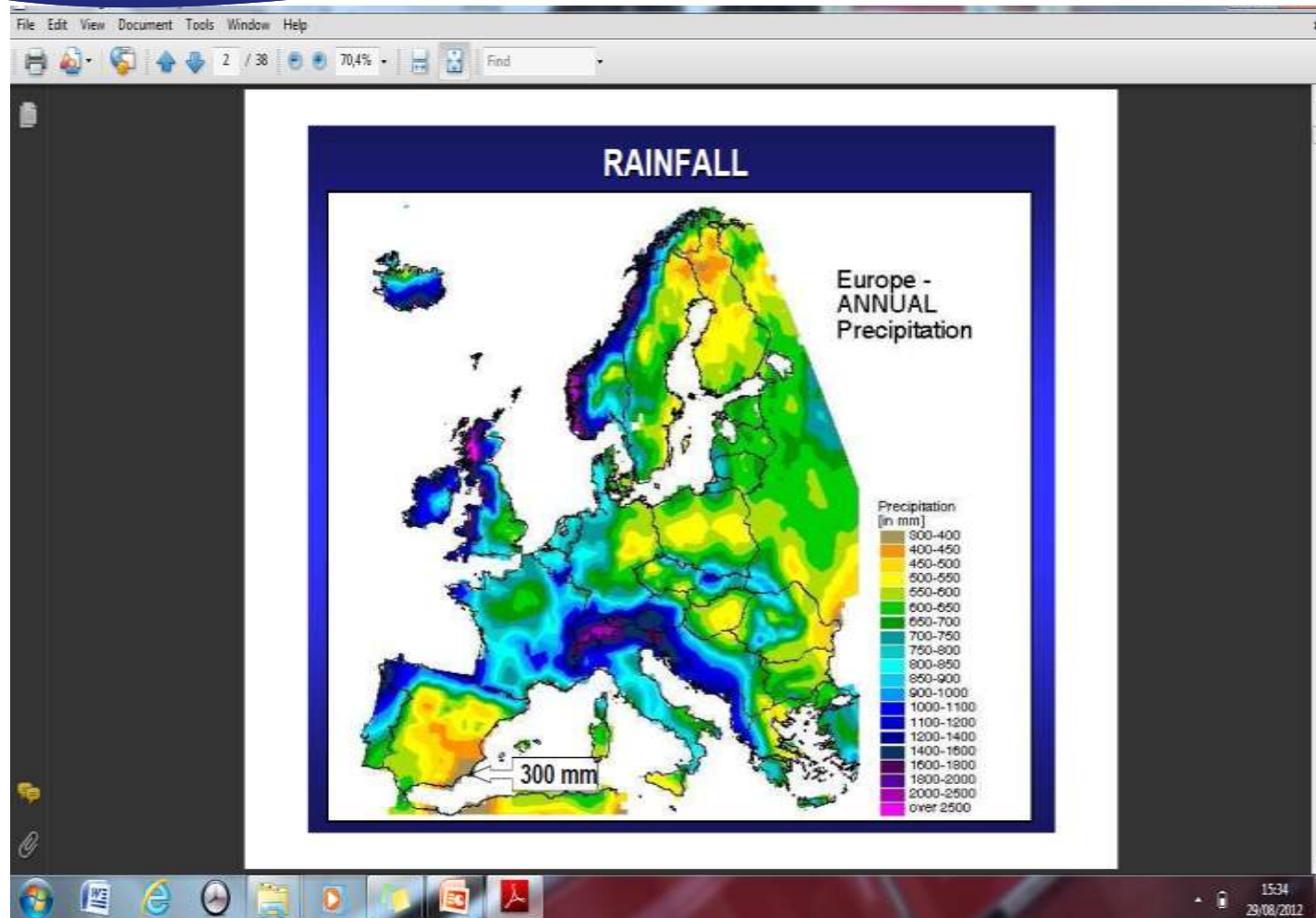
- ✓ Profil de cultures
- ✓ Application efficace de l'eau
  - ✓ Calendrier précis d'irrigation (..GIS)
- ✓ Stratégies de déficit d'irrigation
  - *Déficit hydrique durable*
- *Zone racinaire partielle asséchée*
  - *Régulation du déficit d'irrigation*
  - *Irrigation supplémentaire*

### RESSOURCES EN EAU NON CONVENTIONNELLES

- ✓ Eau de mer
- ✓ Eau de drainage
- ✓ Précipitations récoltées
- ✓ Eau recyclée

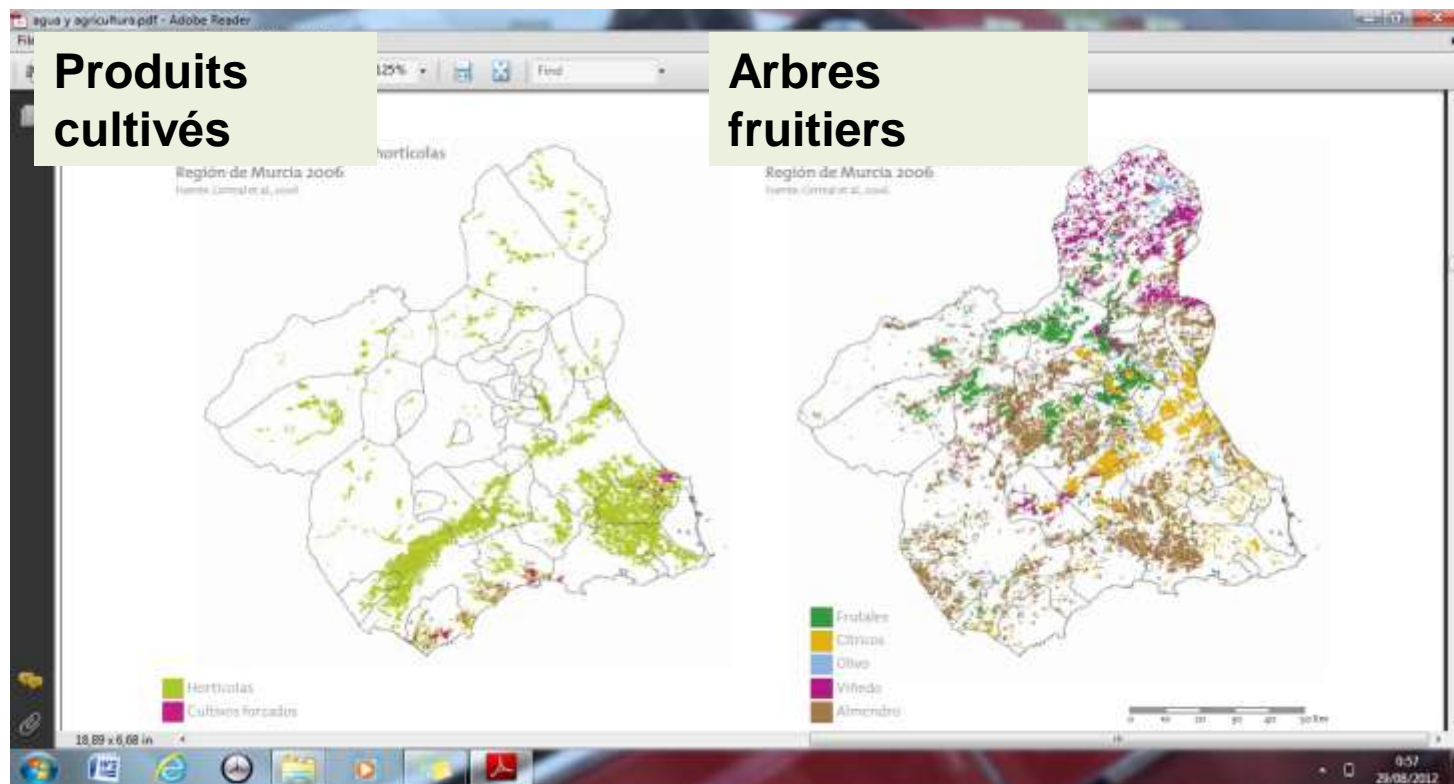


# Précipitations

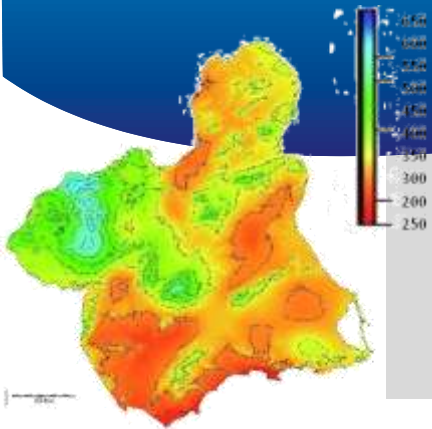


# Agriculture à Murcia

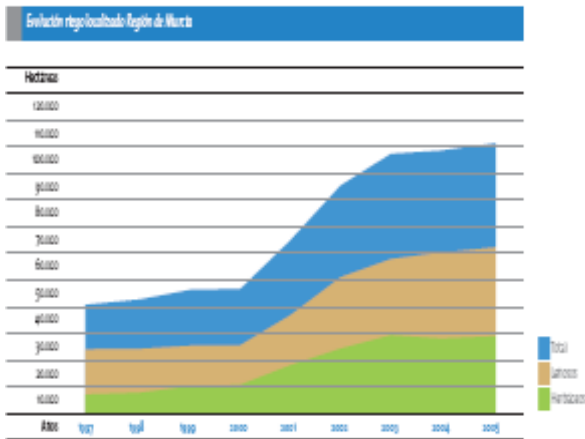
- 336 000 ha cultivés (122 000 légumes – 214 000 arbres fruitiers)
- 170 000 irrigués (85% irrigation goutte à goutte)







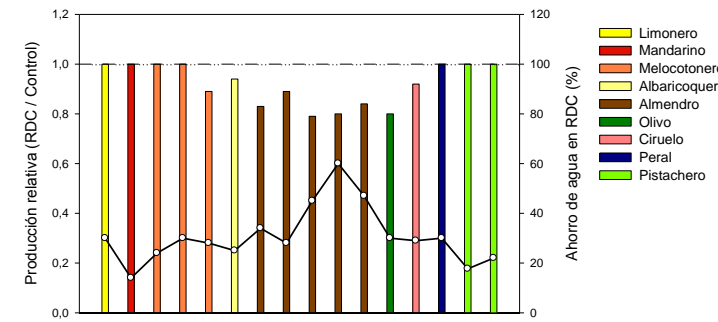
## Modernisation 80-90 %



## Réutilisation 92 STEP- 102 Hm<sup>3</sup>/an



## Gestion du déficit Régulation du déficit d'irrigation



Accumulation/concentration de sel??

# Caractéristiques de l'irrigation dans la région méditerranéenne

- Prédominance des petites exploitations
  - Grande variété de cultures poussant en une seule zone d'irrigation
  - Présence de canaux d'irrigation et de digues de drainage où l'eau recyclée est mélangée à d'autres sources

Installations  
pilotes au **NIVEAU  
DES PARCELLES**

Installations  
pilotes au **NIVEAU  
DU DISTRICT**

Utilisation  
d'eau  
recyclée

Nouvelles  
technologies  
perception et  
formation du  
public



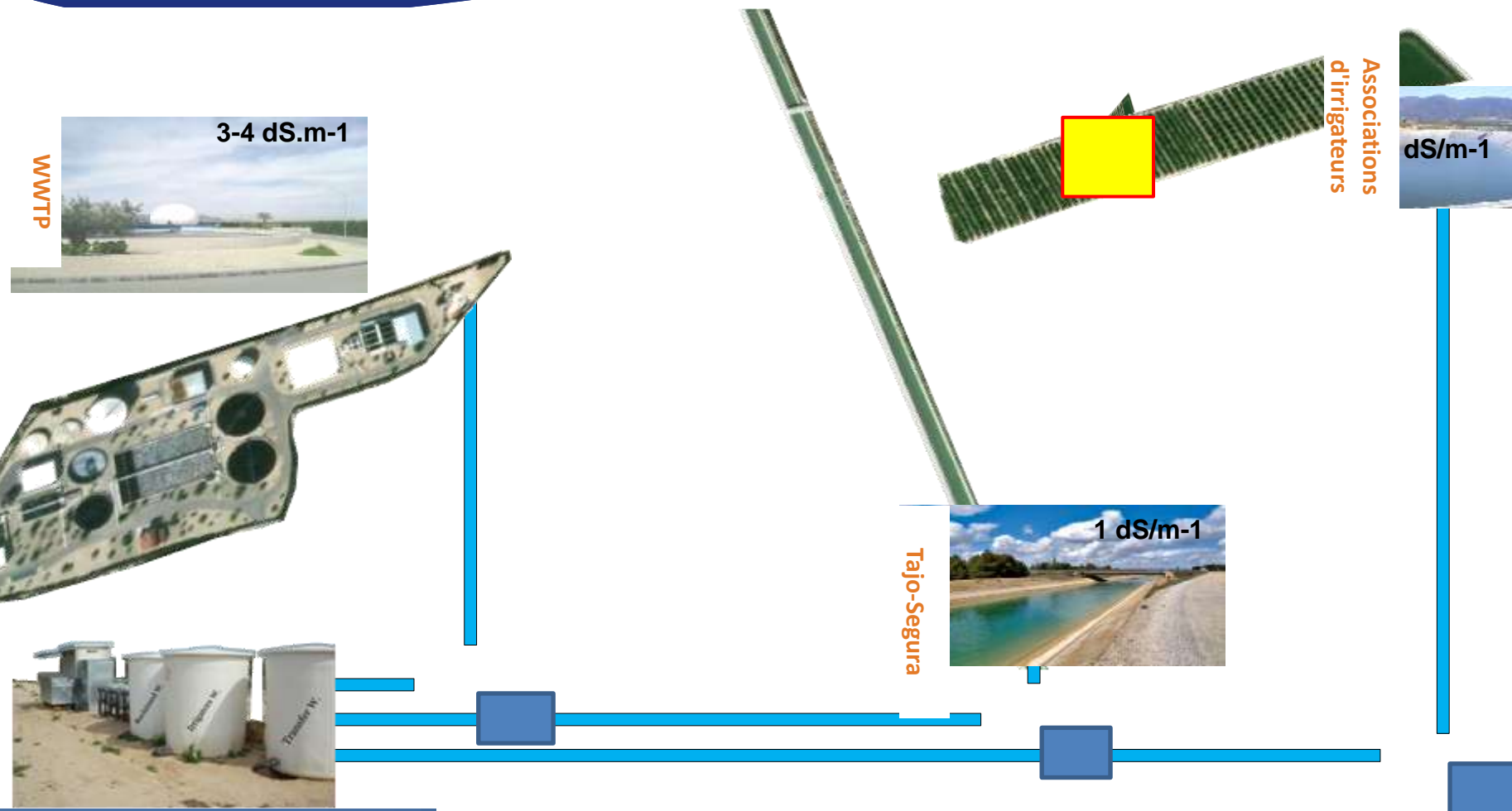
# Installations pilotes au niveau des parcelles

- Un réseau de parcelles expérimentales dans différents lieux de la Méditerranée et différents types d'eau recyclée et cultures.
- Les effets de l'utilisation de l'eau recyclée sur la physiologie de l'arbre, la performance, la qualité et la sécurité des cultures
- Effets à long et moyen terme sur l'accumulation du sel dans le sol, la zone insaturée et la pollution des eaux souterraines.

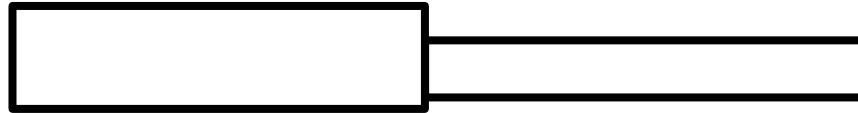


Verger  
Province

: Lo Montero  
: Campotejar-Murcia



## Parcelles expérimentales



Pamplemousse



Mandarines

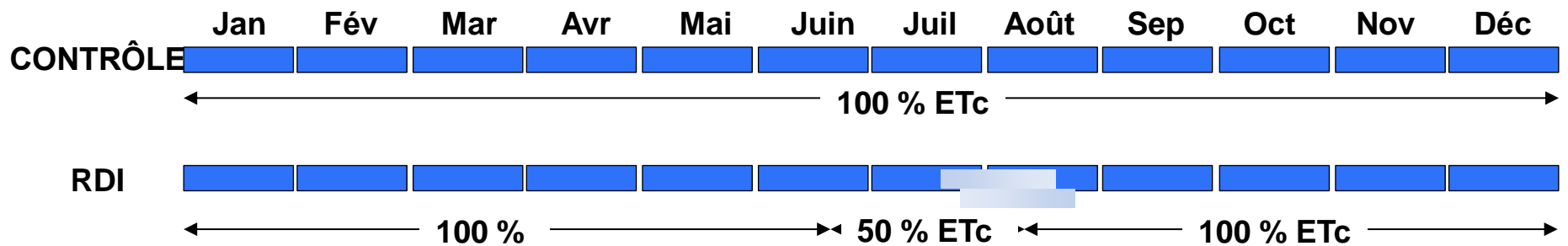
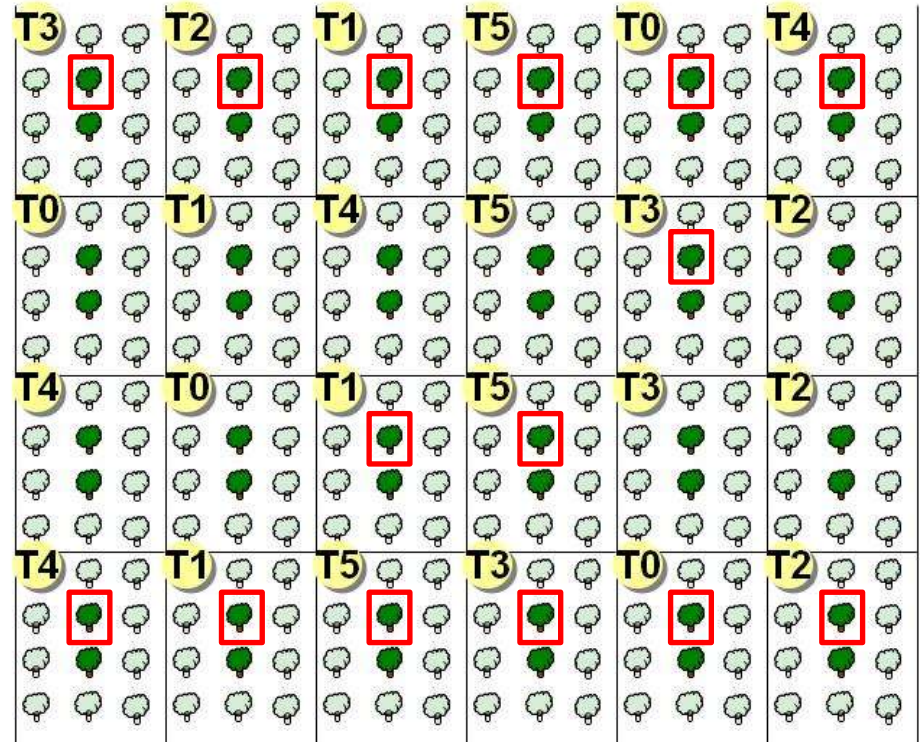
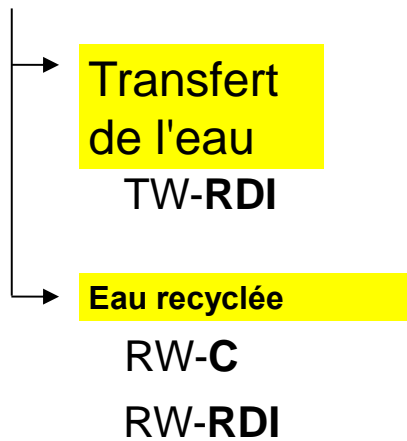


**Variété** : Star Ruby  
**Porte-greffe** : Macrophylla  
**Âge** : 6 ans (2007)  
**Espacement** : 6 \* 4 m

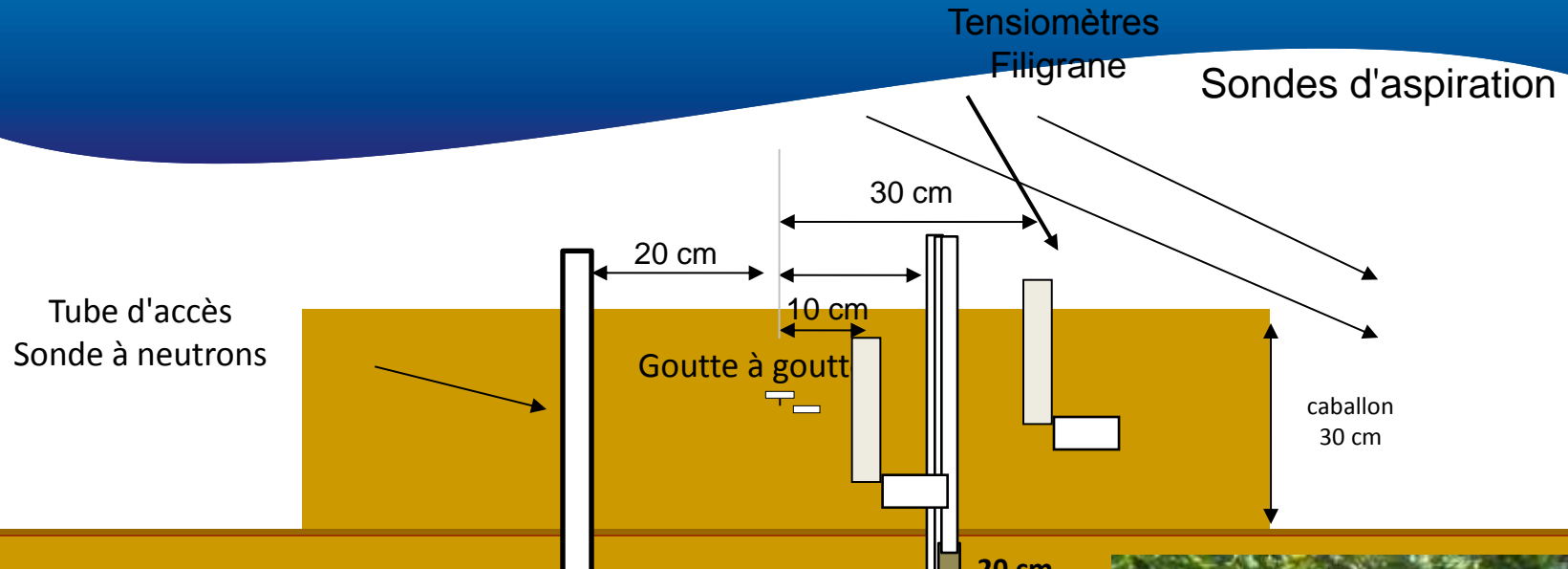
**Variété** : Orogrande  
**Porte-greffe** : Carrizo  
**Âge** : 10 ans (2007)  
**Espacement** : 3,5 \* 5 m

# Conception expérimentale

## Traitements d'irrigations



# Mesures des sols et équipement



## 15 jours

- | Contenu de l'eau dans le sol
- | Potentiel de l'eau des sols
- | Qualité de l'eau des sols

## Mesures périodiques

- | Accumulation de sels à différentes profondeurs
- | État minéral de la feuille

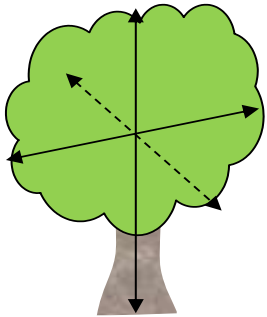




# Mesures des installations et équipement

## Periodic plant measurements

Tree  
Canopy



Fruit  
Diameter, fruit set



Stem water  
potential



Leaf gas  
exchange



## Récupération

## Yield assessment

Production  
(kg.tree<sup>-1</sup>)



Diameter  
distribution



Quality  
indexes



- TA
- pH
- SSC
- Vitamin C

Fruit safety



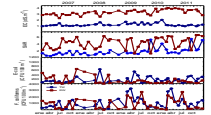
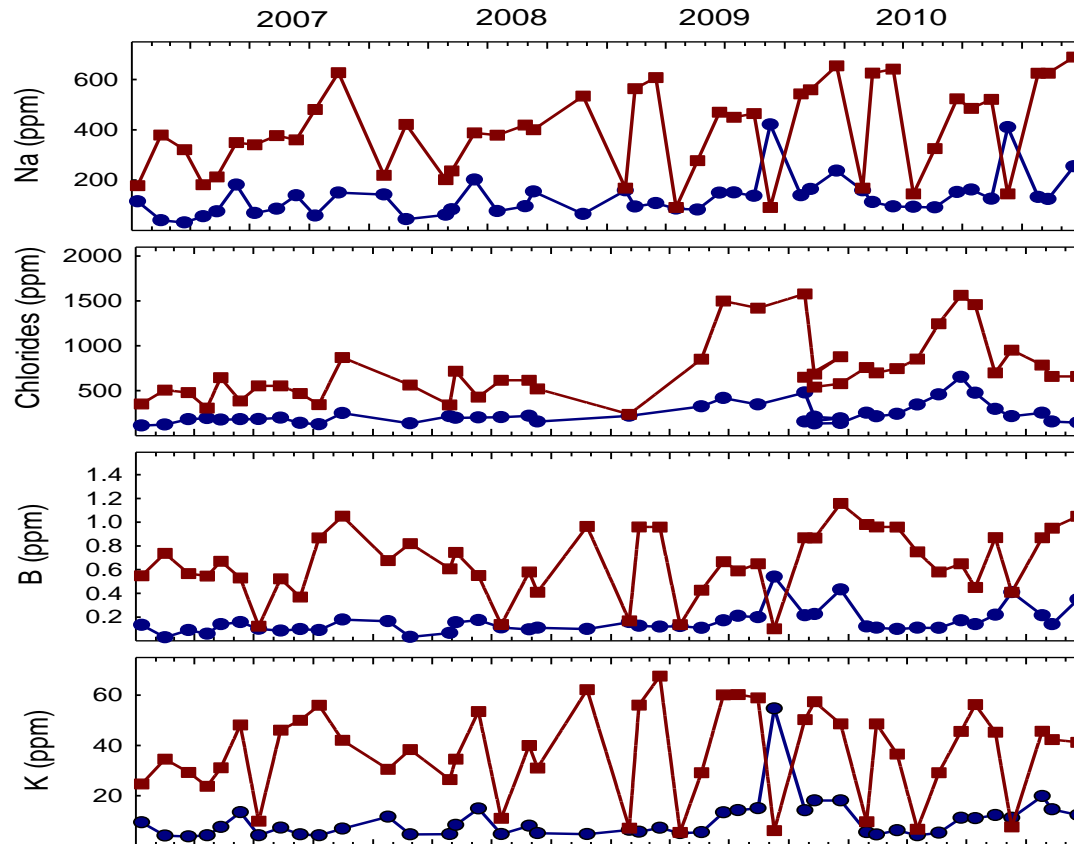
# Résultats. Qualité de l'eau d'irrigation

Na

Cl

B

K



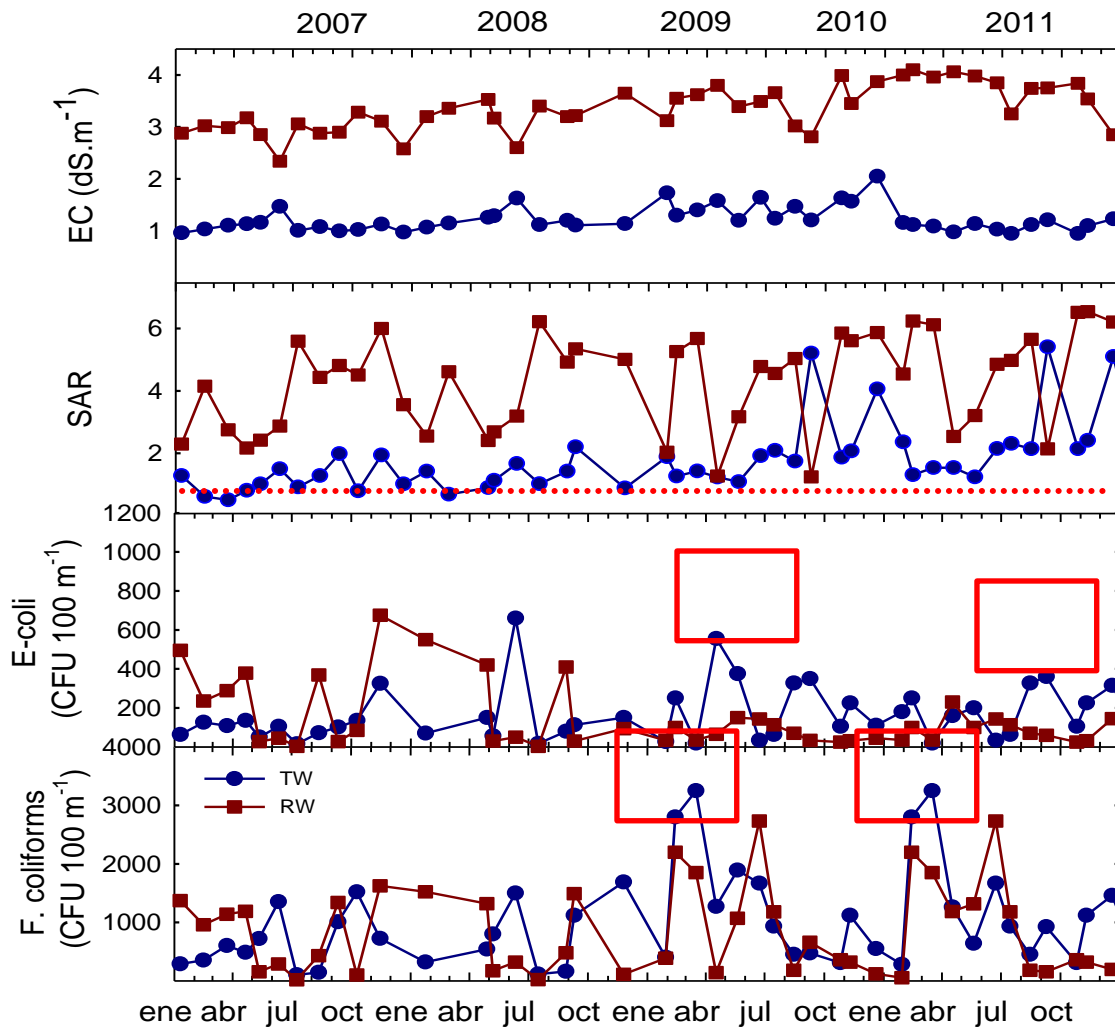


EC

SAR

E.coli

F.colif.



**RD  
1620/2007**

# Besoins en eau et économie

Mandarines

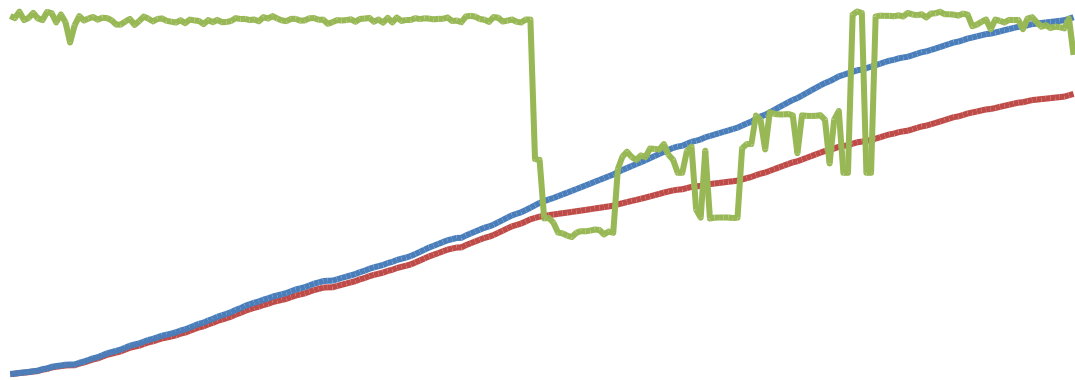
Économie 19 %

40545 40575.5 40606 40636.5 40667 40697.5 40728 40758.5 40789 40819.5 40850 40880.5

Pamplemousse

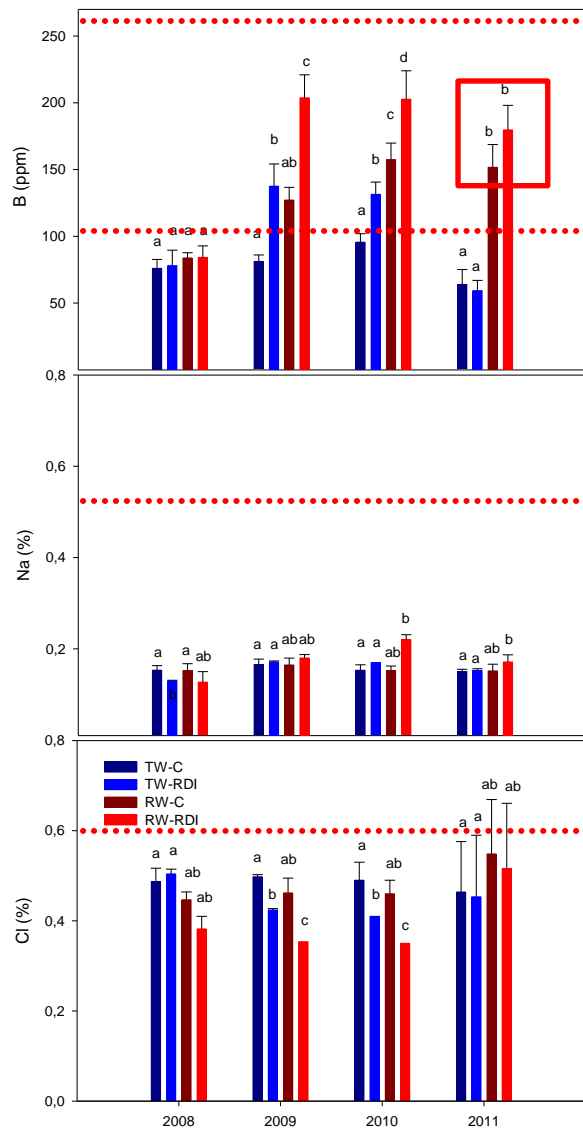
Économie 21 %

( $\approx 1000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ )

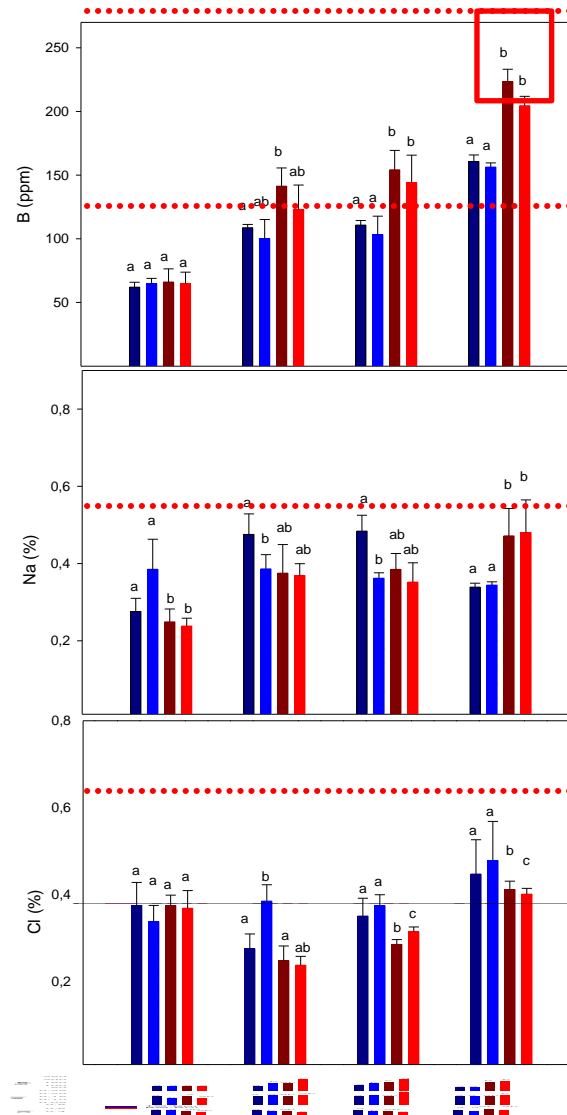


# État minéral de la feuille

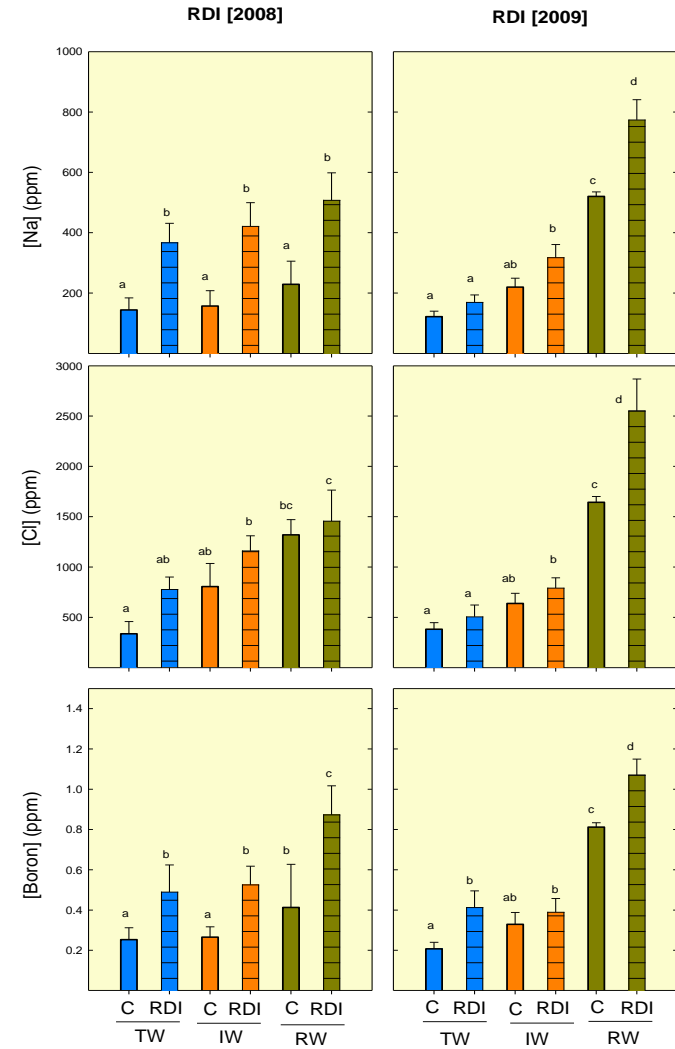
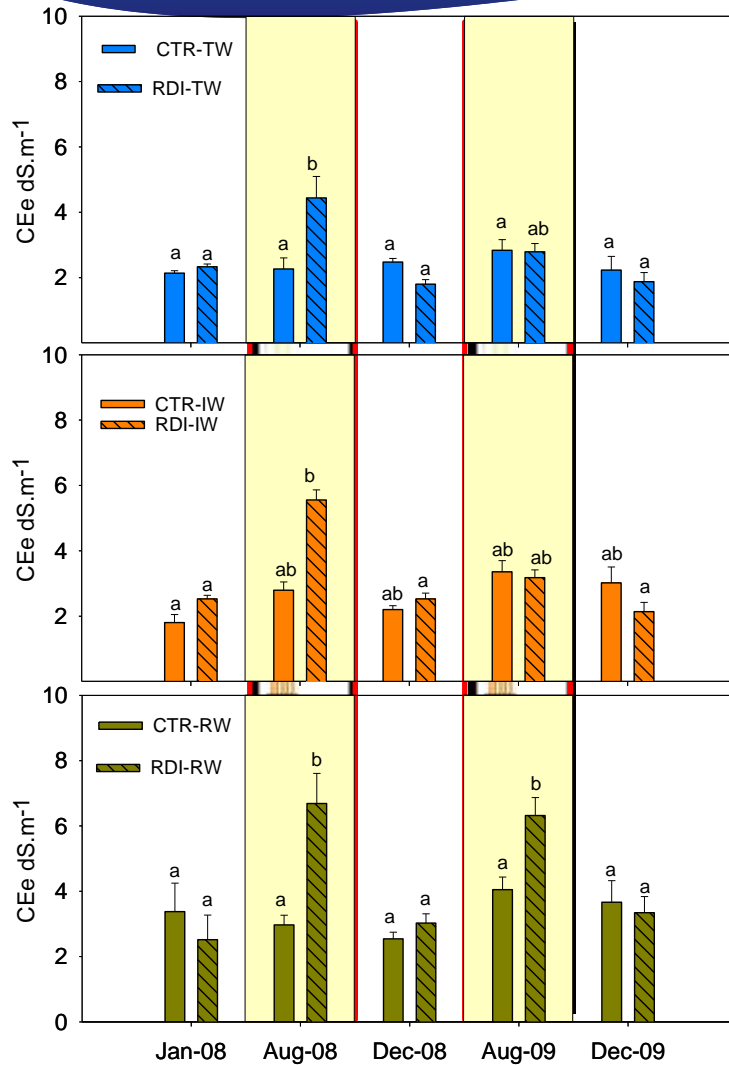
## Mandarines



## Pamplemousse

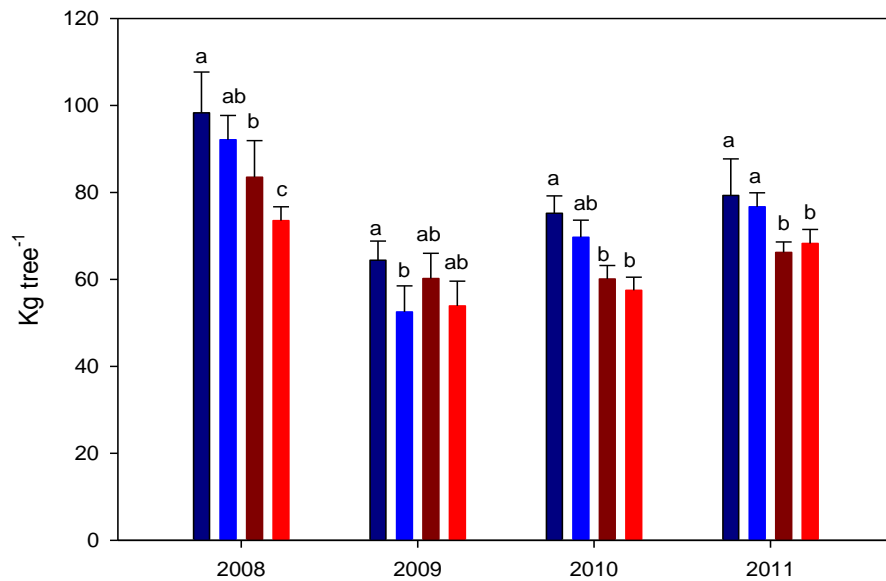


# Extrait EC (dS.m-1) du sol saturé et solution du sol

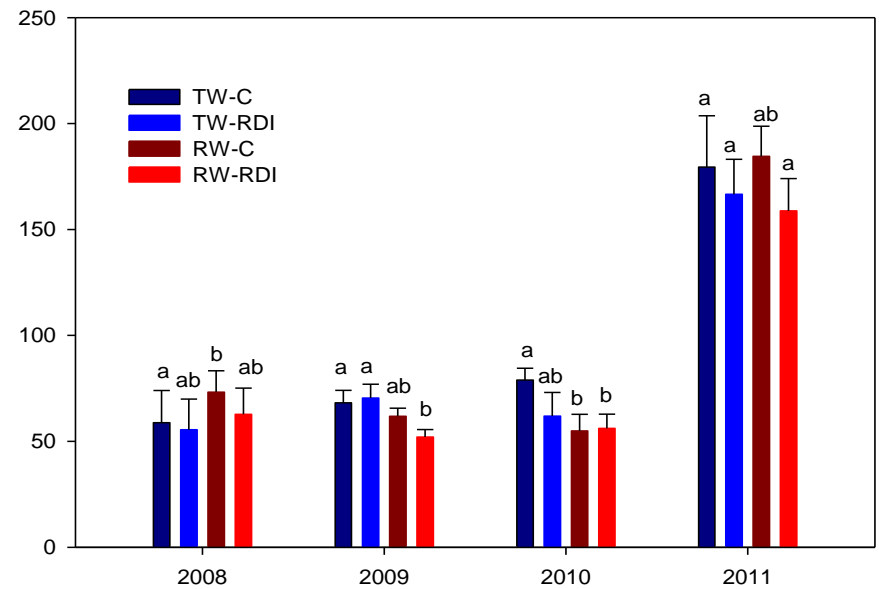


# Rendement

## Mandarines



## Pamplemousse



# Paramètres qualité des fruits

Traitement	Épais. peau (mm)	Volume jus (ml)	° Brix	pH	Total Acidité	Index Maturité	Vitamine C							
<b>TW-CTR</b>	<b>2,52</b>	± 0,75a	<b>53,00</b>	± 13,05a	<b>11,6</b>	±0.7a	<b>3.6</b>	±0.1a	<b>0,9</b>	±0.1a	<b>12,8</b>	±1.5a	<b>8,5</b>	±0.6a
<b>TW-RDI</b>	<b>2,20</b>	± 0,44a	<b>53,80</b>	± 14,81a	<b>12,0</b>	±0.4a	<b>3.7</b>	±0.0a	<b>0,9</b>	±0.0a	<b>13,8</b>	±0.6a	<b>11,0</b>	±0.4b
<b>RW-CTR</b>	<b>2,43</b>	± 0,43a	<b>61,33</b>	± 14,32a	<b>12,2</b>	±0.9a	<b>3.7</b>	±0.1a	<b>1,0</b>	±0.1a	<b>11,9</b>	±0.8a	<b>13,8</b>	±1.1ab
<b>RW-RDI</b>	<b>2,57</b>	± 0,48a	<b>57,53</b>	± 12,71a	<b>12,7</b>	±1.0a	<b>3.6</b>	±0.1a	<b>1,1</b>	±0.1a	<b>11,8</b>	±0.6a	<b>17,7</b>	±0.6c



# EFFETS A LONG TERME?



# D'UN AUTRE CÔTÉ...

**2007**



**2012**



# Conclusions

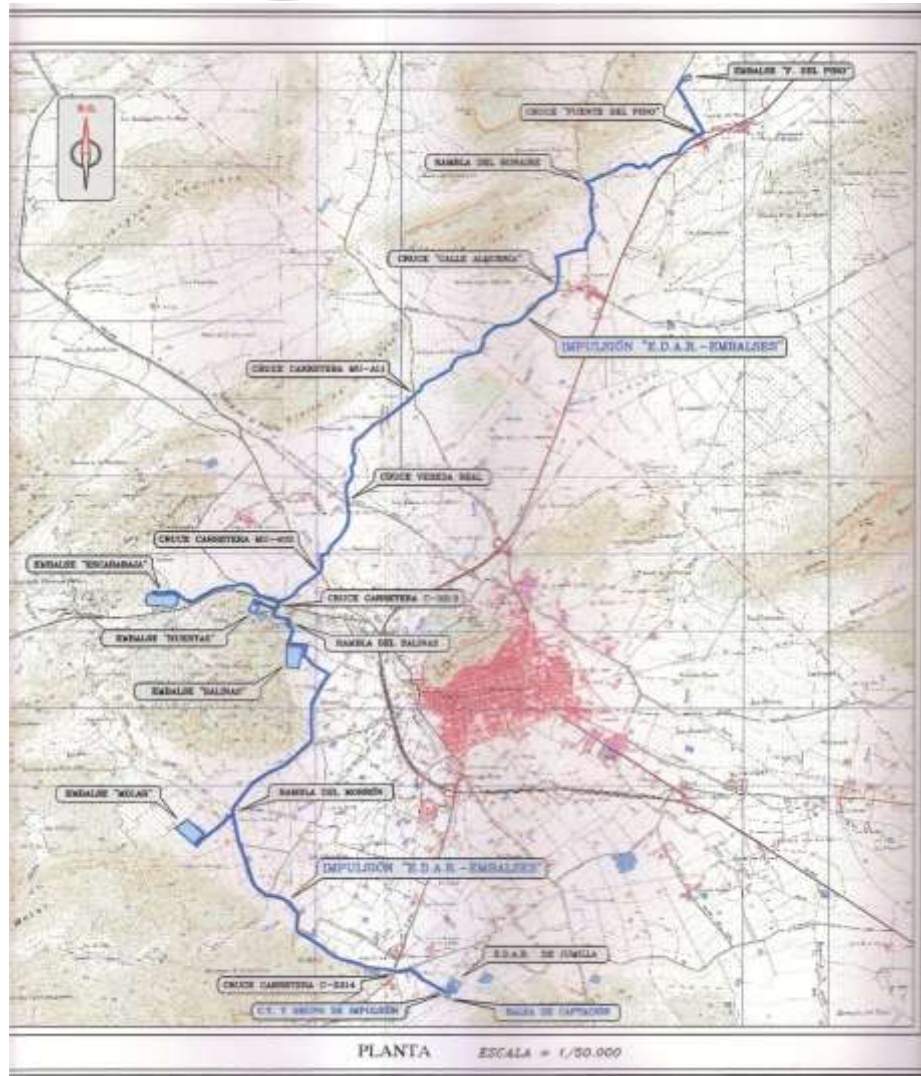
- Sous **traitements RW** on observe une tendance à la **réduction du nombre de fruits**. Cette réduction était plus importante sous la régulation du déficit d'irrigation (traitement RW-RDI ).
- Les effets combinés des stratégies RDI et de l'eau recyclée ont augmenté **des paramètres de qualité de quelques fruits** sur les mandariniers. [**Vit.C**] RDI-RW > RDI > Traitements de contrôle.
- [**Na**], [**B**] et [**Cl**] dépassaient les **niveaux phytotoxiques** dans l'eau d'irrigation recyclée. Bien qu'aucun problème toxique n'ait été détecté durant l'expérience, quelques symptômes de toxicité légère sont apparus durant la dernière année et les effets à long terme pourraient ainsi être plus prononcés.
- L'irrigation avec l'eau recyclée tend à **accumuler les sels** dans la zone racinaire du végétal. Ainsi, un **suivi attentif** est nécessaire pour éviter une réduction possible des propriétés agronomiques du sol.

# Installations pilote d'irrigation au niveau du district

- Associé aux districts d'irrigation districts, souvent organisés autour des **associations d'irrigants** avec des concessions pour l'utilisation d'eau recyclée
- Évaluation continue de la **qualité de l'eau d'irrigation** utilisée.
- Évaluation des effets de l'eau recyclée sur les végétaux et le sol, mais également estimation de la façon dont les réservoirs, systèmes de conduites d'eau et toutes les infrastructures liées à la distribution d'eau peuvent affecter.



# Communauté d'irrigation de Miraflores



culture	% surface
Poire	45
Pêche	32
Pamplemousse	2
abricot	12
Olive	5
Amande	1
prunes	3

•967 irrigants

• Surface d'irrigation = 1329 Ha



ETSIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica



Étude de faisabilité de l'utilisation de l'eau recyclée des STEP de Jumilla dans la communauté des irrigants de Miraflores



Universidad Politécnica de Cartagena



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



# Communauté des irrigants de Miraflores





# Étude de l'eau d'irrigation recyclée sur les sols, nappes et cultures (2011-2016)



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



## ISLAS BALEARES



## 4. Évaluer les effets de l'utilisation des eaux recyclées sur la physiologie des végétaux, le rendement, et la qualité et sécurité des fruits

**Connaissance des stations d'épuration et statuts nutritionnels.**

**Rendement des espèces les plus représentatives dans les deux parcelles**

**Effets sur la qualité et la sécurité des fruits**

# Parcelles pilotes

## INCA

**Oliviers v. Picual – SON CATIU (eau de puits et eau recyclée)**



# Parcelles pilotes

## INCA

Produits cultivés



ENTREPRISE VINICOLE ANGEL (eau de puits et eau recyclée)

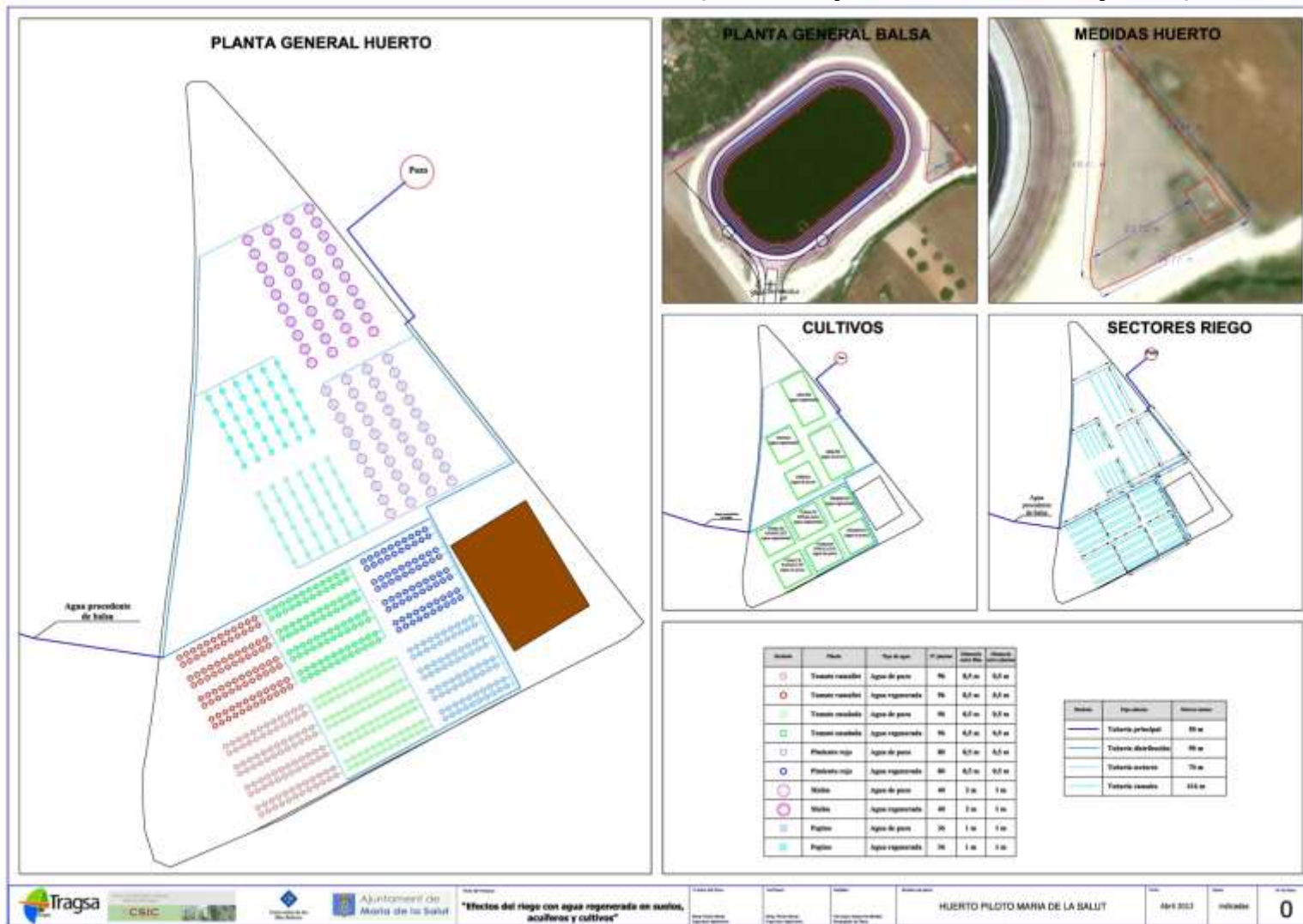
Vignes



# Parcelles pilotes

## MARÍA DE LA SALUD

### Cultures horticoles (eau de puits et eau recyclée)



# Acceptation du public et éducation sur les eaux recyclées

- Les conférences doivent former à tous les niveaux, les usagers et producteurs de telles eaux, pour sensibiliser sur son importance.
- Analyse économique. Dans l'évaluation économique, tous les bénéfices environnementaux (y compris les bénéfices non commerciaux) doivent être pris en compte.
- Pour estimer les bénéfices non commerciaux que la société attache à l'usage des eaux recyclées à des fins agricoles





# Valeur non commerciale des eaux usées recyclées pour leur usage en agriculture: une approche contingente

Gmail - Recibidos - fpedres x Mehndi Tattoo Stencils: Syr x WATEReuse BARCELONA 21 x www.waterbcn2011.org/po x  
www.waterbcn2011.org/powerpoints/ROOM\_D/Tuesday/Afternoon/P5\_IWA-7238\_MIGUEL\_ANGEL\_RODENAS/IWA-7238%20MiguelA%20Rodenas.pdf



L'utilisation des eaux usées recyclées pour l'irrigation a des bénéfices environnementaux non commerciaux importants (volonté de payer 5.13 € par mois par décharge, ajoutant ainsi une valeur annuelle totale de 23.3 millions d'€

# Usagers locaux, expériences locales







# Information du public

- Les projets les plus réussis ont été promus par les usagers, dans des conditions de pénurie d'eau
- Les risques acceptables (microbiologiques et chimiques= varie selon les conditions culturelles et socioéconomiques
- Les projets de démonstration suscitent une réaction très positive du public et favorisent l'acceptation par le public
- Les projets de démonstration offrent une excellente opportunité pour les fabricants et les opérateurs d'étudier et rechercher des performances de processus
- La participation du public est essentielle dans la planification, la mise en œuvre et le fonctionnement du projet.



Sustainable Water  
Integrated Management (SWIM) -  
Support Mechanism



Project funded by  
the European Union

Water is too precious to waste

**Futures tendances sur la recherche de  
l'eau recyclée**

Dr. Francisco Pedrero Salcedo

Département de l'irrigation



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS





FINAL REPORT

Opportunities and Challenges in Agricultural Water Reuse

la  
sées  
al.,erres  
enues  
et al.,

Bien que la recherche sur la réutilisation de l'eau en agriculture ait été faite depuis des années, de nouvelles recherches sont nécessaires pour identifier les lacunes dans les données telles que **tolérances en sel des végétaux**, **menaces inconnues** ou nouvelles, **meilleures pratiques de gestion** pour la production et la transformation, et identification la bonne eau pour certaines cultures. Un financement supplémentaire devrait être alloué pour satisfaire ces besoins de recherches.

***(Dobrowolski, J., et al, 2008) Opportunités et enjeux dans la***

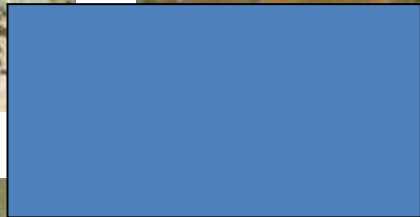
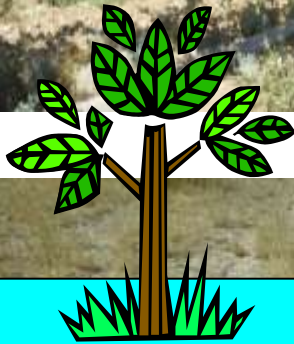
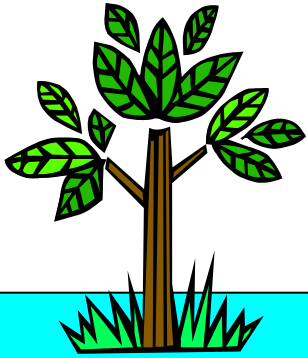
# PROJET A FRESNO (CALIFORNIE)

Réutilisation séquentielle

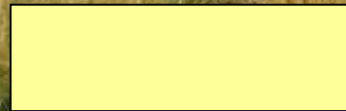
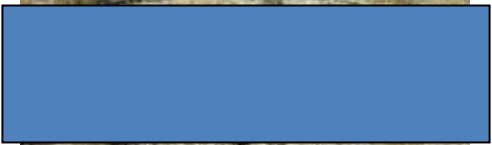
Toxic  
bore

Faible salinité  
de l'eau

Augmentation de la salinité



Érosion  
des sols

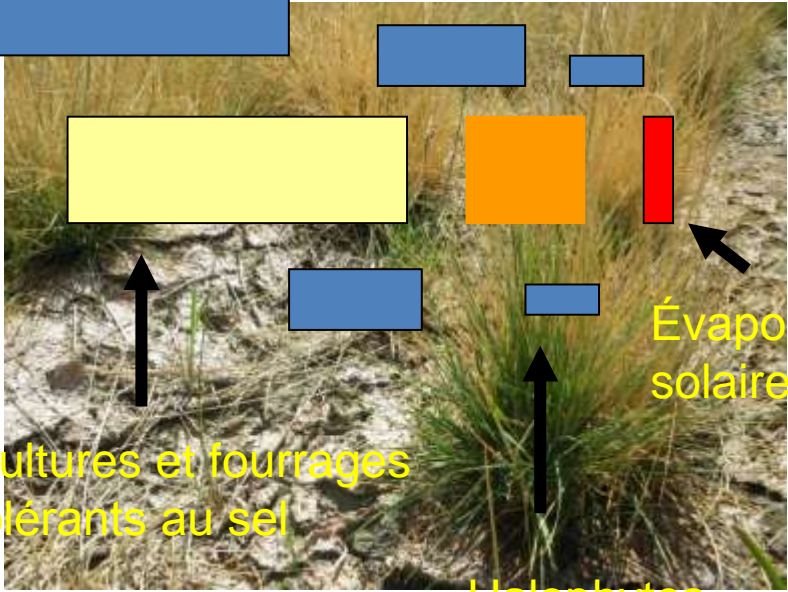


Évaporateur  
solaire

Cultures et fourrages  
tolérants au sel

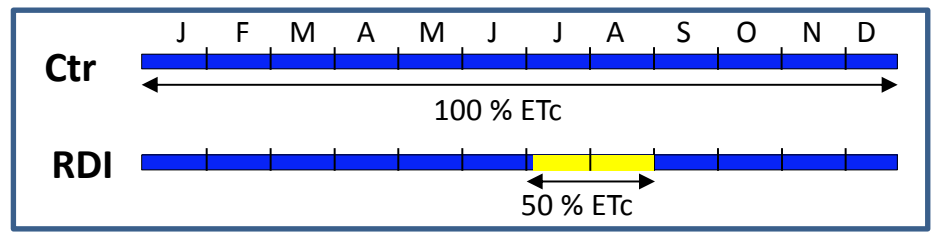
Halophytes

Cultures traditionnelles  
(non-saline)



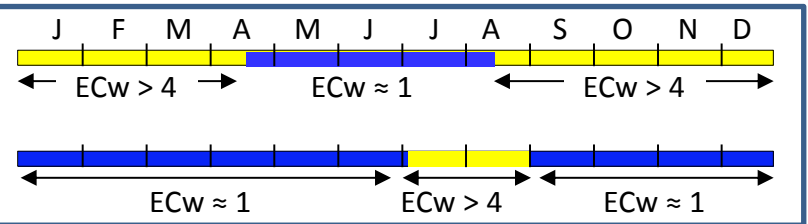


Bonne qualité, Canal Tajo-Segura: **TW**  
 (EC = 1 dS.m-1)  
 Qualité réduite, eau recyclée: **RW**  
 (EC > 3 dS.m-1)



**Nouveaux traitements**

**Eaux grises**  
 100 % ETc  
**Irrigation saline**  
 réglementée « RSI »



L'**objectif** est de développer un système de traitement de l'eau qui **recycle l'eau** et **utilise les nutriments** des eaux usées municipales pour l'irrigation. Le système traitera les eaux usées domestiques des petits villages. Il connectera les déchets à la production alimentaire à l'aide de la technologie moderne.

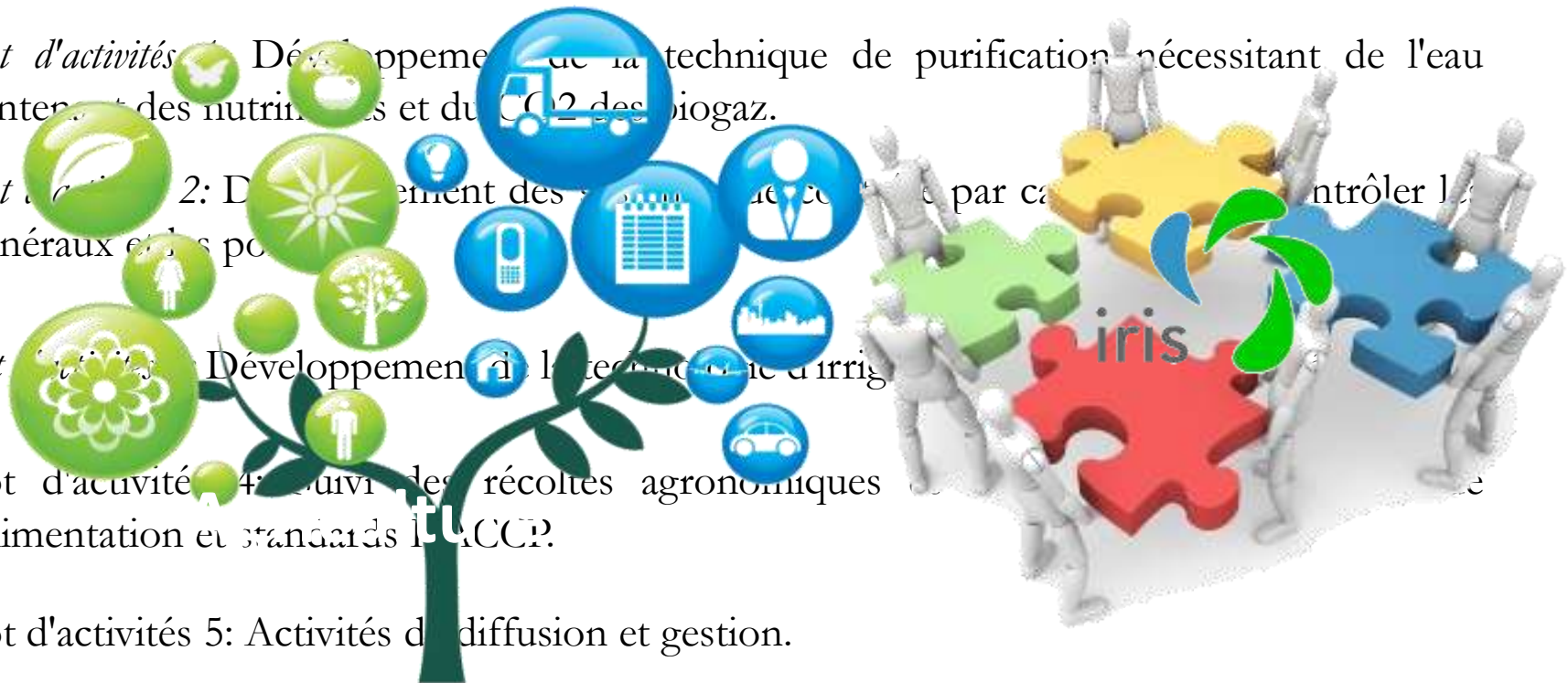
Lot d'activités 1: Développement de la technique de purification nécessitant de l'eau contenant des nutriments et du CO<sub>2</sub> des biogaz.

Lot d'activités 2: Développement des systèmes de contrôle par capteurs pour contrôler les minéraux et les pesticides.

Lot d'activités 3: Développement de la technique d'irrigation.

Lot d'activités 4: Suivi des récoltes agricoles et de leur utilisation pour l'alimentation et standards HACCP.

Lot d'activités 5: Activités de diffusion et gestion.

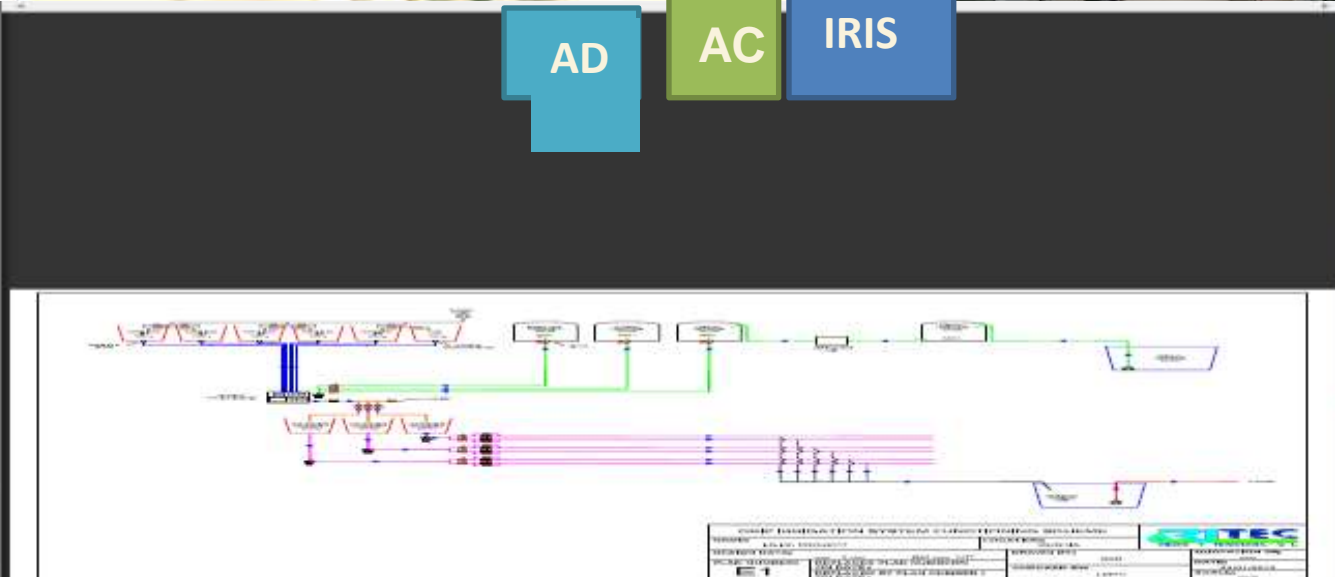




AD

AC

IRIS



80% N 50% P

OLIBIA PROYECTO  
Intelligent Irrigation System

Intelligent Irrigation System  
OLIBIA PROYECTO





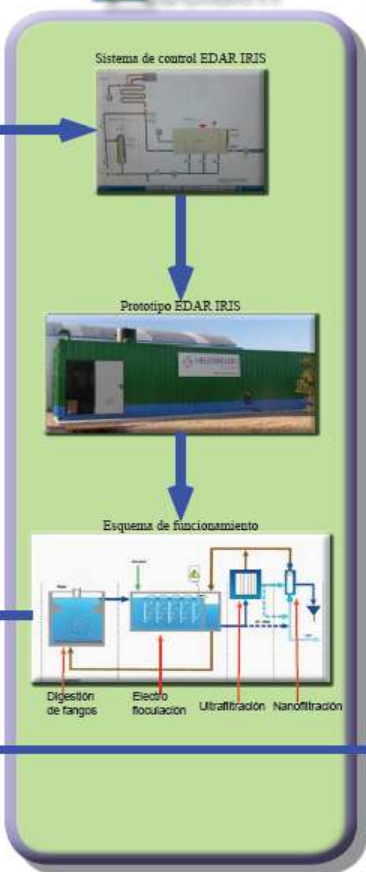
# IRIS



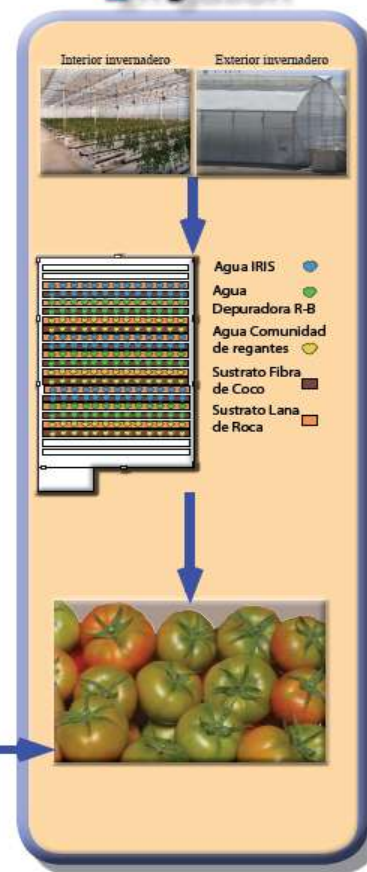
## Intelligent



## Reclaim



## Irrigation



## System



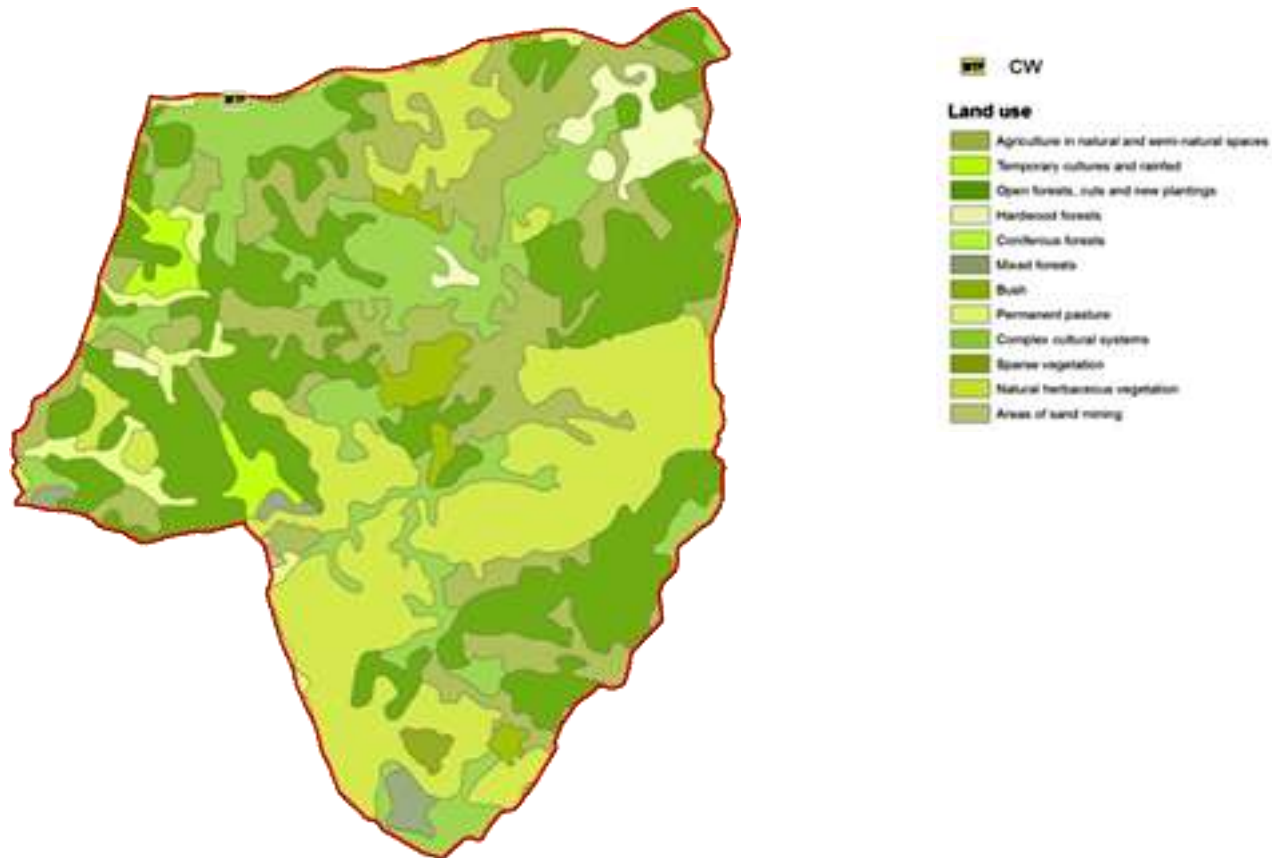
# Influence de l'eau d'irrigation dans la sécurité microbiologique de la tomate hydroponique

Présence et concentration de:

- Escherichia coli
- Escherichia coli VTEC (identification de 5 pathogènes)
- Salmonella spp
- Listeria monocytogenes

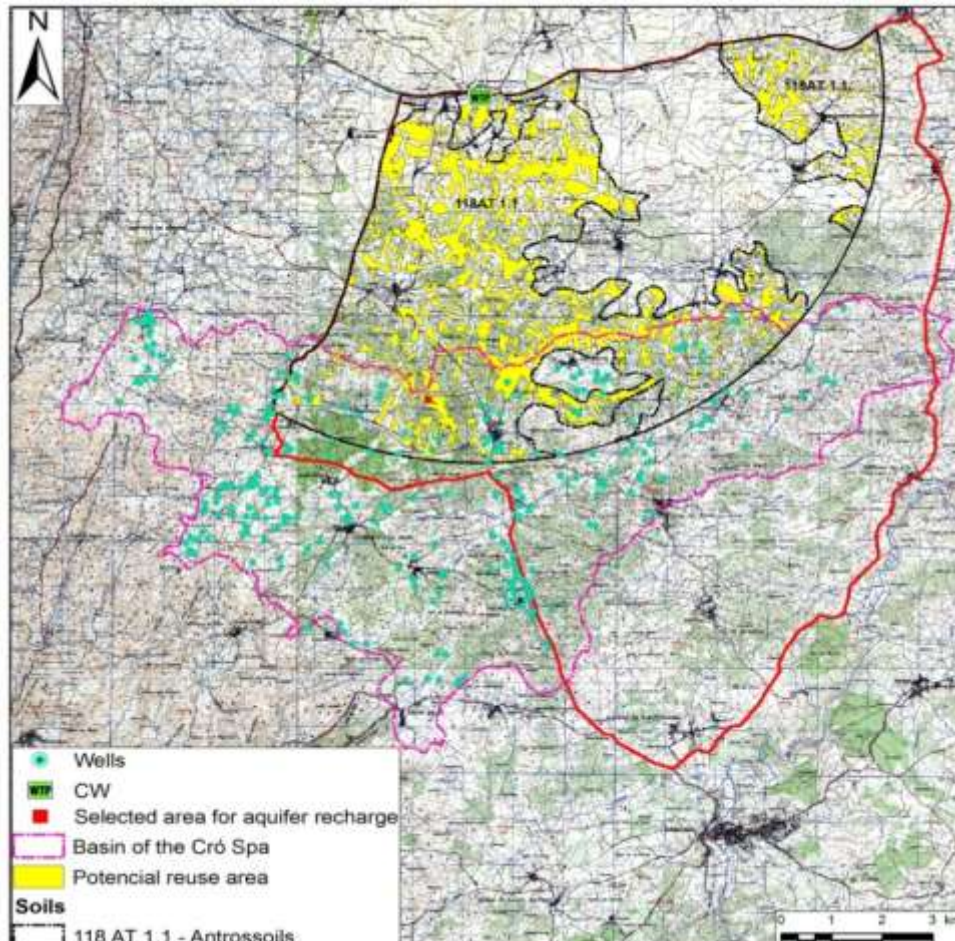


# Utilisation potentielle des eaux recyclées avec le GIS sur une base d'analyse multicritères



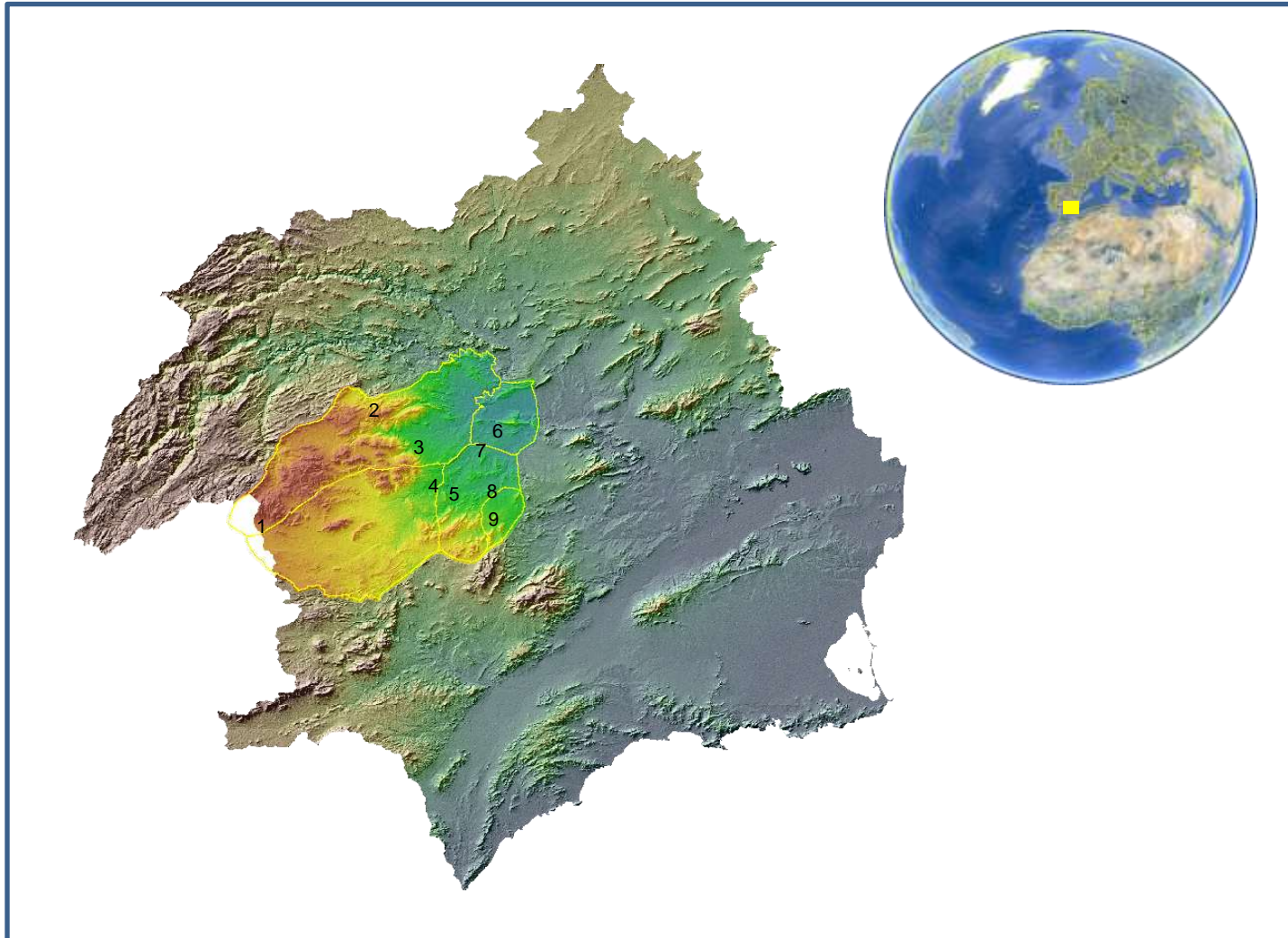


# Résultats

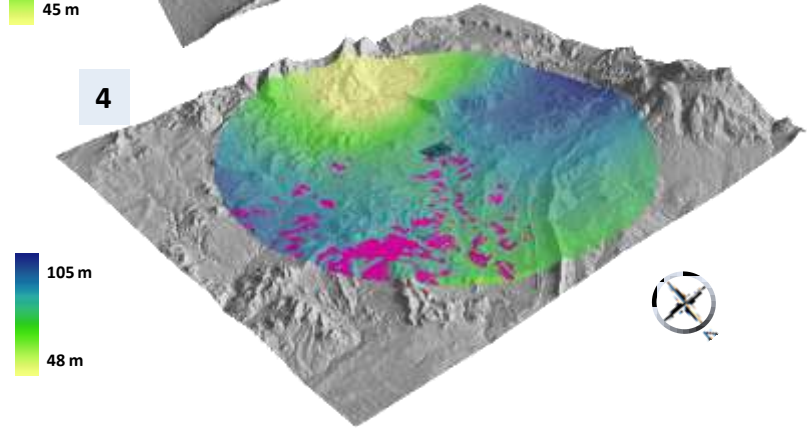
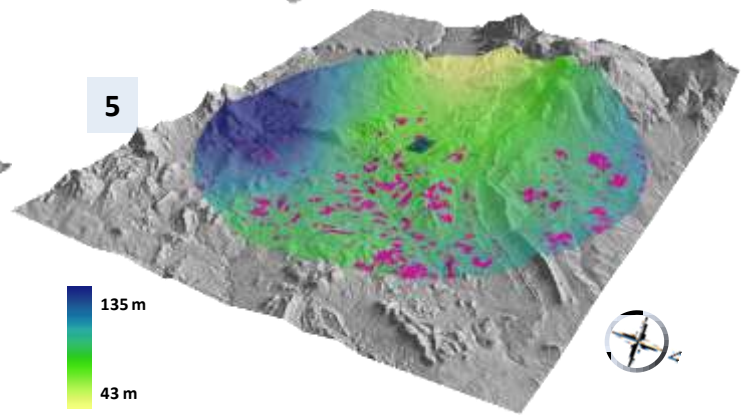
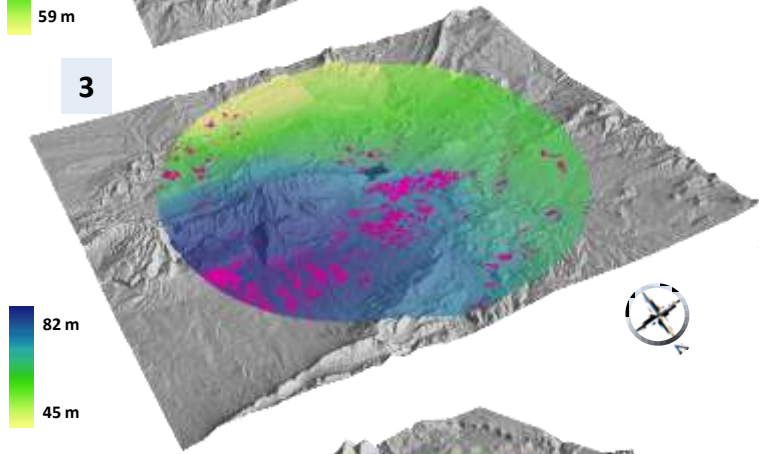
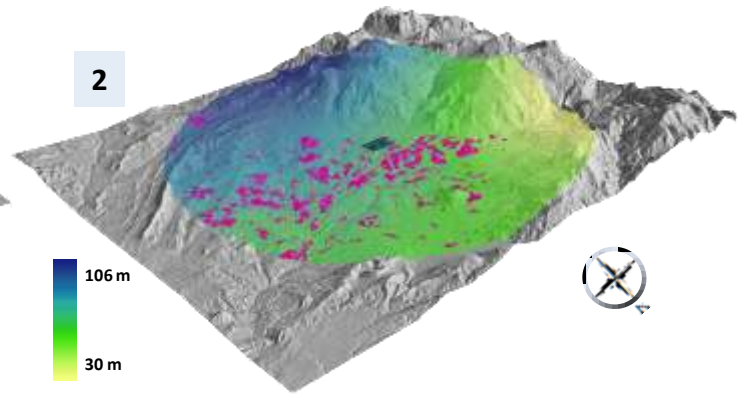
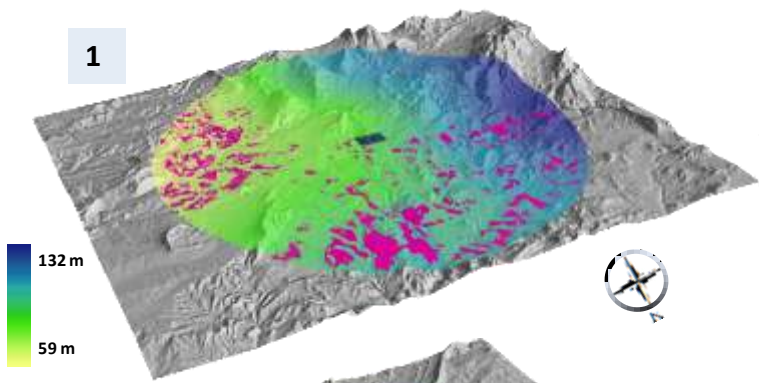



Parametres	Surface (ha)
Zone étudiée	13 944
Zone sans agglomérations	12 445
Zone de restriction économique	7 805
Zones avec pentes < 12%	10 852
Zone occupée par des entresols	8 ,862
Zones sans sources d'eau	5 345
<b>Zone potentielle de réutilisation</b>	<b>1 607</b>


# Optimisation de l'utilisation des eaux recyclées dans les conditions méditerranéennes à travers le GIS









 Wastewater treatment plant

 Aquifer depth

 Optimal groundwater recharge

 5 Km

# Bassins de stockage couverts



**CSIC**  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

CFU / 100ml	Découvert	Couvert	Réduction
Coliformes fécaux	1680,8	279	83,4%
E-coli	52,37	5,03	90,4%

# Perspectives futures

- ✓ Création et mise à jour **de nouveaux seuils agronomiques** afin de mieux évaluer la pertinence des eaux recyclées pour l'irrigation.
- ✓ Développer de nouveaux outils et des stratégies de gestion durable qui économise l'eau et tire profit de la **valeur potentielle nutritive** de l'eau recyclée.
- ✓ Introduit de nouveaux critères dans les **techniques GIS** en tant qu'outil pour évaluer l'extension de l'utilisation RW.



# Enjeux futurs

- Avancées dans la gestion intégrée de l'eau
  - Institutionnel: Agences du cycle de l'eau
  - Usagers agricoles et urbains
  - Aspects économiques et financiers
- Terminologie appropriée
- Développement rural approprié
- Étude et recherche dans les projets de démonstration
- Promotion de l'information et la sensibilisation du public
- Assurer la viabilité et la durabilité

# Recommandations pour la régulation méditerranéenne sur l'utilisation des eaux recyclées

Les paramètres microbiologiques choisis doivent avoir une incidence dans les pays méditerranéens.

L'utilisateur ne peut être responsable de la fourniture du traitement et de sa qualité. Le concept doit être expliqué précisément (par ex. algues se développant dans des bassins de stockage d'eau recyclée).

La réglementation de l'utilisation de l'eau recyclée doit être harmonisée avec d'autres réglementations (eau potable, eaux de baignade, Legionella).

L'accent doit être mis sur le contrôle, quel que soit l'intensité du traitement et l'utilisation de l'infrastructure.

Les méthodes d'analyse traditionnelles doivent être acceptées.





Sustainable Water  
Integrated Management (SWIM) -  
Support Mechanism



Project funded by  
the European Union

Water is too precious to waste

Études de cas sur l'utilisation des eaux recyclées  
en agriculture. Projets mondiaux de recyclage de  
l'eau

Dr. Francisco Pedrero Salcedo

Département de l'irrigation



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

# Plus grands projets dans l'utilisation des eaux recyclées dans l'irrigation

- **1156 Hm<sup>3</sup>, Agriculture australienne**
- **937 Hm<sup>3</sup>, Agriculture californienne**
- **355 Hm<sup>3</sup>, Japon**
- **310 Hm<sup>3</sup>, Agriculture de Floride**
- **246.841 résidences en Floride.**
- **794 parcs en Floride.**
- **477 terrains de golf en Floride.**
- **272 écoles en Floride.**
- **Plus de 4000 ha en Italie.**
- **Más de 3640 has de bosque, viñedos, olivos, alfalfa, frutales y otros cultivos, Argentina.**
- **70% de toda la producción de alcachofas, Estados Unidos.**
- **10% del suministro nacional total de agua y cerca del 20% del suministro total de agua utilizado para riego.**

# Projets d'utilisation de l'eau recyclée dans l'histoire

<b>1912</b>	Le premier système d'utilisation d'eau recyclée a irrigué le <b>Golden Gate Park</b> ( <b>San Francisco</b> , EEUU)
<b>1965</b>	<b>Israël</b> commence à utiliser l'eau recyclée pour l'irrigation
<b>1966</b>	<b>La Floride</b> introduit l'eau recyclée dans les bâtiments agricoles de Tallahassee.
<b>1977</b>	La ville de <b>St.Petersburg</b> construit le premier système urbain de réutilisation de l'eau aux USA
<b>1984</b>	<b>Tokyo</b> commence à utiliser l'eau recyclée de la STEP Ochiai dans les toilettes de bâtiments du district deShinjuku.
<b>1985</b>	<b>Water Conserv II</b> , le plus grand projet de réutilisation de l'eau, allie irrigation de l'agriculture avec recharge aquifère grâce à l'infiltration ( <b>Orlando, Florida</b> )
<b>1989</b>	<b>L'Espagne</b> commence à utiliser l'eau recyclée dans les parcours de golf du Consortium Costa Brava STEPS.
<b>1998</b>	<b>Le Monterrey Council, Californie</b> , commence à utiliser l'eau recyclée dans 4800 ha de légumes. Aujourd'hui ils continuent à irriguer.
<b>1999</b>	<b>Le projet Virginia Pipeline project</b> , le plus grand projet de réutilisation des eaux usées en <b>Australie</b> , irrigue différents types de cultures avec l'eau recyclée des STEPS Bolivar
<b>2005</b>	Une information du <b>Département de la protection de l'environnement en Floride</b> intitulé « Utilisation de l'eau recyclée: perspectives de réglementation et sécurité », rapporte que l'eau recyclée est utilisée en Floride depuis 40 ans sans aucune maladie.

# Projets de réutilisation agricole en Méditerranée



# Espagne



**Table 2** – Geographic distribution of water reuse in Spain (in Iglesias, 2006)

Region	Volume of wastewater for reuse (hm <sup>3</sup> /yr)
Comunidad Valenciana	128.0
Comunidad de Murcia	106.0
Islas Canarias	47.5
Islas Baleares	40.0
Cataluña	33.0
Coast of Andaluzia	11.5
Vitoria-Gatzei	12.5
Madrid	8.0





مع خالص شكري  
وامتناني

Thank you  
for your attention

Merci pour  
votre attention



*Pour des informations ultérieures veuillez contacter:  
Mécanisme d Soutien a la Gestion Intégrée Durable de l'Eau sur:  
[info@swim-sm.eu](mailto:info@swim-sm.eu) ou consultez [www.swim-sm.eu](http://www.swim-sm.eu)*