



**HAL**  
open science

# Surfaces et Interfaces Continentales en Méditerranée : Anthropisation et Ressources en Eau Souterraine

Stephane Ruy

► **To cite this version:**

Stephane Ruy. Surfaces et Interfaces Continentales en Méditerranée : Anthropisation et Ressources en Eau Souterraine. Conference internationale MISTRALS 2015 Environment in the mediterranean statements and prospects for research and society, Oct 2015, MARSEILLE, France. hal-01603490

**HAL Id: hal-01603490**

**<https://hal.science/hal-01603490>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



**Surfaces et Interfaces Continentales en Méditerranée**  
**Anthropisation et Ressources en Eau Souterraine**

Cartag-Eau (C. Claude et al.)

DYSHYME (J. Riaux, S. Massuel et al.)

Resamed (G. Boulet, M. Zribi et al.)

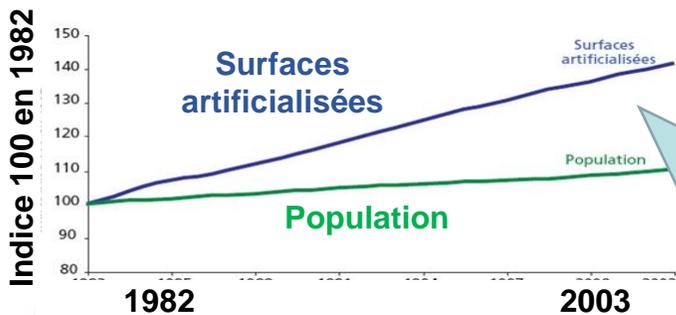
SICMED-Lebna (F. Jacob, I. Mekki et al.)

SICMED-Crau (S. Ruy et al.)



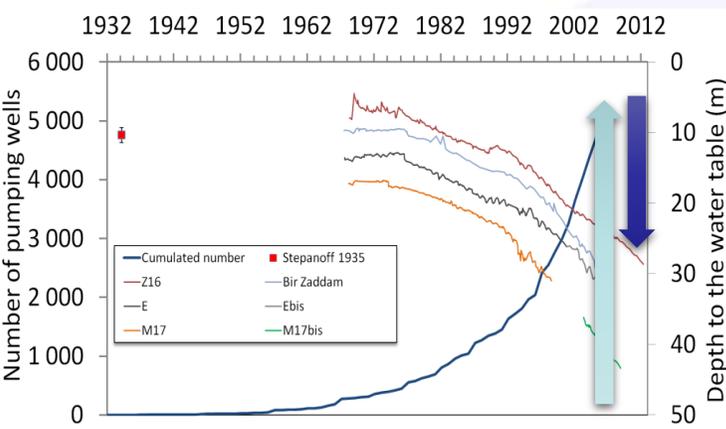
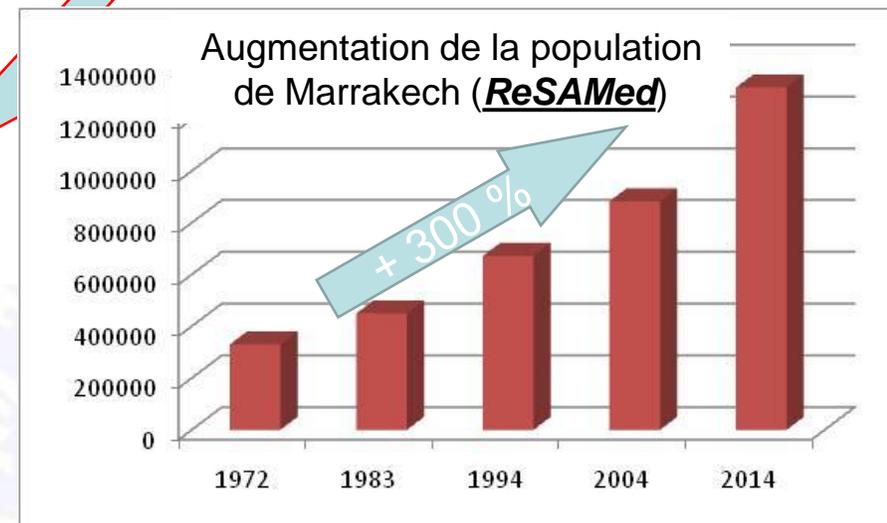
# Contexte Général

## Usages des sols



## Accroissement démographique

(187 Mh [2001] ⇒ 270 Mh [2050])



Nappe de Kerouan (Dyshyme)

## Intensification de l'agriculture

Surf. irriguées : +20/40% [1993-2003]  
Agriculture = 67% prélèvements

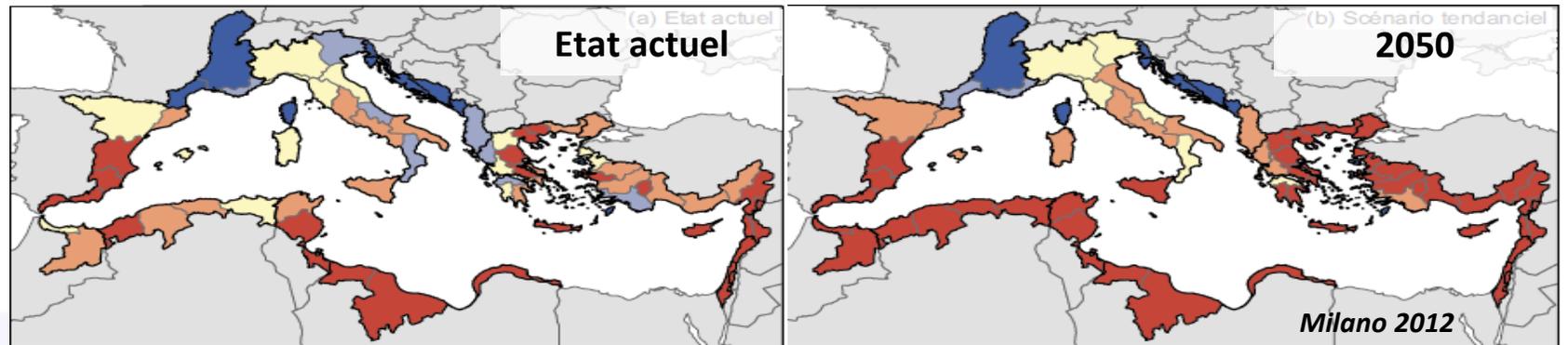
Interface avec le milieu marin



## Enjeux et Objectifs

### ⇒ Surexploitation des ressources en eau

Indice d'exploitation des ressources en eau renouvelables	
	< 10 % [Pas de stress]
	10 % – 20 % [Situation sécuritaire]
	20 % – 40 % [Tensions locales ou conjoncturelles]
	40 % – 80 % [Stress hydrique important]
	> 80 % [Pénurie d'eau]



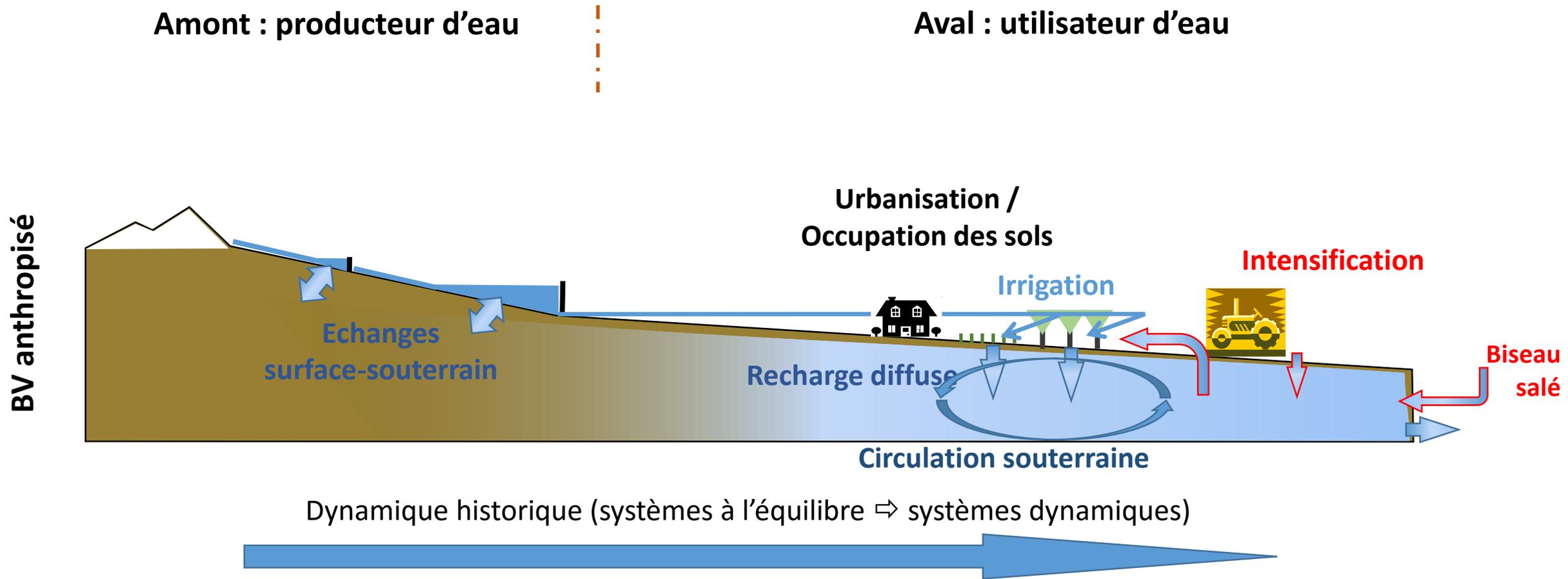
### Enjeux :

- quantifier précisément les ressources en eau souterraines renouvelables
- proposer des modes de gestion durables (quantitatifs et qualitatifs)

### Objectifs :

- Estimer les réserves souterraines, caractériser et modéliser le fonctionnement hydrogéologique des aquifères du pourtour méditerranéen et l'impact de l'anthropisation sur ce fonctionnement
- Développer des méthodologies adaptées permettant de quantifier les flux (recharge, pompage, décharge) aux interfaces de l'aquifère, en quantité et en qualité, en prenant en compte la dimension historique et en identifiant la part « anthropique »
- Développer des chaînes de modélisations ou des modélisations intégrées permettant des bilans et des études prospectives sur scénarios

# Le Fonctionnement des aquifères côtiers méditerranéens anthropisés



**Démarche** : études multi-sites qui rendent compte de la diversité des systèmes de cultures, des systèmes d'irrigation, des systèmes de gouvernance et de gestion des eaux

Les sites d'étude

CartagEau



Crau



Lebna



Tensift  
(ReSAMed)



Merguellil  
(ReSAMed -  
DYSHYME)

## Caractéristiques des sites d'étude

Site	Caractéristiques principales	Problématiques liées à la gestion des ressources en eau souterraines
Crau (550 km <sup>2</sup> )	Prairies irriguées 40 000 ha irrigués Zones naturelles d'intérêt	Usages multiples de l'eau souterraine (AEP, industrie) <b>Recharge de l'aquifère grâce à l'irrigation</b> <b>Urbanisation</b> – Tension sur l'allocation agricole des eaux de surfaces
Lebna (250 km <sup>2</sup> )	Amont : agri extensive (légumineuse, pâturage) Aval : Agri intensive (céréales, maraîchages) avec intrants (irrigation, phytosanitaire)	Équilibre AES amont- AES aval <b>Contamination agricoles des aquifères</b> Mobilisation de ressource en eau : retenues ; barrages Surexploitation de l'aquifère
Tensift (24800 km <sup>2</sup> )	Surfaces irriguées (311 000 ha) en augmentation en plaine (arboriculture et céréales) Gestion par Agence de Bassin	Recharge de l'aquifère (abouchements, infiltration crues, contribution de l'irrigation) <b>Surexploitation de l'aquifère</b>
Merguellil (1500 km <sup>2</sup> )	Plaine irriguée (arboriculture, maraîchage et céréales) Agriculture pluviale Absence de gestion intégrée	<b>Relations retenues-aquifère</b> Surexploitation de l'aquifère
Campo de Cartagena (1300 km <sup>2</sup> )	Intensification de l'agriculture (30 % de la surface)	<b>Système aquifère complexe</b> Relations avec le milieu marin Modification du fonctionnement hydrologique dû à l'anthropisation Combinaison d'eaux de différents origines pour l'irrigation

# Premier ensemble de travaux portant sur la caractérisation du milieu hydrogéologique, l'analyse des évolutions récentes du territoire et de la demande en eau souterraine en lien avec l'évolution des niveaux piézométriques

**Objectifs :** Quantifier les ressources en eau souterraine exploitables et leurs évolutions

Construction de modèles géologiques et hydrogéologiques → Evaluation des ressources en eau souterraines

Profils sismiques

Essai de pompage

Forages pétroliers

Diagraphie

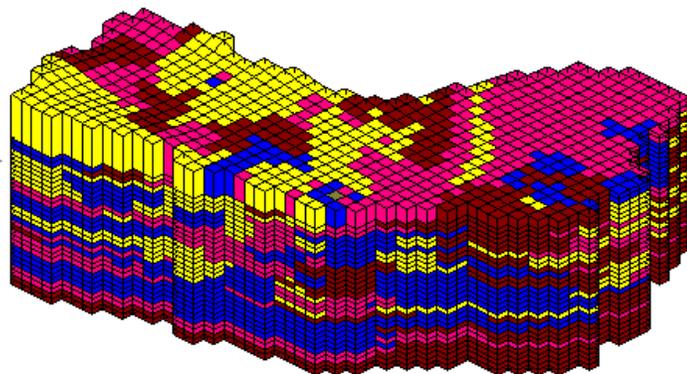
Forages d'eau

Sondages électriques

Piézométrie

MNT

Fusion de données



Lithologie

- Argile
- Argile sableuse
- Sable argileux
- Sable

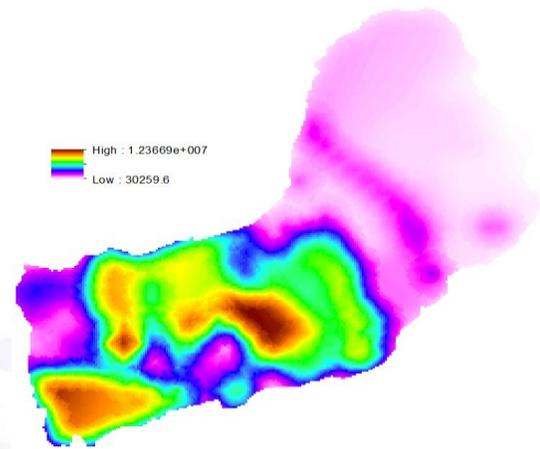
Exemple : plaine de Kerouan

Calage

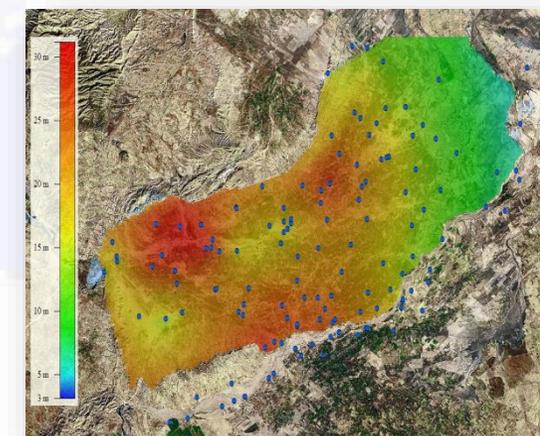
Historique

Problématique d'incertitudes, de calage

Spatialisation de la ressource ⇒ gestionnaires



Répartition spatiale de la réserve en eau souterraine



Baisse piézométrique entre 1976 et 2013



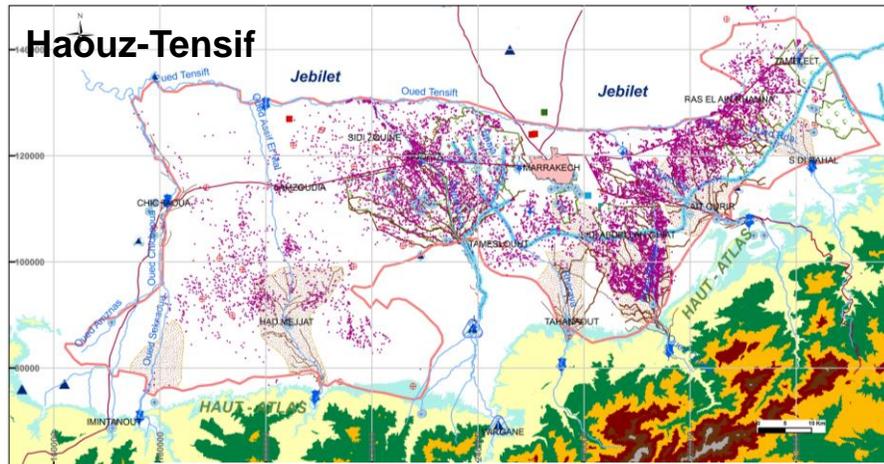
# Premier ensemble de travaux portant sur la caractérisation du milieu hydrogéologique, l'analyse des évolutions récentes du territoire et de la demande en eau souterraine en lien avec l'évolution des niveaux piézométriques

**Objectifs** : analyse des prélèvements/apports passés

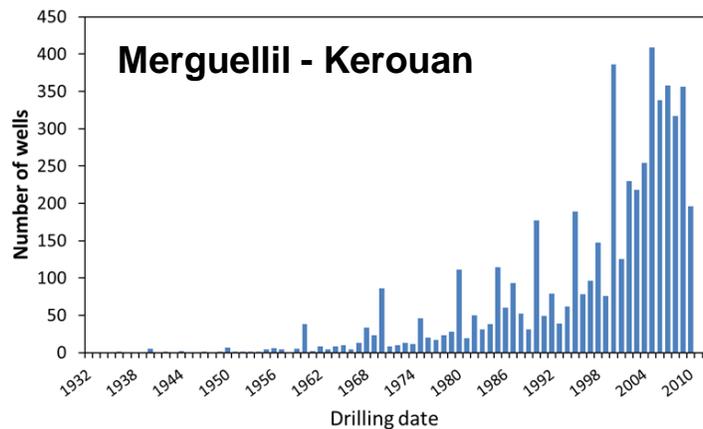
Analyse des évolutions récentes des systèmes d'irrigation

**Méthodologies**

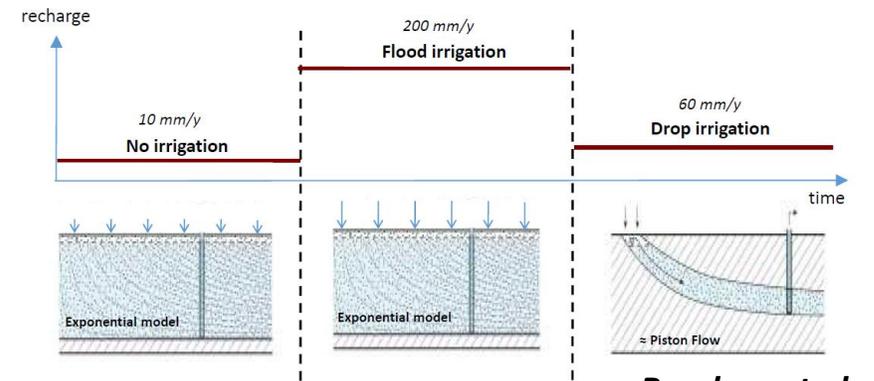
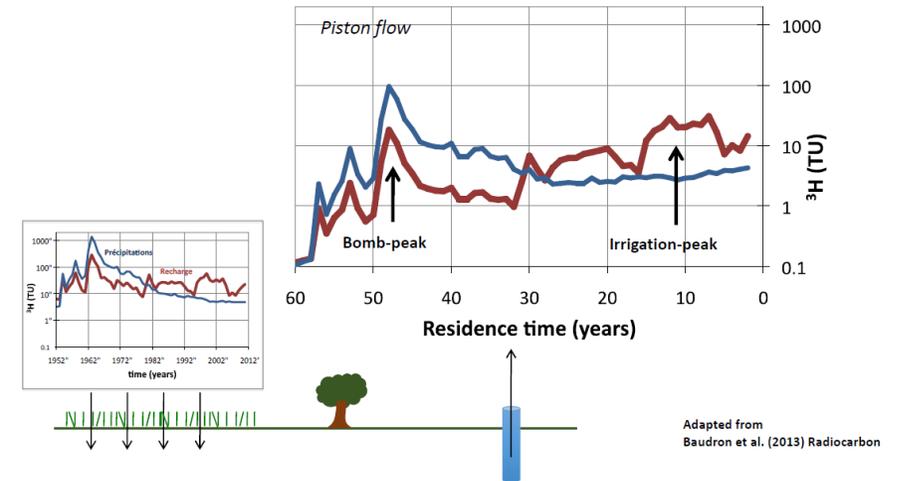
Reconstitution de la recharge passée à l'aide des radio-isotopes ( $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ )



Fort développement des pompages individuels  
 ↓  
 Infrastructures collectives à des pompages privés  
 ↓  
 Quels prélèvements ?



(Riaux et al, GWArena)



**Campo de Cartagena**

**Baudron et al., 2013 (Radiocarbon) et 2014 (Hydrolog Processes)**

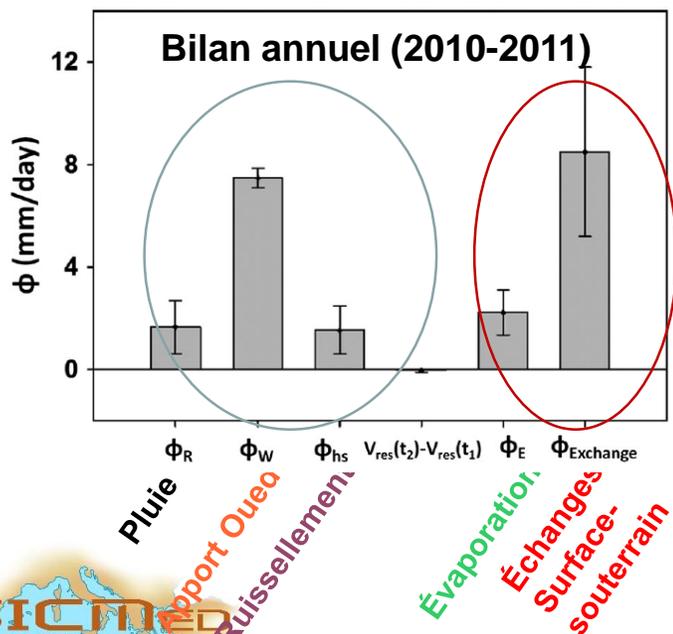
## Deuxième ensemble de travaux portant sur la quantification des flux aux limites de l'aquifère

**Objectifs** : mieux contraindre le bilan hydrique de l'aquifère en caractérisant et modélisant les apports (barrages, recharge par les systèmes irrigués) et les départs (pompage, décharge en mer) d'eau souterraine

**Méthodologies** : modèles de bilan / isotopes-géochimie / modèles distribués / instrumentations ponctuelles / enquêtes / TD + modèles de fonctionnement

Exemple 1 : les échanges nappe-retenue sont estimés comme le terme résiduel du bilan de masse de la retenue

Retenue de Kamech (Lebna)

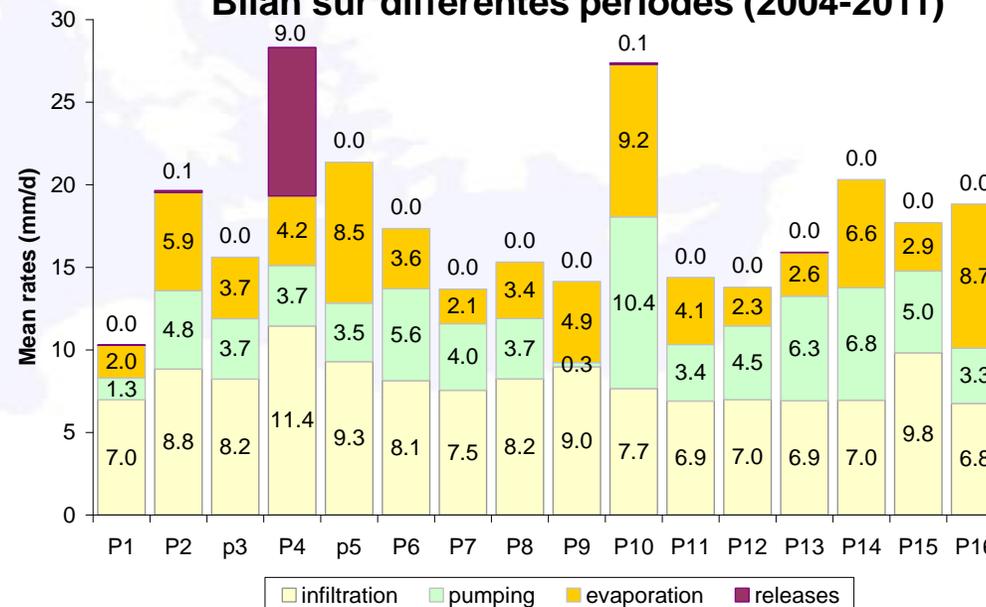


*Les infiltrations vers la nappe constituent les principales pertes des retenues*

*Le flux moyen est de 8 mm jour<sup>1</sup>*

*Les incertitudes sont fortes*

Barrage El Haouareb (Merguellil)  
Bilan sur différentes périodes (2004-2011)



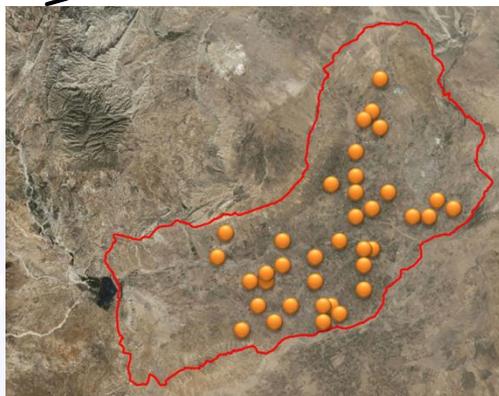
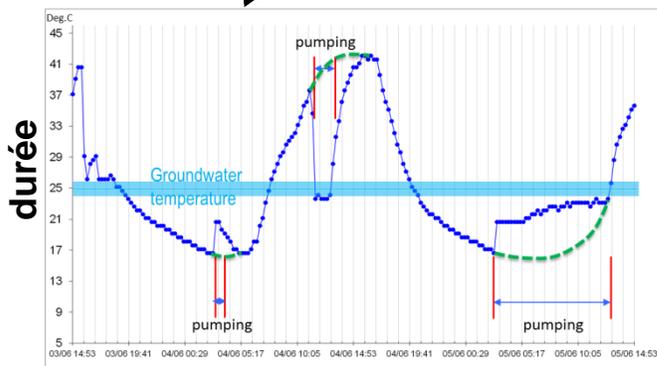
A venir ⇨  
Infrastructures de transport (canaux)

(Alazard et al., 2014 / voir poster Fakir et al.)

# Deuxième ensemble de travaux portant sur la quantification des flux aux limites de l'aquifère

## Exemple 2 : caractérisation des pompages (Merguellil – Kerouan)

A l'échelle individuelle  
mesures + enquêtes



Farmer inquiries on irrigation practices

- System configuration
- Cropping calendar/pattern
- Area under cultivation, irrigated
- Pump characteristics and type
- Energy consumption ...

(Massuel et al., 2014)

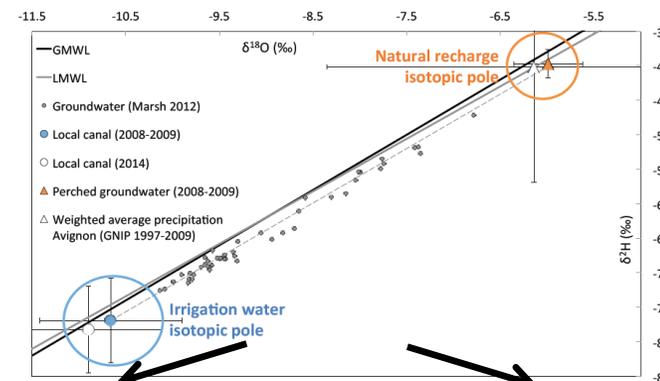
Estimation des volumes pompés / typologie des exploitations

⇒ extrapolation et spatialisation

SICTMED

## Exemple 3 : partition recharge naturelle/recharge anthropique

### ISOTOPIC DATA



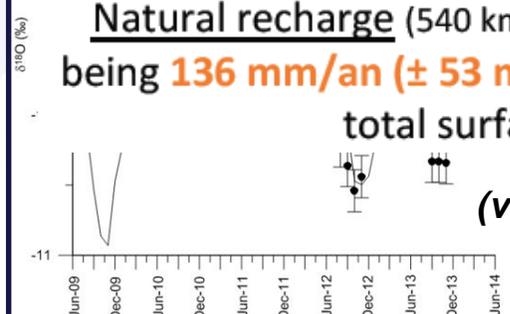
dynamique

équilibre

Recharge by irrigation (140 km<sup>2</sup>) = **5.2 m<sup>3</sup>/s (± 0.9 m<sup>3</sup>/s)**  
being **1182 mm/an (± 211 mm/an)** or **69% (± 9%)** of  
the total surface recharge

Natural recharge (540 km<sup>2</sup>) = **2.3 m<sup>3</sup>/s (± 0.9 m<sup>3</sup>/s)**  
being **136 mm/an (± 53 mm/an)** or **31% (± 9%)** of the  
total surface recharge

(voir poster Seraphin et al.)



Voir aussi : inversion de l'irrigation par TD+modèle de bilan (poster Boulet et al.)

Voir aussi : Estimation des décharges dans le milieu marin (poster de Claude et al. ; Baudron et al., 2015, JHydrol)

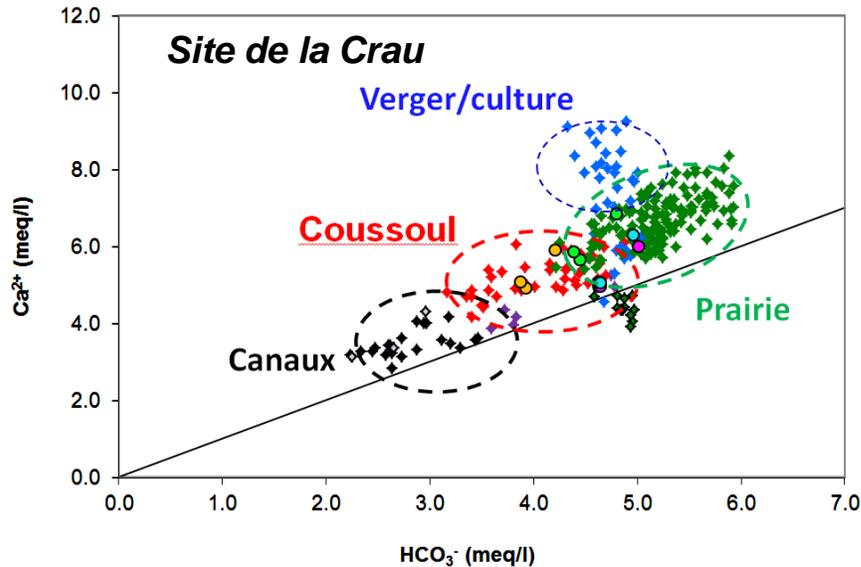
# Troisième ensemble de travaux portant sur l'acquisition de la qualité chimique des eaux souterraines

**Objectifs** : comprendre le rôle des pratiques agricoles dans l'acquisition de la qualité chimique des eaux souterraines

Géochimie des eaux d'infiltration  
analyse & modélisation



Enquêtes sur les utilisations de produits  
phytosanitaires

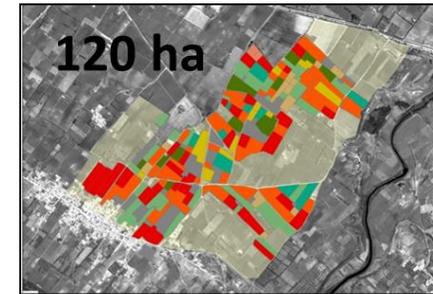


La qualité chimique de l'eau de drainage peut être prédite à partir de l'occupation du sol et des pratiques agricoles ⇒ spatialisation, moyen de quantifier la recharge

(Cognard-Plancq et al., 2014)

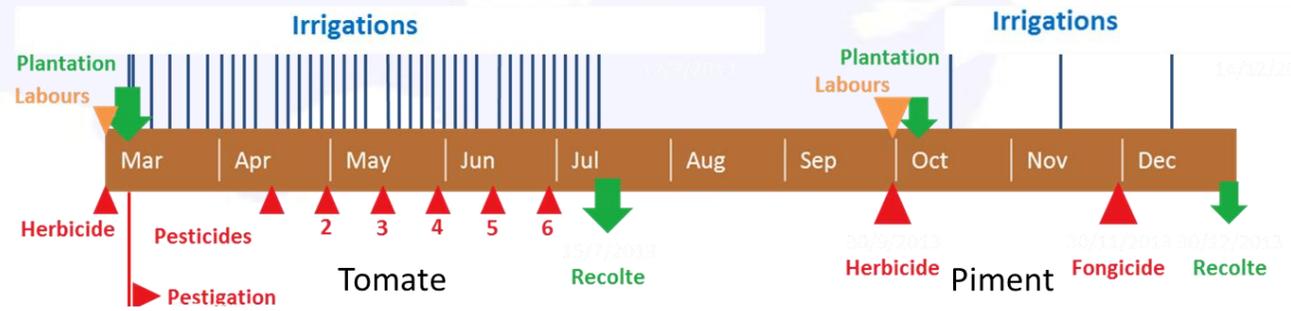
SICMED

- **Contexte** : Secteurs irrigués côtiers construits pour repousser le biseau salé.
- **Question** : Quelle est l'utilisation des phytosanitaires dans ce contexte ? (Petites exploitations (2-5ha) principalement Tomates/piments.)
- **Méthode** : Enquête sur exploitants de parcelles géographiquement contiguës
- **Résultats** : Pression de phytosanitaires comparable à la rive Nord :
  - en fréquence et doses ( $\approx 11\text{kg/ha}$ )



## Principales molécules

Trifluraline	1,2Kg/ha
Mancozebe	2,4kg/ha
Clorpyrifos	0,1Kg/ha

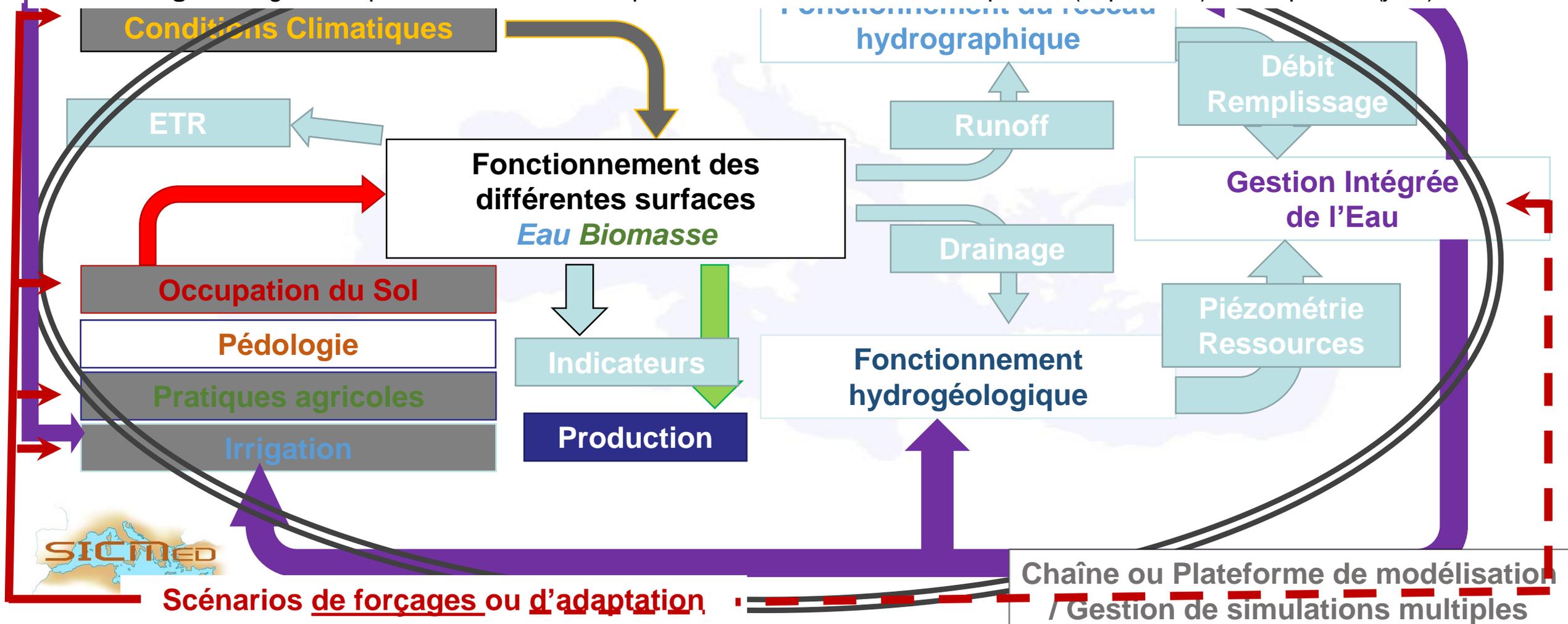


Site du Lebna

## Quatrième ensemble de travaux portant sur des approches intégrées

**Objectifs** : vérifier les hypothèses en intégrant les résultats ; quantifier l'impact de différents scénarios d'évolutions (occupation de l'espace, pratiques agricoles, climat) sur la production et les ressources en eau souterraine [et tester des scénarios d'adaptations].

**Méthodologie**: intégration spatiale de modèles de processus à haute résolution spatiale (la parcelle) et temporelle (jour)

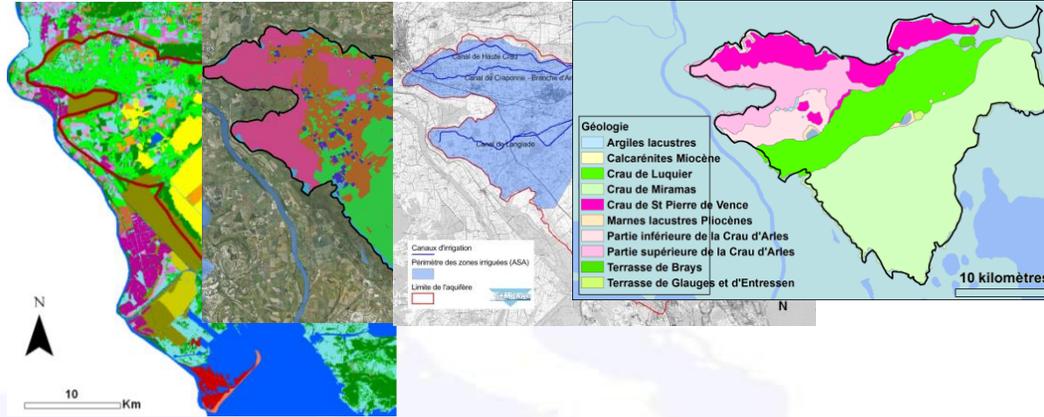


# Quatrième ensemble de travaux portant sur des études de scénarios

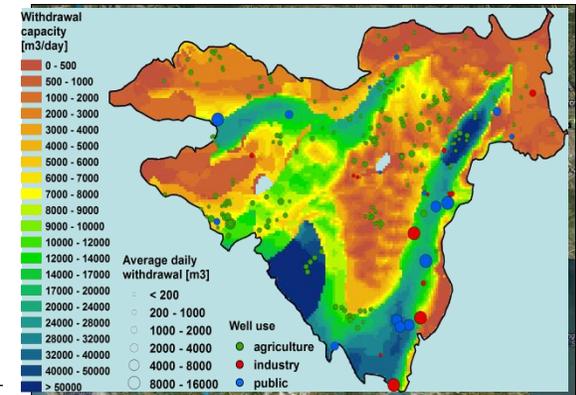
## Exemple sur le territoire de la Crau

Diagnostic  
actuel

Construction de la chaîne de modélisation et calage sur le fonctionnement actuel (2003-210)



rendement: 8 t ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>  
 drainage: 550 mm an<sup>-1</sup>  
 ressources : 550 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>



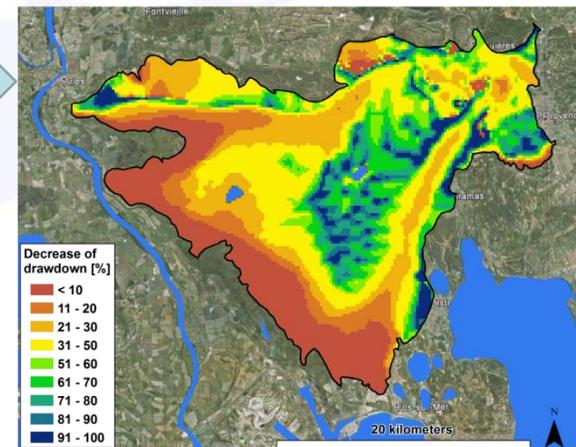
Construction de  
scénarios futurs  
(2025-2035)

Climat A1B IPCC2007  
 Urbanisation ↗ 37%  
 Prairies irriguées ↘ 12%  
 Disponibilité en eau ↘ 30%  
 Irrigation : 10j ↗ 13j

rendement : +11 %  
 drainage: -13%  
 ressources : -6%

rendement : +6 %  
 drainage: -31%  
 ressources : -19%

(d'après Oliosio et al., 2013 Proc Env Sci)



SICMED

Voir aussi : modèle intégré SAMIR-WEAP-MODFLOW, poster Fakir et al.

## Conclusions

- 1- Des approches méthodologiques variées, partagées et combinées sur les différents sites par les différentes équipes
- 2- Des avancées dans l'identification et la quantification de certains termes du bilan des aquifères mal connues
- 3- Une place centrale de la (des) modélisations et un effort important d'ingénierie informatique (modèles intégrés)
- 4- L'intérêt des approches intégrées pour mieux estimer et spatialiser les pratiques agricoles (irrigation)
- 5- Efforts pour caractériser et formaliser les pratiques agricoles (irrigation)

Apport des financements SICMED :

- Effet incitatif ... quelques fois non couronné de succès
- Une approche multisites est nécessaire : diversité des systèmes de cultures et des problématiques, intégration avec les SHS et les sciences biotechniques

