

# **Ressources en Eau et Téledétection Spatiale**

## **Chantier « TEREAU »**

# **TELEDETECTION SPATIALE et RESSOURCES en EAU proposé au RTRA**

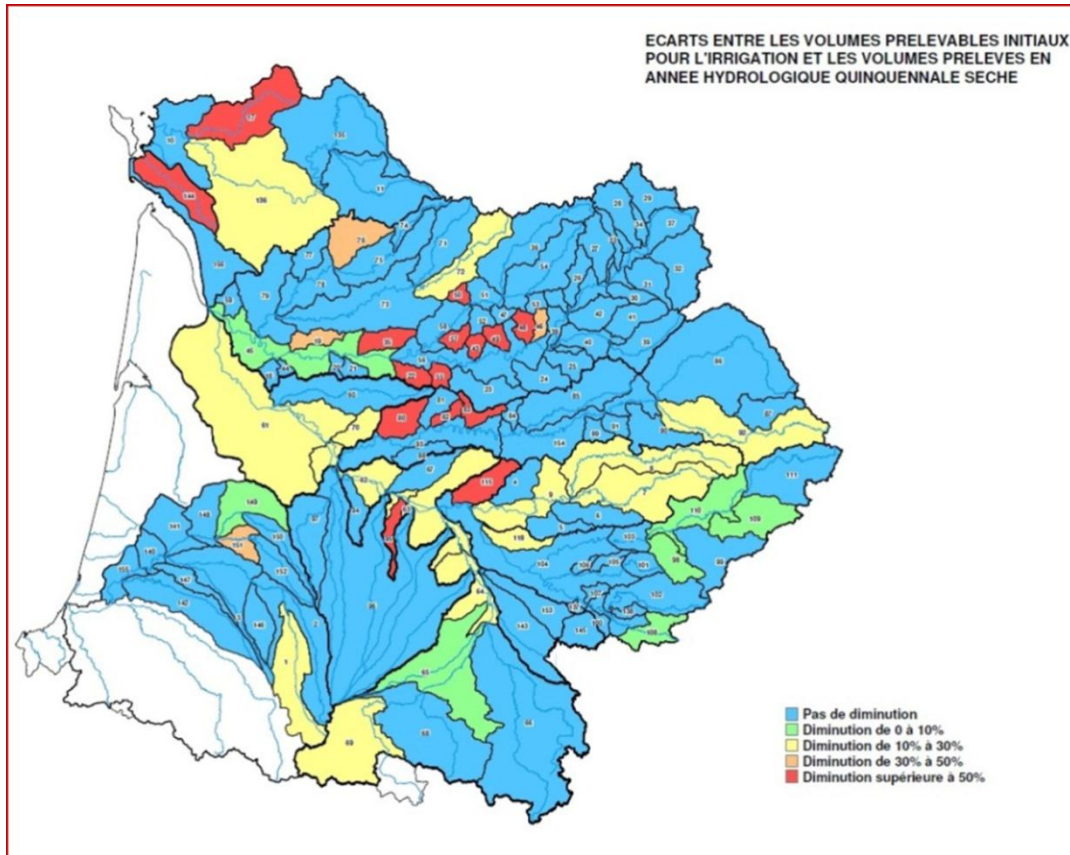
**→ 2 objectifs**

- (1) Modélisation de l'hydrologie du bassin Adour-Garonne en tenant compte de la variabilité climatique et des activités humaines**
- (2) Détection de l'eau dans les régions semi arides de la planète**



**Utilisation des techniques spatiales**

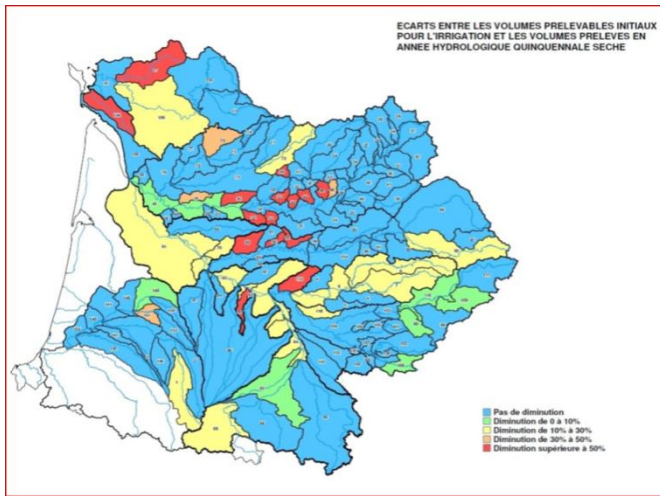
# Objectif 1 : modélisation de l'hydrologie du bassin Adour-Garonne



**Bassin Adour-Garonne**

## 2 innovations:

- (1) Assimiler les données spatiales  
[apport de *CYMENT* –projet *RTRA*-]
- (2) Modéliser l'impact des activités humaines (irrigation, stockage, hydroélectricité, occupation des sols)  
[apport de *MAELIA*-projet *RTRA*-]

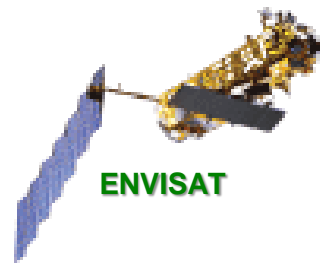
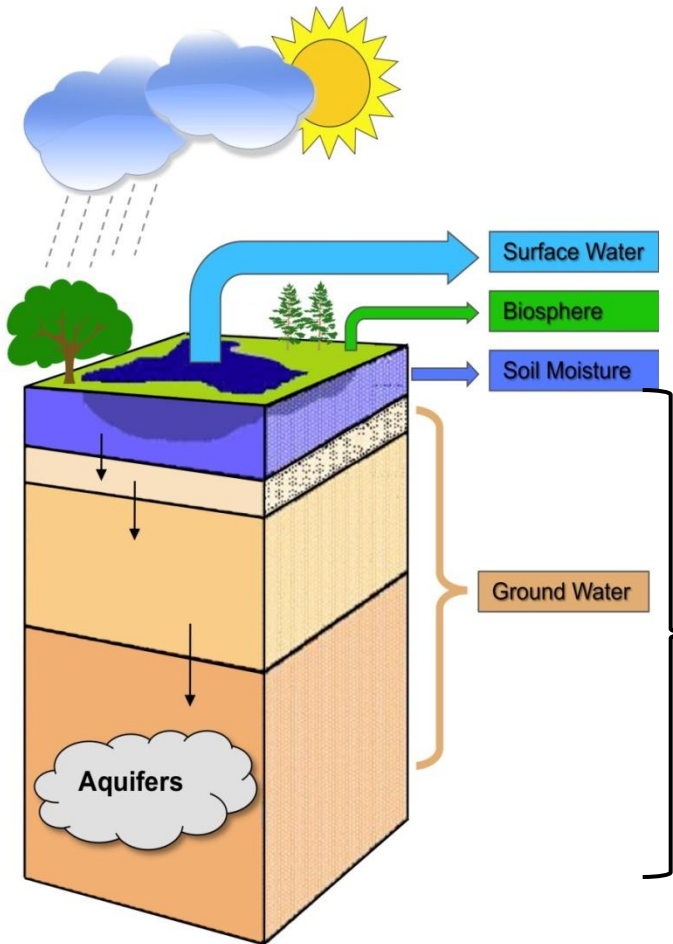


## Pourquoi le bassin Adour Garonne?

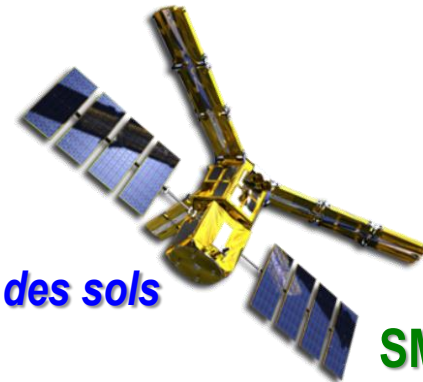
- **Seul bassin français où est constatée une insuffisance chronique des ressources par rapport aux besoins**
- **Agriculture → 80% des ressources en eau à l'étiage**
- **Surface irriguée (600 000 Ha) mobilise principalement les eaux de surface (dont retenues collinaires)**
- **Plusieurs lacunes dans la modélisation hydrologique actuelle → pas de modélisation de l'impact des activités humaines (pratiques agricoles, pratiques d'irrigation, stockage et gestion des barrages, etc.)**
- **Bonne connaissance de la problématique 'eau' du bassin par les partenaires du chantier**
- **Existence de partenariats avec les organismes publics impliqués dans la gestion de l'eau (Agence de l'Eau BAG, ONEMA, DREAL, etc.)**



# Stock d'eau

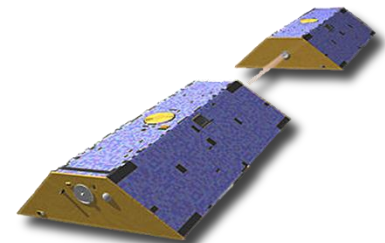


Eaux de surface → altimétrie spatiale



Humidité des sols

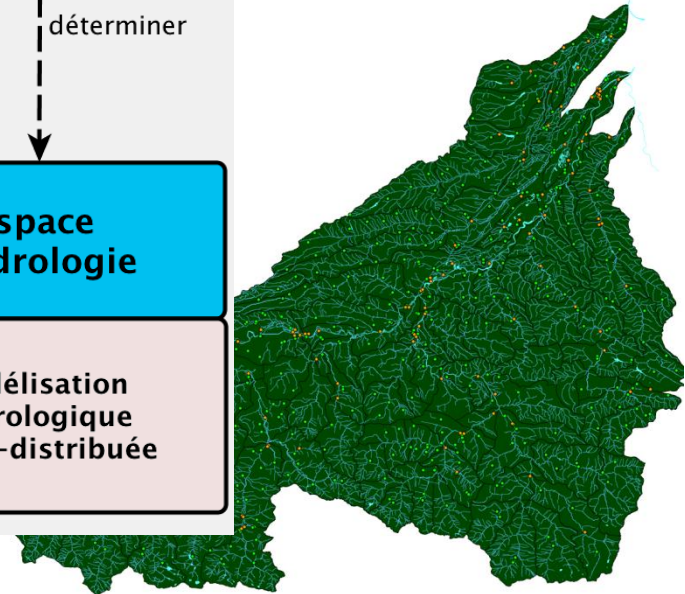
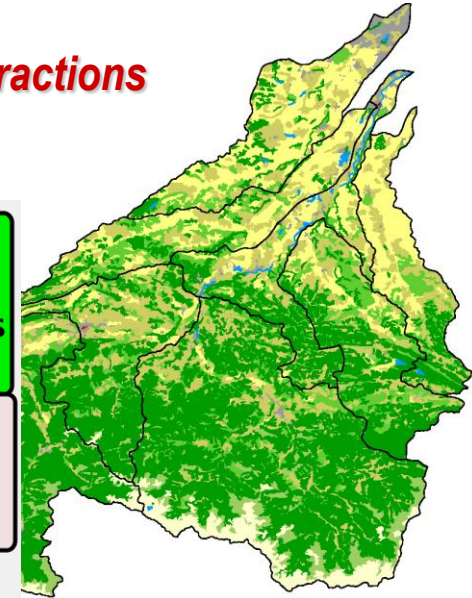
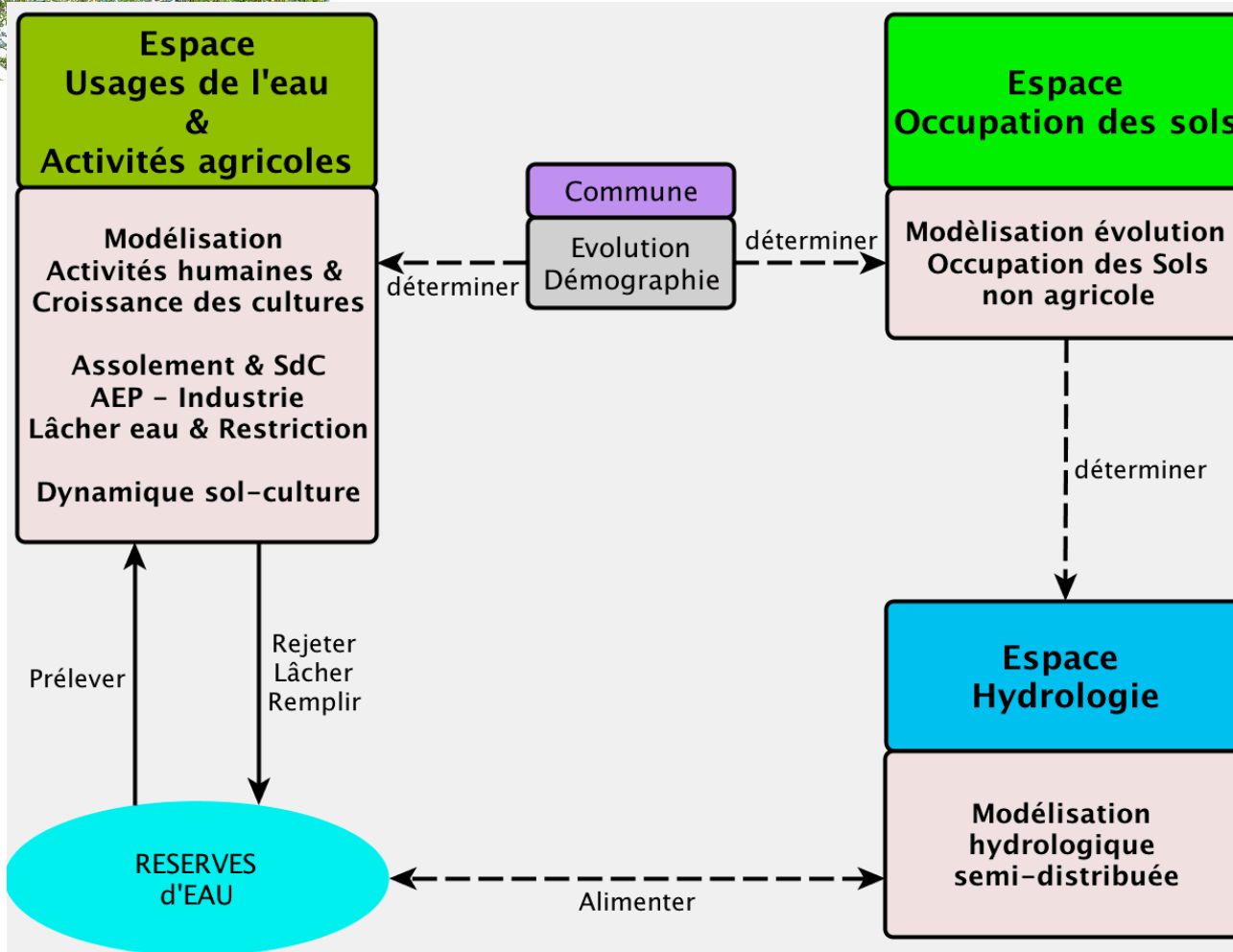
Contenu total de la colonne d'eau



Gravimétrie spatiale GRACE

# Héritage 2: Projet RTRA « MAELIA » :

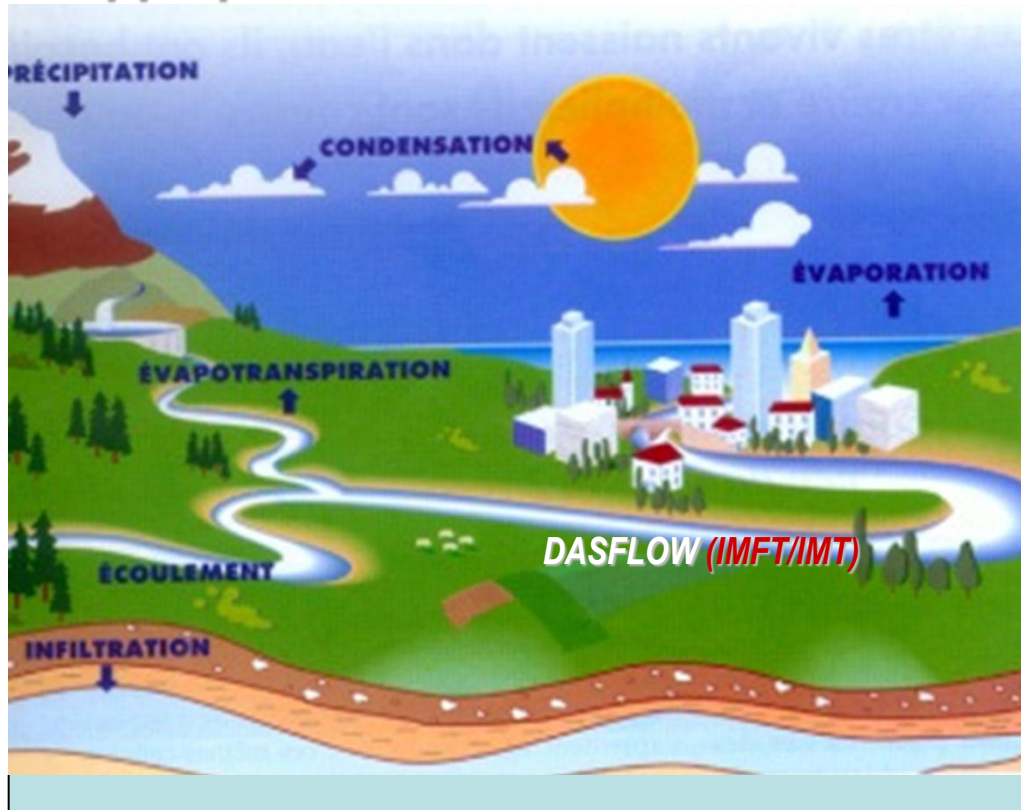
*Représentation spatialisée des processus d'interactions entre activités humaines et hydrologie*



## Chantier « TEREAU »

# Modélisation hydrologique multi-échelle appliquée au bassin Adour-Garonne

**Modèle  
hydrologique  
« ISBA +  
MODCOU »  
(8km)  
(Météo-  
France)**

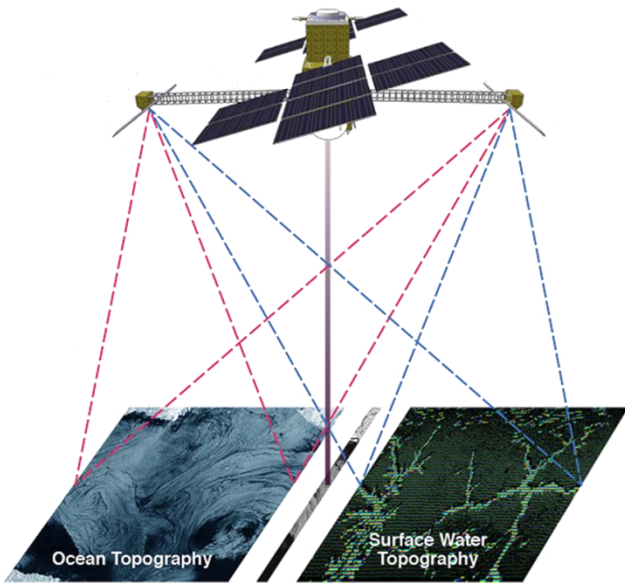


**Modèles SWAT+MOHID**  
→ SWAT : physique,  
semi-distribué,  
pas de temps de 1 j  
→ MOHID  
Mécanistique, maille variable  
**(ECOLAB)**

**Aquifères: modèle MARTHE (BRGM)**



# Assimilation/utilisation d'observations spatiales



**SWOT (2019)**

→ Hauteurs eaux de surface (résolution ~50 m)  
+ débits



**SMOS/SMOSNext**

→ Humidité des sols

**Autres données spatiales  
(imagerie multispectrale)**

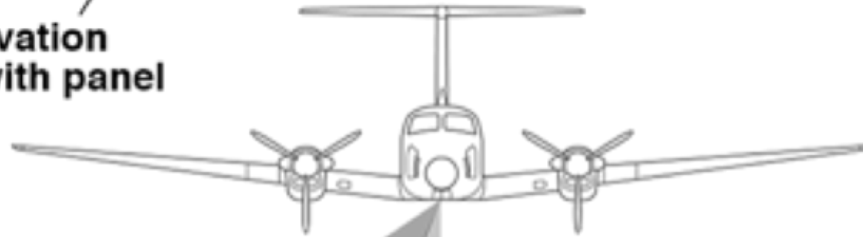
→ couverture neigeuse  
→ occupation des sols  
→ pratiques agricoles



## 2014: campagne AIRSWOT sur la Garonne



observation  
port with panel



Résolution au sol: 3 m

~ 4 km

~ 1 km

# 2014: campagne AIRSWOT sur les fleuves français



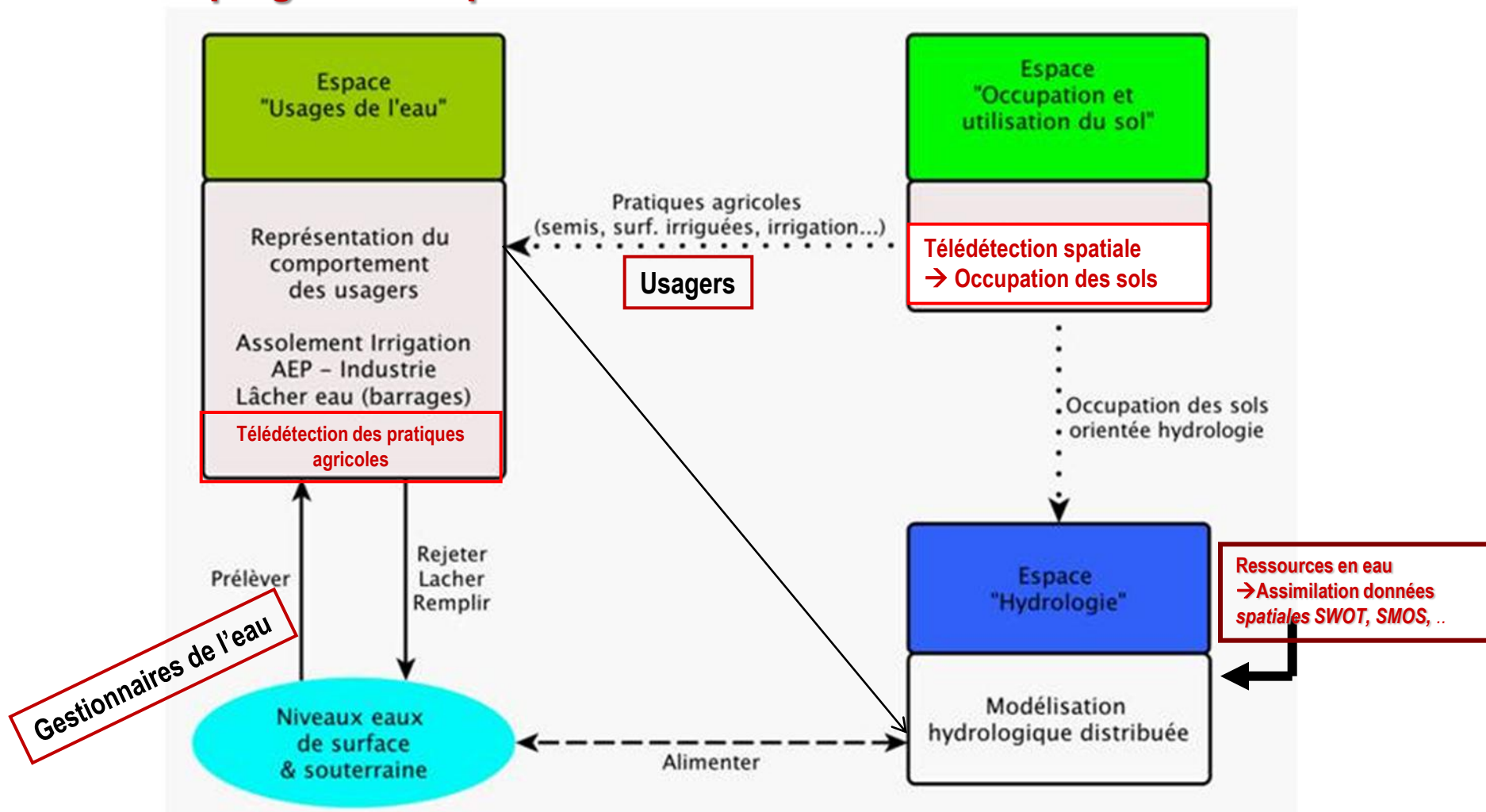
# ***Prise en compte des comportements et des activités humaines***

- **Modélisation de l'occupation et l'utilisation du sol**
- **Modèles agro-hydrologiques à l'échelle du bassin versant avec prise en compte des phénomènes localisés (lac collinaire, sécheresse, production agricole...)**
- **Assimilation de données (biophysiques et sociales) dans les modèles**
- **Simulation des phénomènes sociaux (rationalité, coordination) pour représenter le comportement des acteurs (usagers, gestionnaires)**
- **Utilisation d'indicateurs d'impacts et d'acceptabilité des politiques publiques et mesures de gestion**
- **Mise en place de dispositifs de terrain mettre en valeur les stratégies des acteurs**

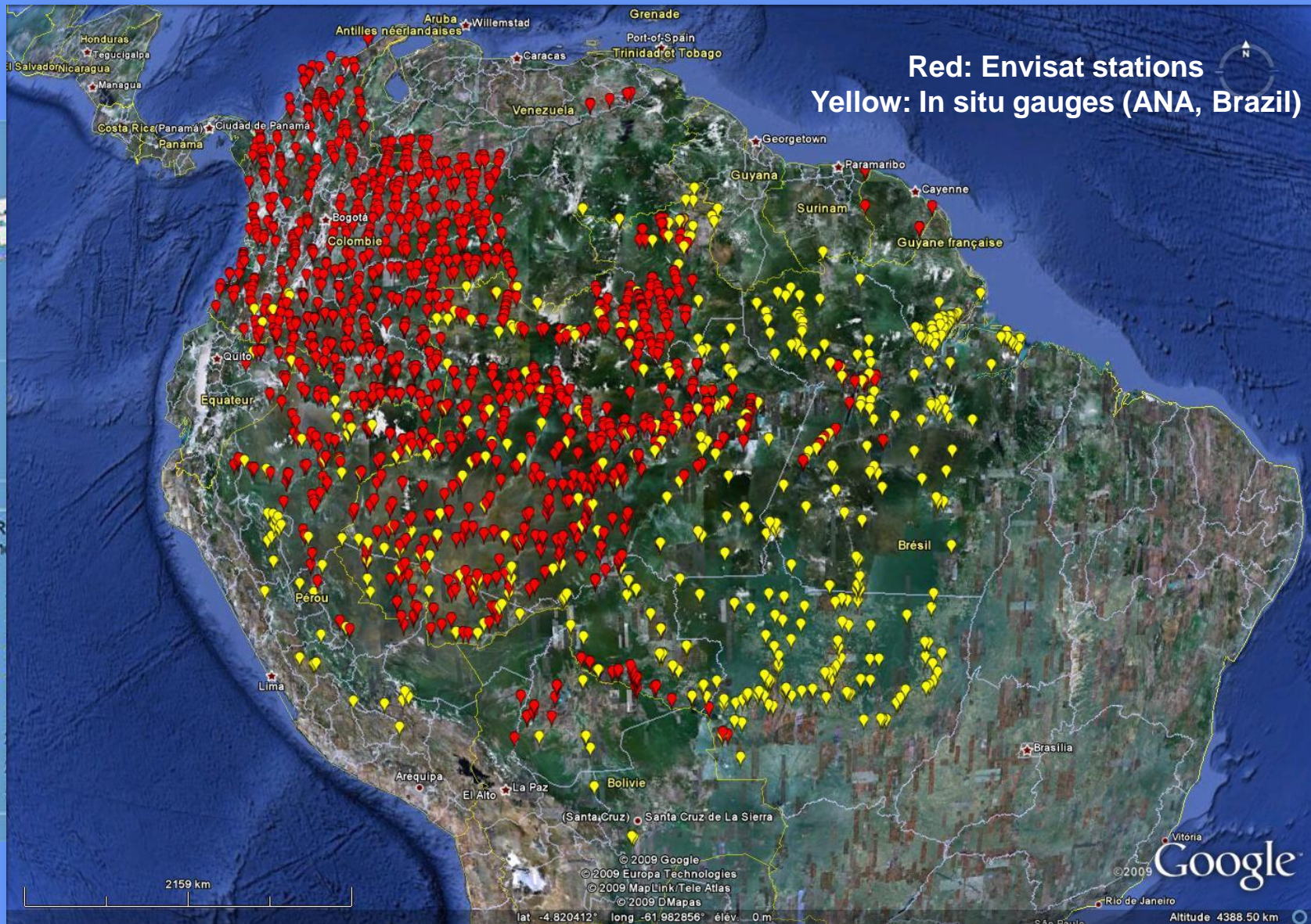
- **Impact des activités humaines sur l'eau**  
→ *Représentation des processus sociaux et du comportement individuel (ex. agriculteurs)*
- **Evaluation des ressources en eau tenant compte des activités humaines et simulation de scénarios de gestion (en particulier aux étiages)**  
→ *Variabilité et changement climatique + comportement usagers et gestionnaires de l'eau*

# Modélisation intégrée →

## Couplages entre phénomènes naturels et activités humaines



# Stations virtuelles altimétriques (en rouge) en complément des réseaux in situ (en jaune)



Red: Envisat stations  
Yellow: In situ gauges (ANA, Brazil)

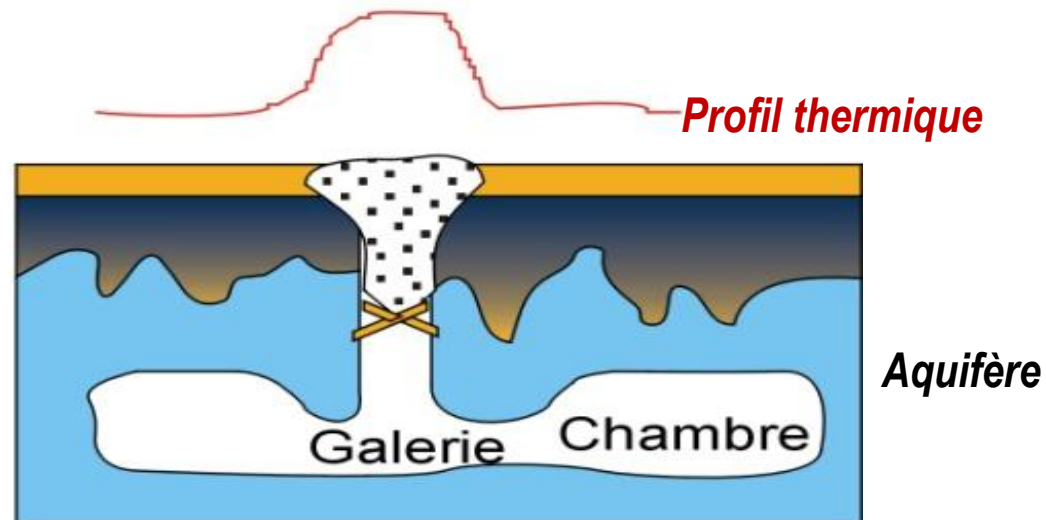
Etat au 20 Septembre 2012

## Objectif 2: Détection de l'eau dans les régions semi arides

→ Observation de la signature thermique de nappes d'eau souterraines par télédétection spatiale

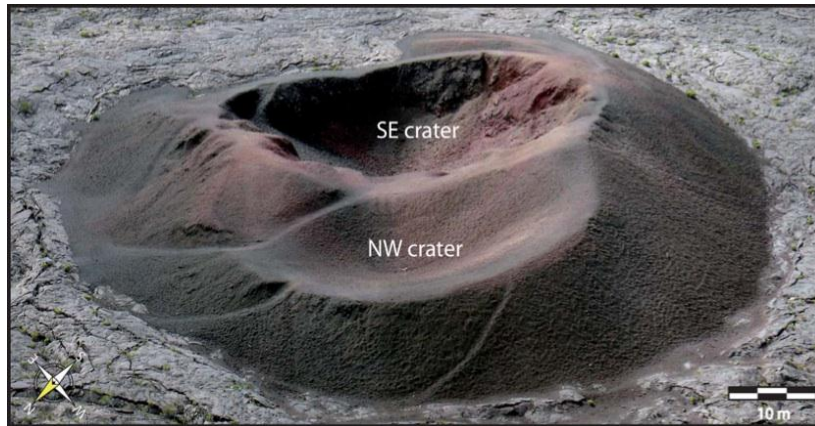
**Principe:** Détection de zones de résurgence de l'eau en surface par télédétection dans l'**Infra Rouge thermique**  
→ Mise en évidence de la circulation d'eau dans les aquifères due à la convection thermohaline en réponse au flux géothermique et à la présence de sels minéraux

**Héritage :** Etudes menées avec succès sur la détection par imagerie infra rouge de la circulation d'air sur MARS et sur TERRE dans le volcan du Piton de la Fournaise (La Réunion)





# TERRE: Détection d'écoulements d'air au Piton de la Fournaise



Cône volcanique éteint Formica Leo  
(âge: au moins 300 ans)

Données de thermographie infrarouge  
acquises en 2008

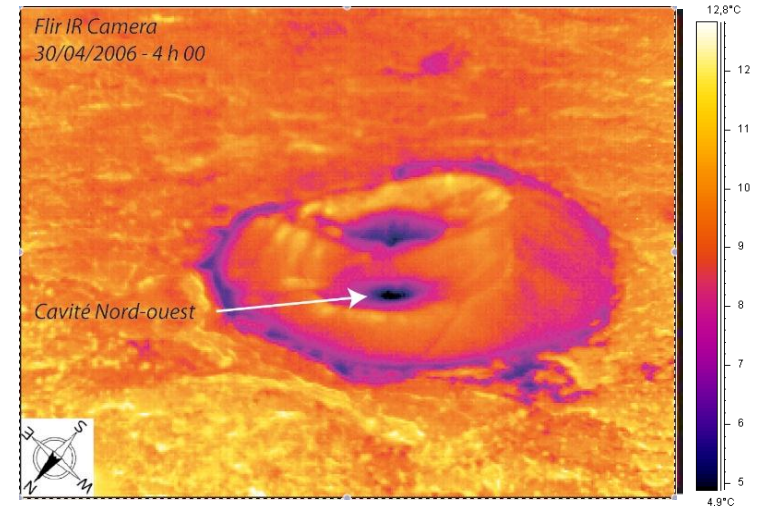
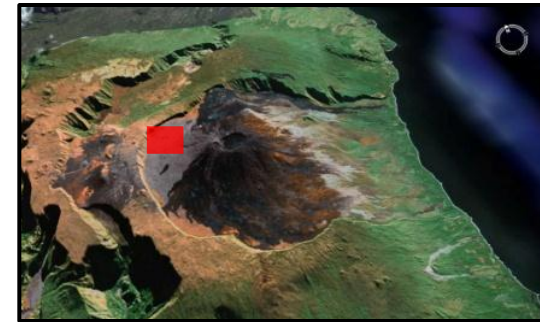
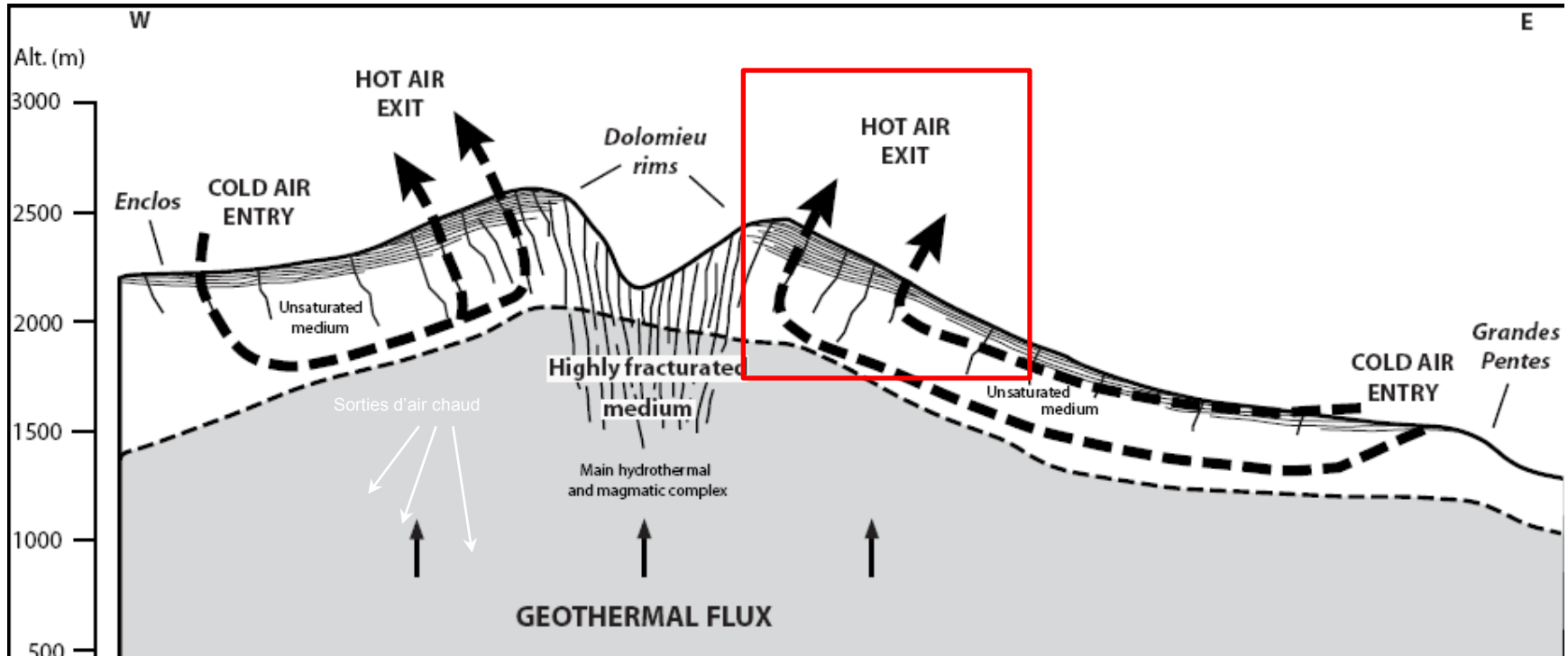


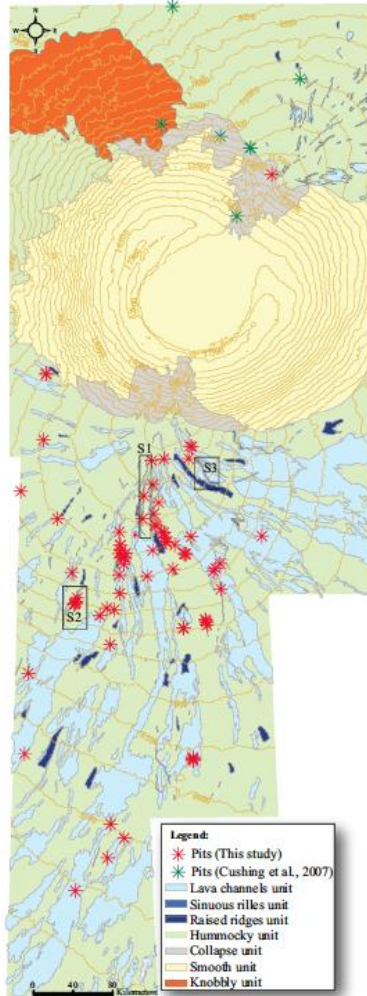
Image thermique de Formica Leo acquise  
avant le lever du soleil. Le contraste de  
température entre les fonds de cratère et les  
crêtes est d'environ 5° C

# Modélisation de l'écoulement de l'air dans le Piton de la Fournaise à partir d'observations thermiques, micro-météorologiques + modélisation numérique de la convection

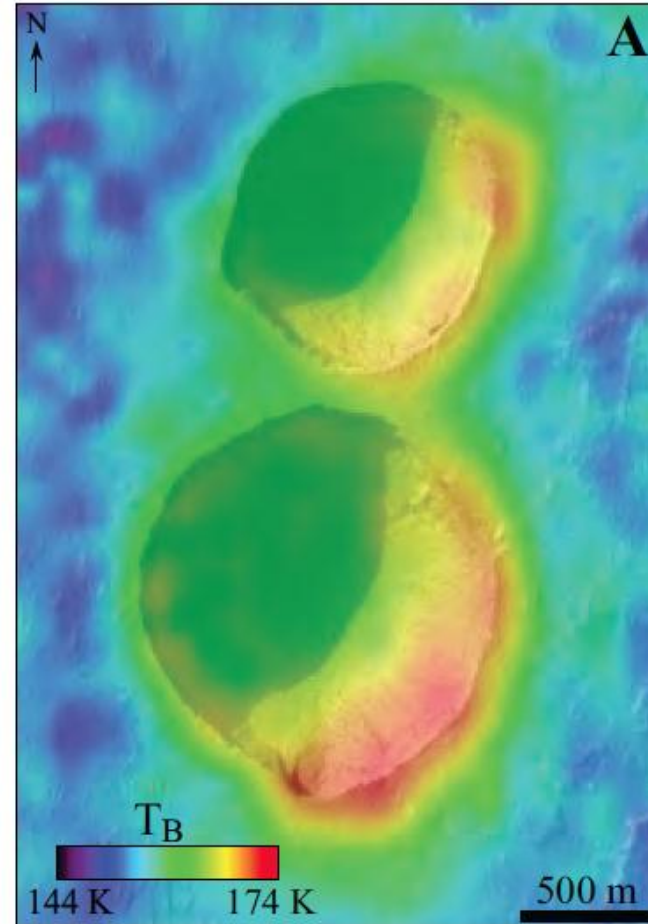
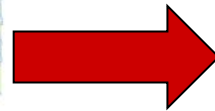


# MARS: Détection d'écoulements dair dans Arsia Mons

## Observations géomorphologiques et thermiques sur les pentes d'Arsia Mons



Analyse géomorphologique de la pente sud d'Arsia Mons

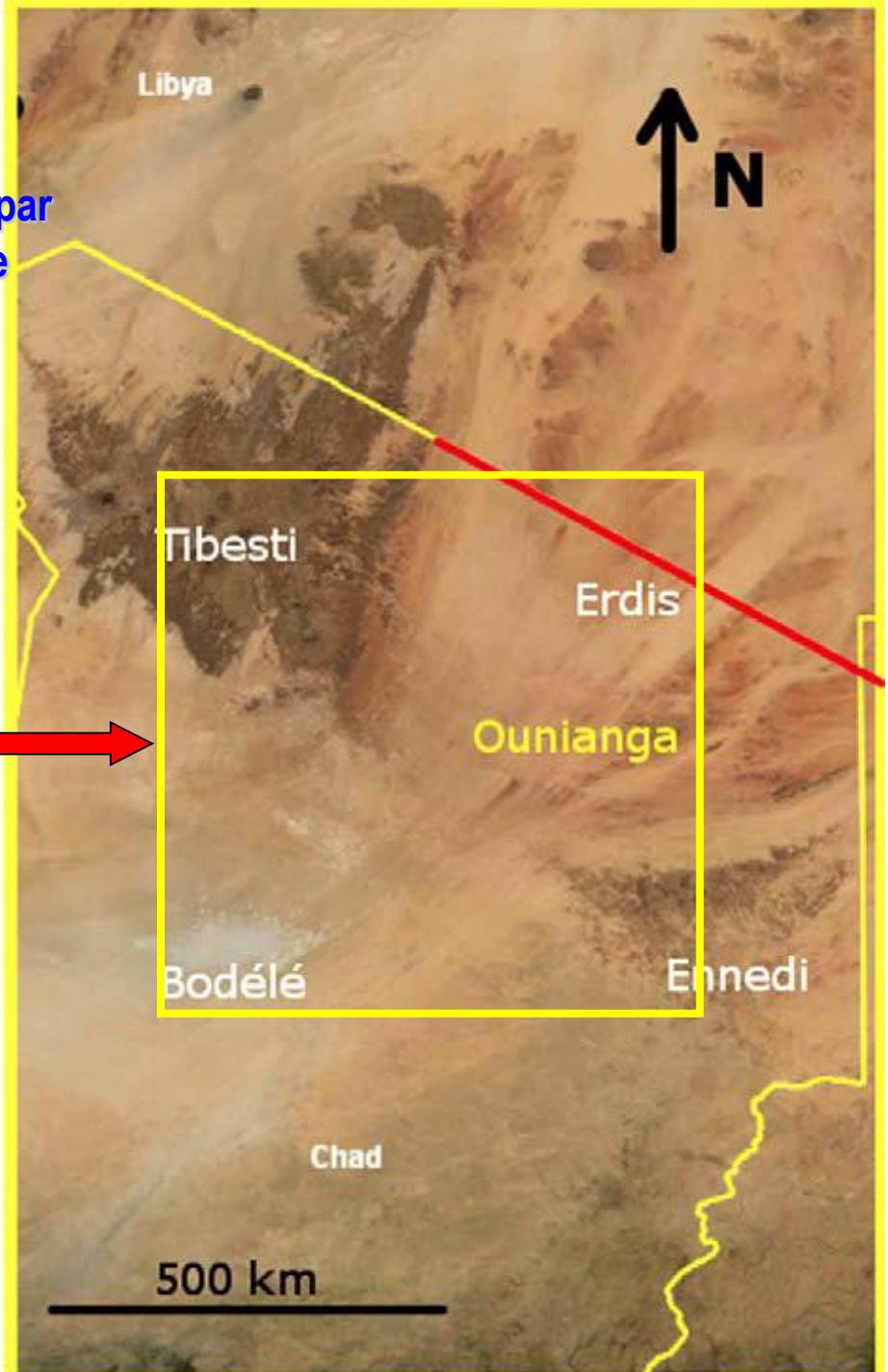


Superposition d'images dans le visible (Hi-Rise) et la thermique (sonde THEMIS) au niveau de 2 cratères

## Chantier TEREAU

→ Applications en Afrique semi aride par utilisation de l'imagerie thermique satellitaire (ex. données d'imagerie spatiale Landsat et ASTER)

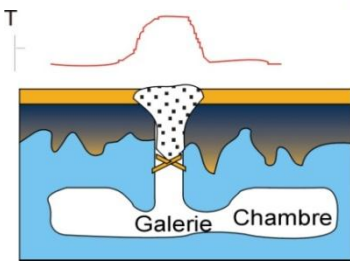
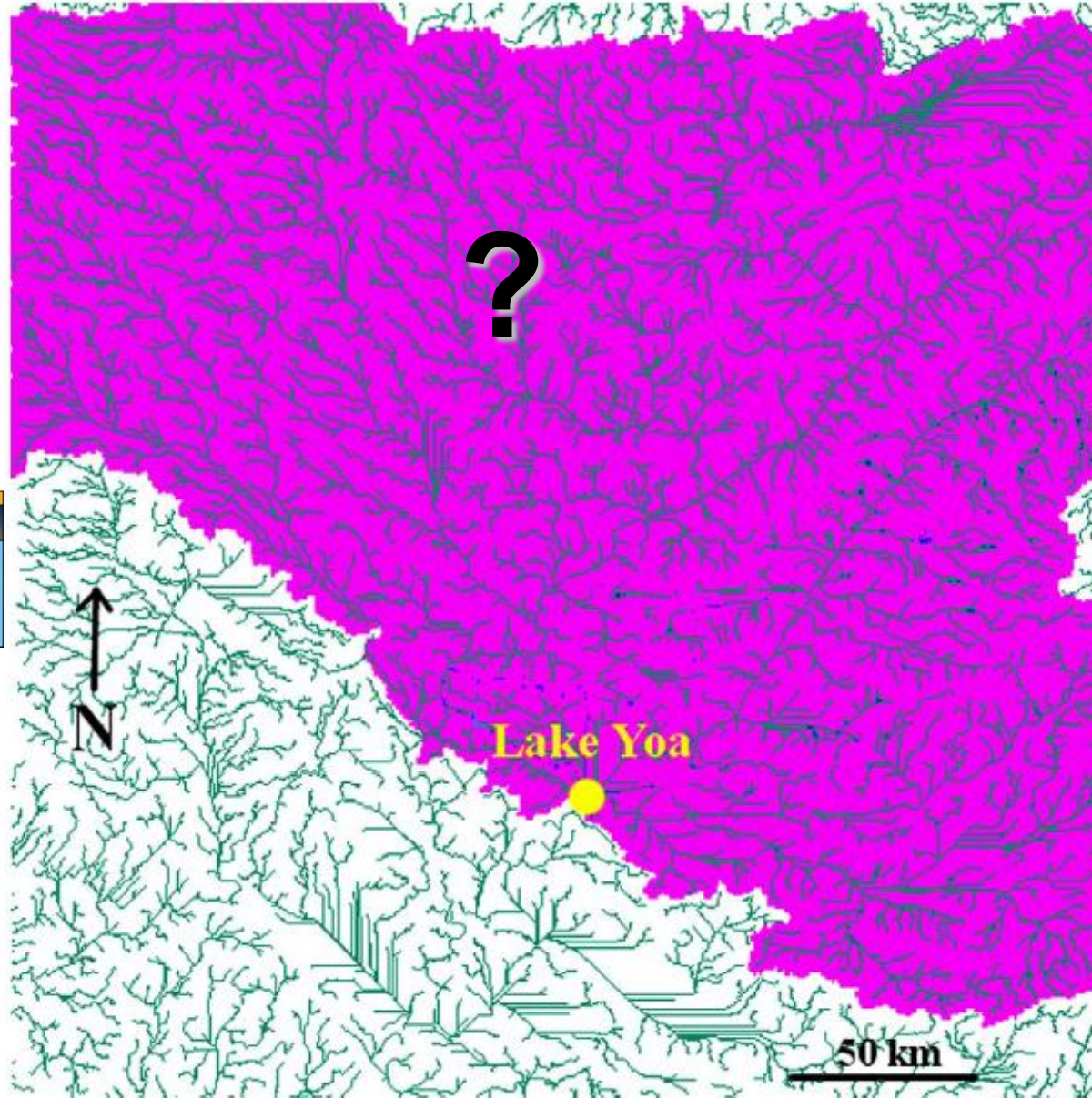
### TIBESTI



Autres régions d'études :

- Aquifères fracturés au **Burkina Faso**
- Réseaux karstiques en **Oman**

# TIBESTI : réseau hydrographique de surface fossile



## Partenaires du chantier :

- BRGM (M. Bardeau, C. Wittwer) → hydrogéologie
  - CESBIO (Y. Kerr, O. Merlin, A. Al Bitar, S. Gascoin) → SMOS/SMOSNext, Modélisation hydro
  - CERFACS (S. Ricci) → assimilation des données
  - CLS (C. Ortega) → données spatiales
  - CNRM (E. Martin) → modélisation hydrologique
  - ECOLAB (S. Sauvage, J.M. Sanchez-Perez) → modélisation hydrologique
  - GET (P. Mazzega, XX) → aspects sociétaux; hydrogéologie
  - INRA (O. Therond) → impacts activités humaines sur l'hydrologie
  - IRAP (M. Rabinowicz, T. Lopez) → détection des nappes souterraines
  - IRIT (C. Sibertin-Blanc) → aspects sociétaux
  - IMFT (D. Dartus) → modélisation hydraulique
  - LEGOS (JF Crétaux, S. Biacamaria, A. Cazenave) → SWOT/AIRSWOT; gravimétrie spatiale
- Autres laboratoires associés : IRD/HSM/Montpellier; LRPC/IFSTTAR/Rouen; ONERA;  
EDF/LNHE; Sysiphe/Mines Paris Tech
- Animatrice : A. Cazenave (LEGOS)

## **Animation scientifique**

- **Ateliers réguliers internes du chantier**
- **Ateliers destinés à rassembler la communauté des laboratoires Grand Sud-Ouest**
- **Ateliers (workshops) internationaux**

### **Exemples de questions abordées:**

- **Modélisation des couplages entre phénomènes naturels et activités humaines**
- **Modélisation des changements d'occupation des sols et de l'évolution des territoires**
- **L'observation spatiale pour caractériser la ressource en eau**
- **L'exploitation de la campagne AIRSWOT**
- **L'assimilation des données spatiales dans les modèles hydrologiques**
- **Comment réaliser le transfert des connaissances vers les gestionnaires de l'eau?**
- **Simulation d'outils d'aide à la décision et à la gestion**
- **.....**

### **Préparation de 'livres blancs'**

## Invitation de chercheurs étrangers:

- Doug **Alsdorf** (Ohio State University, USA, Principal Investigateur américain pour l'hydrologie spatiale de la mission SWOT)
- Jeff **Arnold** (Integrated modelling of water resources management, Editeur en chef de la revue Environmental Modelling and Software)
- Cédric **David** (University of California, Irvine, simulation hydrologique et modélisation des barrages)
- Jay **Famiglietti** (professor, University of California, Irvine, hydrologie et télédétection)
- Tony **Jakeman** (Integrated Water Resources Management and modeling),
- Marco **Janssen** (Coordination sociales et processus écologiques)
- Kei **Kurita** (Earthquake Reserach Institute, Université de Tokyo, Japon ; hydrogéologie)
- Claudia **Palh-Wostl** (Integrated Water Resources Management and modeling),
- Alex **Smagl** (CSIRO- Australie, Système multi-agent sur de grands territoire pour la gestion de l'eau)
- Eric **Wood** (University of Princeton, USA, cycle de l'eau et remote sensing)
- Chen **Xiaoling** (Université de Wuhan, Liesmars Laboratory, Chine, State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing)
- Zong Liang **Yang** (Université du Texas, modélisation hydrologique distribuée)