

Programme de recherche franco-marocain SUDMED

Fonctionnement et ressources hydro-écologiques dans
le bassin-versant du Tensift, Maroc :
caractérisation, modélisation et prévisions

Estimation du besoin en eau des cultures



Mougenot B., G. Boulet, G. Chehbouni, B. Duchemin, S. Er-rouane, R. Escadafal, L. Hanich, P. Maisongrande
A. Moreno, V. Simonneaux

PARTICIPANTS

CESBIO, Toulouse - Université Cadi-Ayyad, Marrakech

Gilles Boulet (1,3), Ghani Chehbouni, responsable des activités IRD au Maroc (1,2), Gérard Dedieu (1), Benoit Duchemin (1,3), Sadik Er-rouane, coordination Université Cadi Ayyad (3,4), Richard Escadafal, coordination CESBIO (1), Noura Guemouria (3,4), Lahoucine Hanich (5), Philippe Maisongrande (1), B. Mougnot (1), Ahmed Ouhammou (4), J. Seghieri (1), V. Simonneaux (1,3), Franck Timouk (1,3 →2003).

Thésards : Aahd Abourida (3,4) Anne Chaponnière (1), Aouatif Cheggour (3,4), Salah Er-raki (3,4), Jamal Essahar (3,4), Lahacen Ez-Zariy (3,4), Rachid Hadria (3,4), Abderrahim Lakhil (3,4), Fatima Raibi (3,5).

Stagiaires, CSN, appuis extérieurs : Pierre François, Frédéric Frappart, Pierre Gentine, Dorian Helson, Joost Hoedjes (thèse), Mathieu Plantecoste, Benoit de Solan.

Institutions marocaines partenaires

ORMVAH, Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz, [Abdessamad Moreno (6)*],

DREF, Direction Régionale des Eaux et Forêts -Haut Atlas, Marrakech

ABHT, Agence de Bassin Haouz Tensift

Période d'activité 2000-2003. Informations complètes sur www.irrimed.org/sudmed, www.cesbio.ups-tlse.fr

**Participation au séminaire PCSI 2003 sur financement PRAD*

(1) CESBIO, 18 avenue Edouard Belin 31401 Toulouse Cedex 9; tél. +33 (0)5 61 55 01; prenom.nom@cesbio.cnes.fr

(2) IRD au Maroc, Marrakech; tél. +212 (0)44 42 03 46; irdmar@iam.net.ma

(3) Laboratoire SudMed, Université Cadi Ayyad, Marrakech; tél. +212 (0)44 43 16 26, nom@ucam.ac.ma

(4) Faculté des Sciences Semlalia (FSS), Université Cadi Ayyad, Marrakech; tél. +212 (0)44 43 46 49; nom@ucam.ac.ma

(5) Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université Cadi Ayyad, Marrakech; nom@fstg-marrakech.ac.ma

(6) ORMVAH; Laboratoire des sols, tél. +212 (0)44 44 96 50, Marrakech

Plan de la présentation

- Objectif
- Activités et méthodes
- Ressources et besoins en eau des cultures :
modélisations, observations et spatialisation

Objectif Général

Comprendre, modéliser et prédire le fonctionnement hydro-écologique intégré du bassin de Tensift.

Pour contribuer au développement :

- ⇒ de « tableaux de bord » à l'intention des politiques et des législateurs pour l'aide à la décision.
- ⇒ d'outils opérationnels pour les partenaires des services de l'Etat pour une gestion rationnelle des ressources.

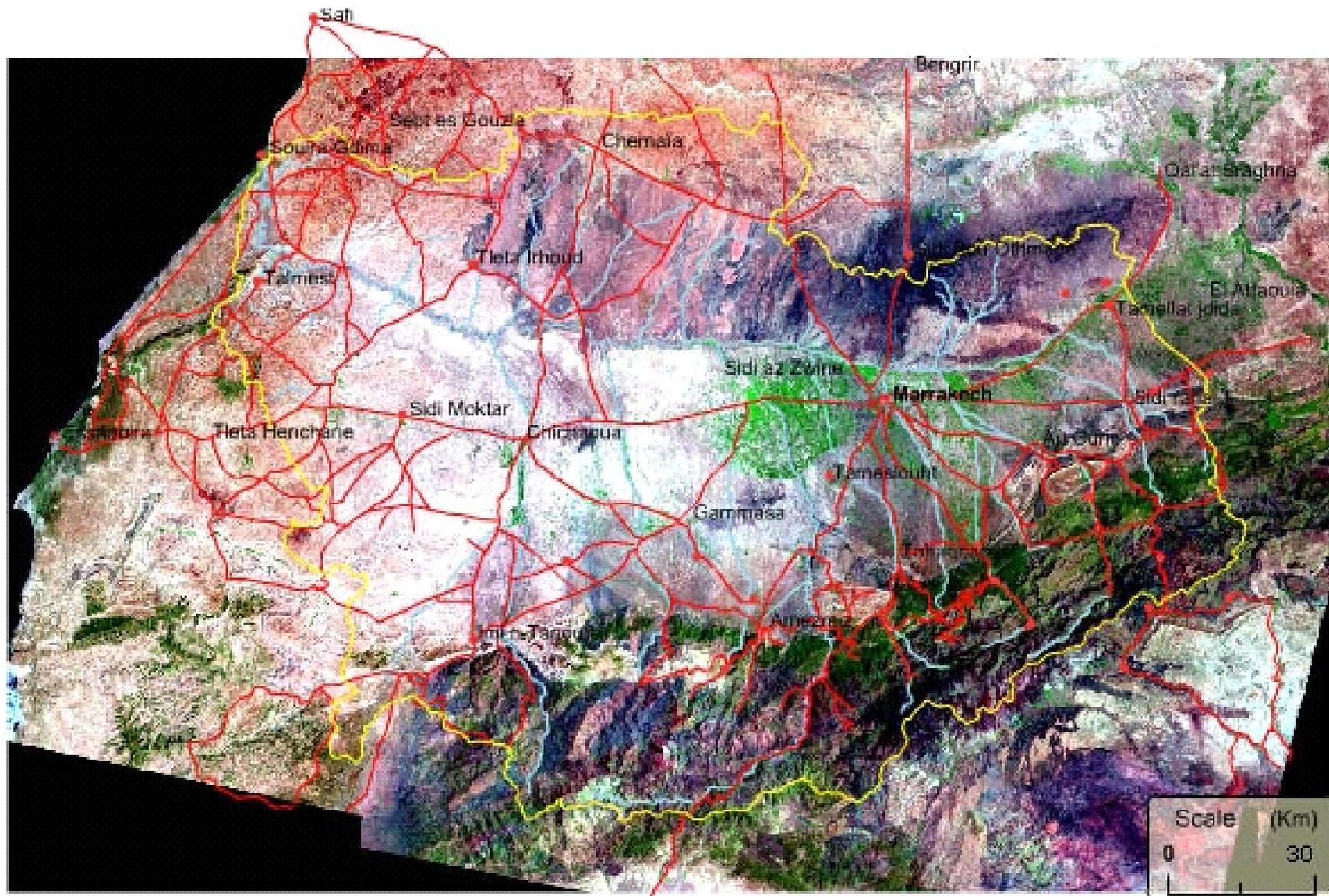
Objectifs Spécifiques

- ⇒ Décrire de manière intégrée les processus dominants qui contrôlent le fonctionnement hydro-écologique du bassin en utilisant les technologies et les outils scientifiques les plus récents (modélisation, télédétection, assimilation de données...)
- ⇒ Développer des scénarios d'évolution des ressources en eau, en sol et végétales, en réponse à différentes hypothèses sur les changements d'origines naturelles ou humaines.

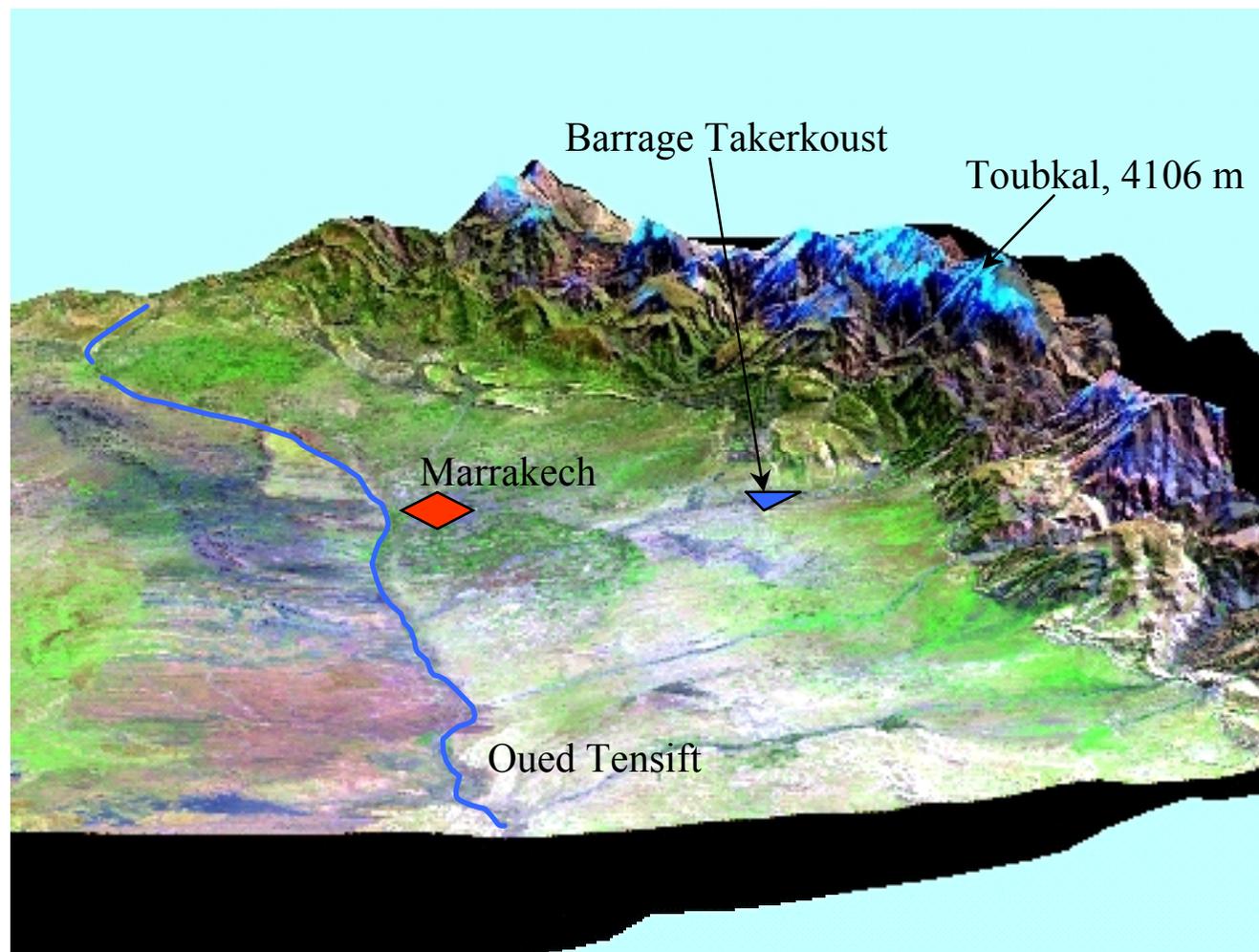
Activités et méthodes

- **Caractérisation du Bassin et développement de SIG**
- **Quantification des précipitations, ruissellement / infiltration**
- **Quantification de la neige et son équivalent en eau**
- **Interaction entre les eaux de surface et les nappes**
- **Développement d'un modèle de fonctionnement de la végétation**
- **Estimation de l'évapotranspiration et du bilan hydrique à l'échelle du bassin**
- **Modélisation intégrée**
- **Télédétection quantitative et assimilation des données**
- **Transfert de connaissances et formation (initiale/continue)
(11 doctorants et 3 formations spécialisées)**
- **Coopération EURO-MEDITERRANENNE : Projet IRRIMED
(partenariat Tunisie, Maroc, Jordanie, Syrie, Pays-Bas, France)**

Situation du bassin-versant du Tensift



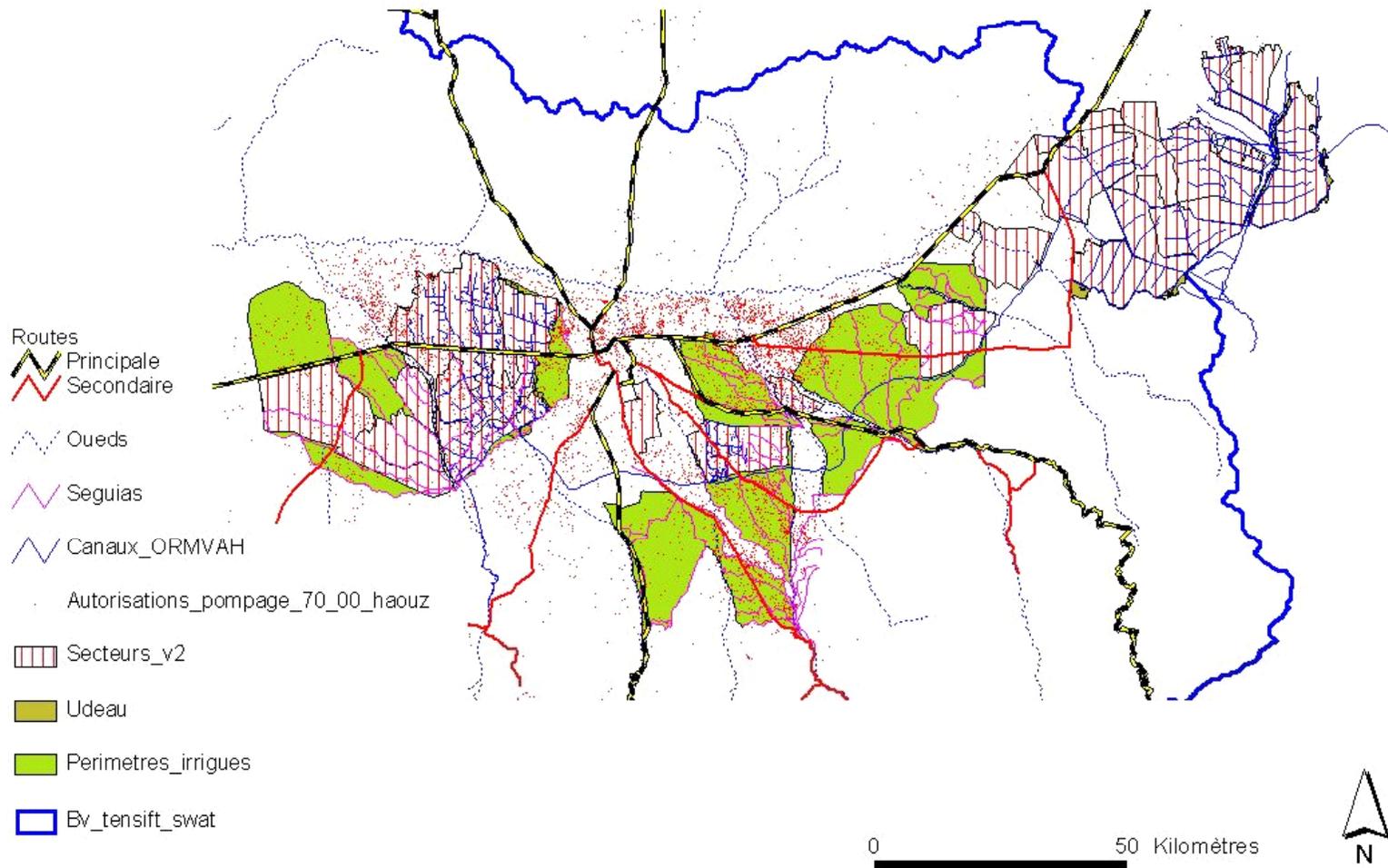
Modèle numérique de terrain



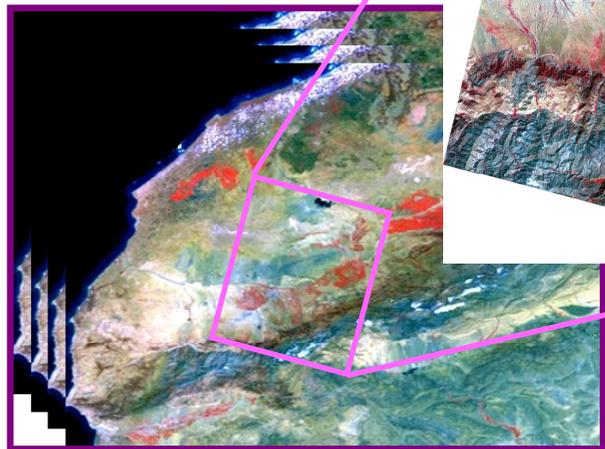
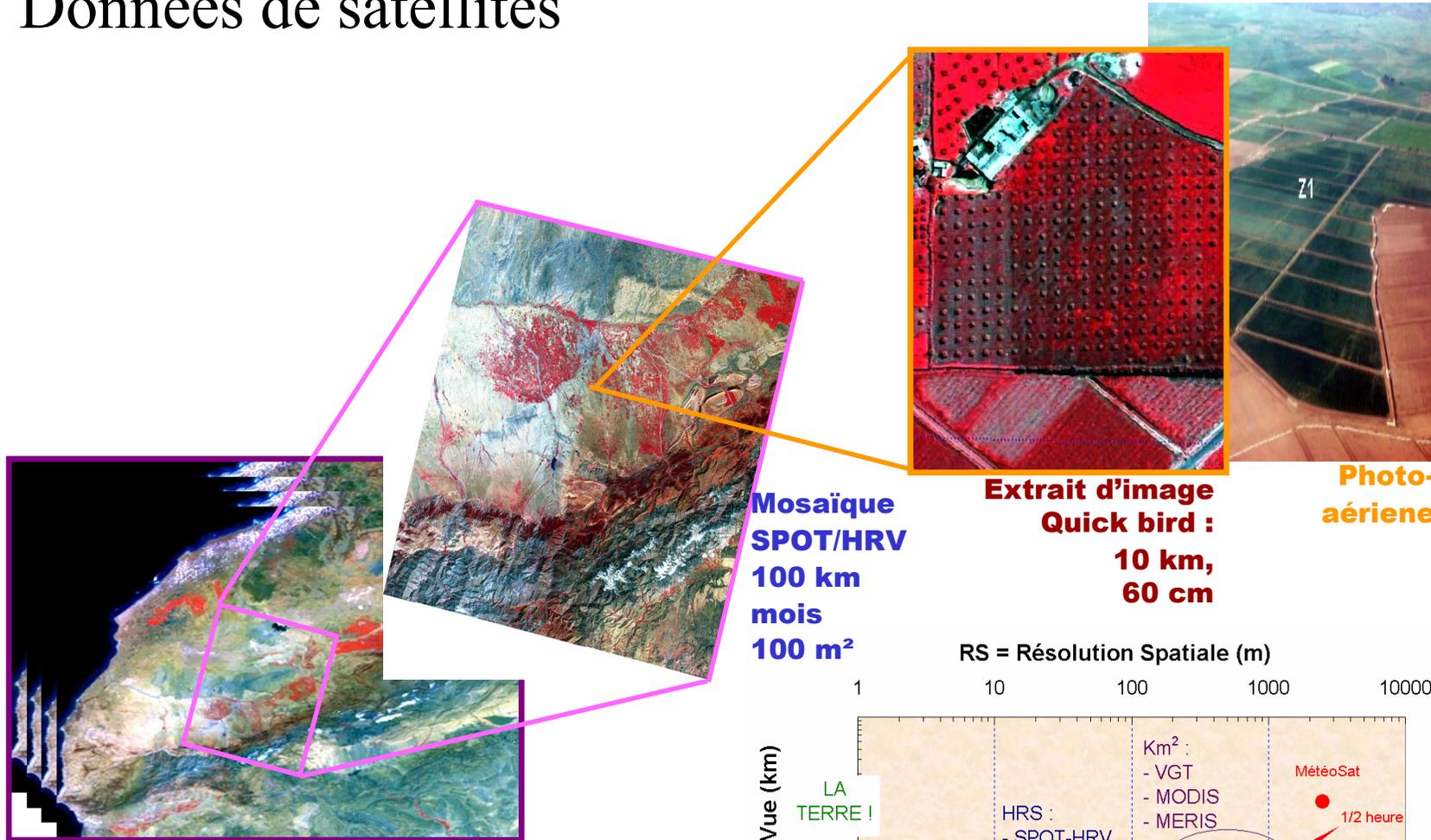
Réseau d'irrigation et périmètres (ORMVAH)

IRRIGATION

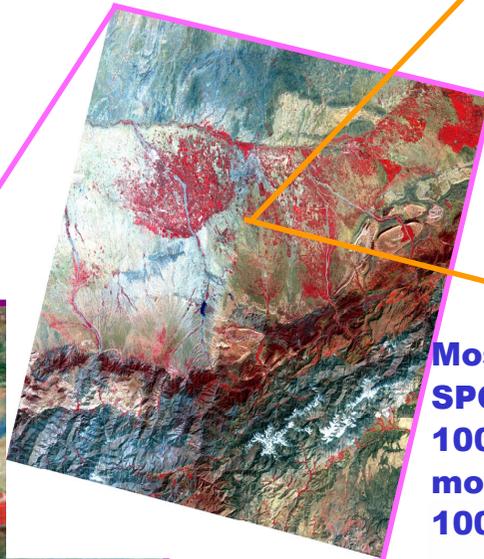
Projet SudMed



Données de satellites



**Images SPOT
VEGETATION
2200 km
jour
km²**



**Mosaïque
SPOT/HRV
100 km
mois
100 m²**

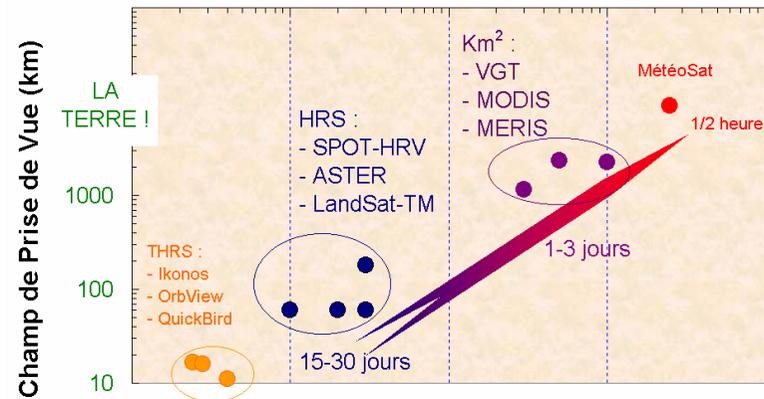


**Extrait d'image
Quick bird :
10 km,
60 cm**

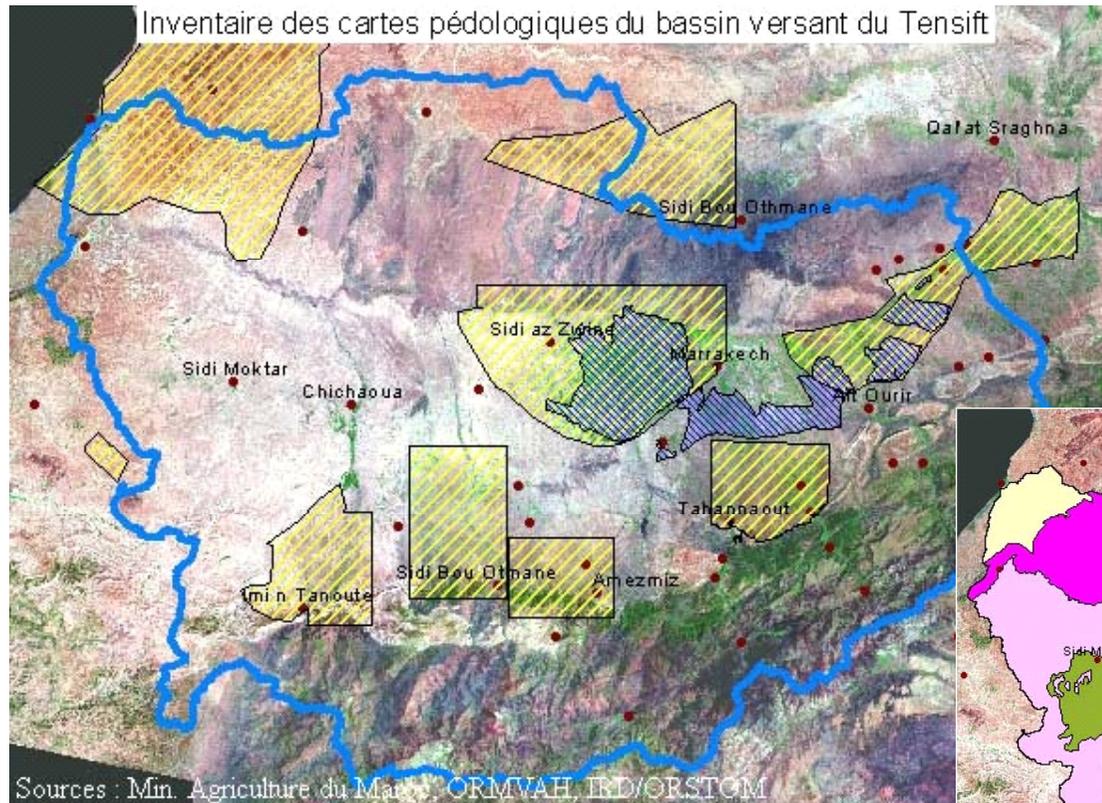


**Photo-
aérienne**

RS = Résolution Spatiale (m)
1 10 100 1000 10000

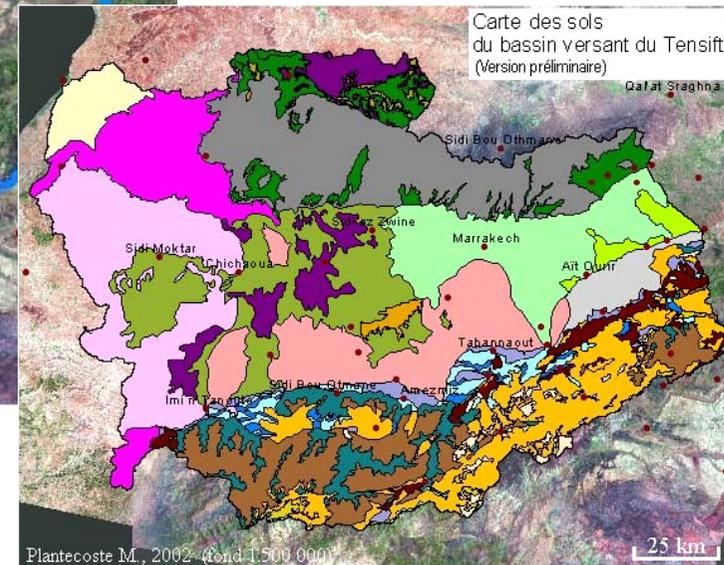


Cartes des sols



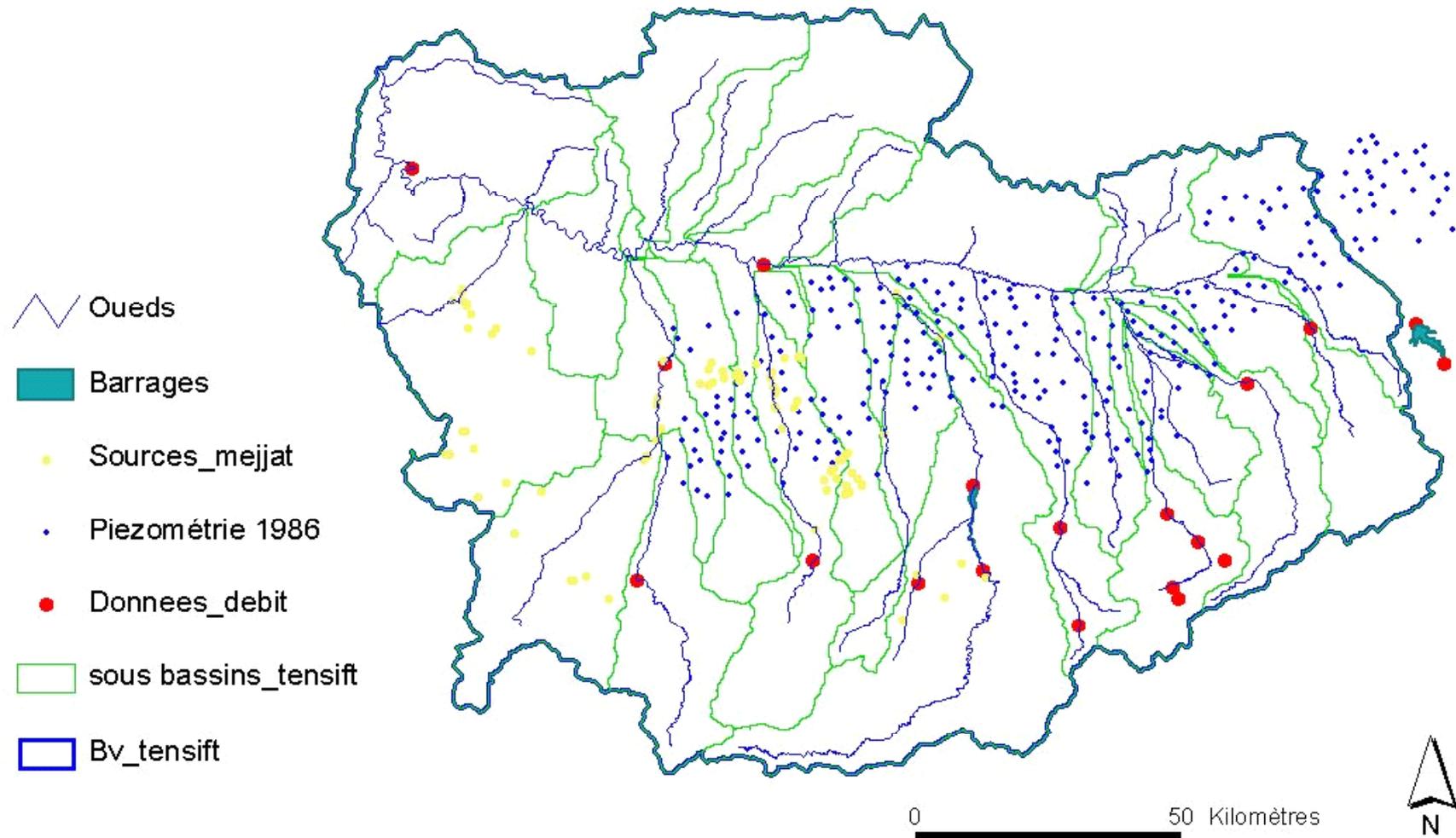
Sources : Min. Agriculture du Maroc, ORMVAH, IRD/ORSTOM

- Cartes 1:20 000 (pédologie et contraintes de sols)
- Cartes 1:50 000 (pédologie et reconnaissances)

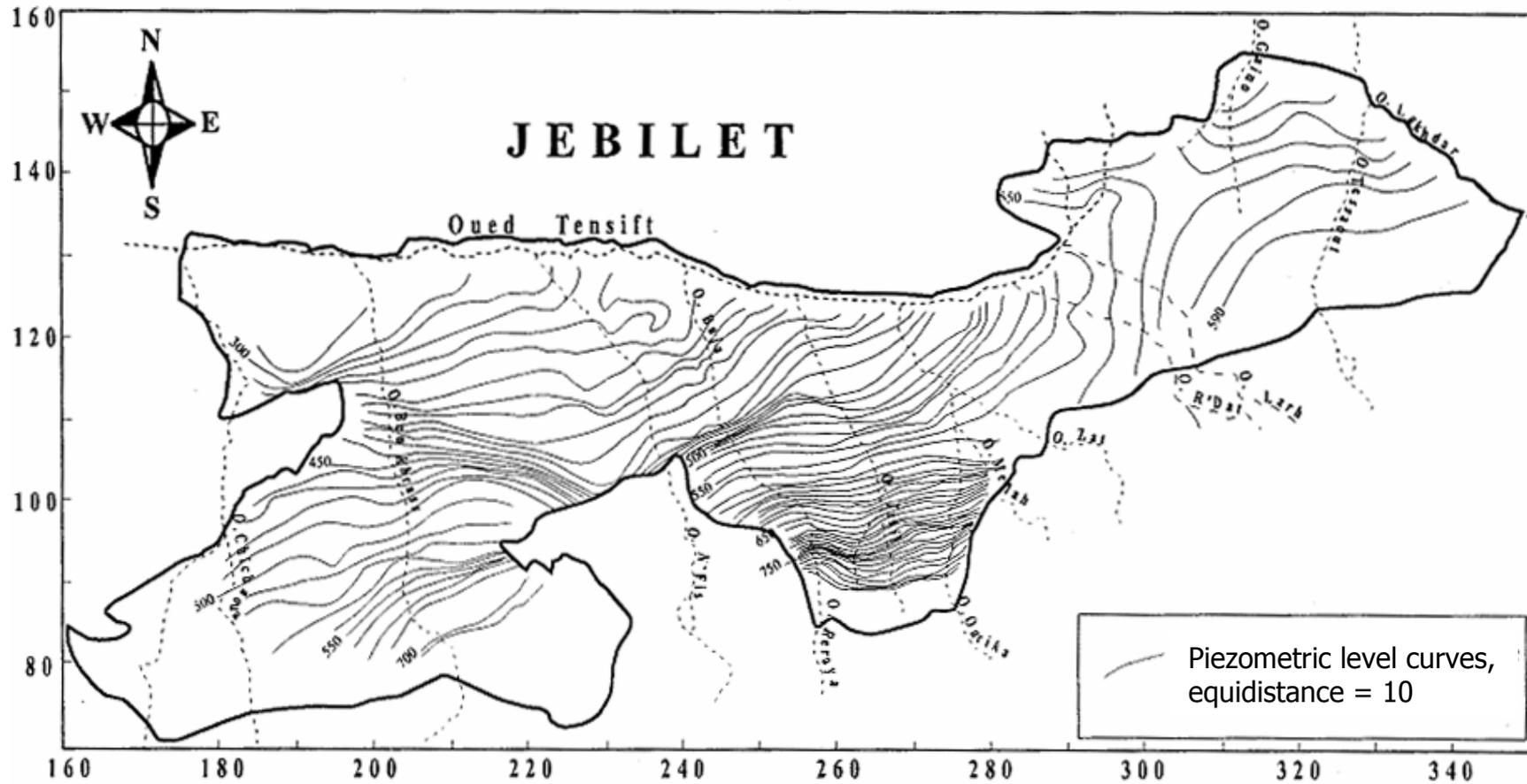


- sols sablo-argileux peu profonds
- sols sableux superficiels
- sols sableux
- sols squelettiques d'altitude
- rankers d'érosion sur schistes
- sols d'érosion sur schistes
- sols d'apports de piémont
- sols bruns sur glaciés
- sols brunifiés sur grès
- sols bruns zonaux sur schistes
- sols châtains
- sols châtains sur glaciés
- sols isohumiques brunifiés
- sierozems
- sols fersiallitiques
- rendzines
- rendzines brunifiées
- sols à encroûtement calcaire
- sols sur calcaires du Jurassique
- sols sur marno-calcaires du Crétacé
- sols sur marno-calcaires et basaltes (II, III)
- sols sur calcaires carbonifères

Hydrologie du bassin-versant

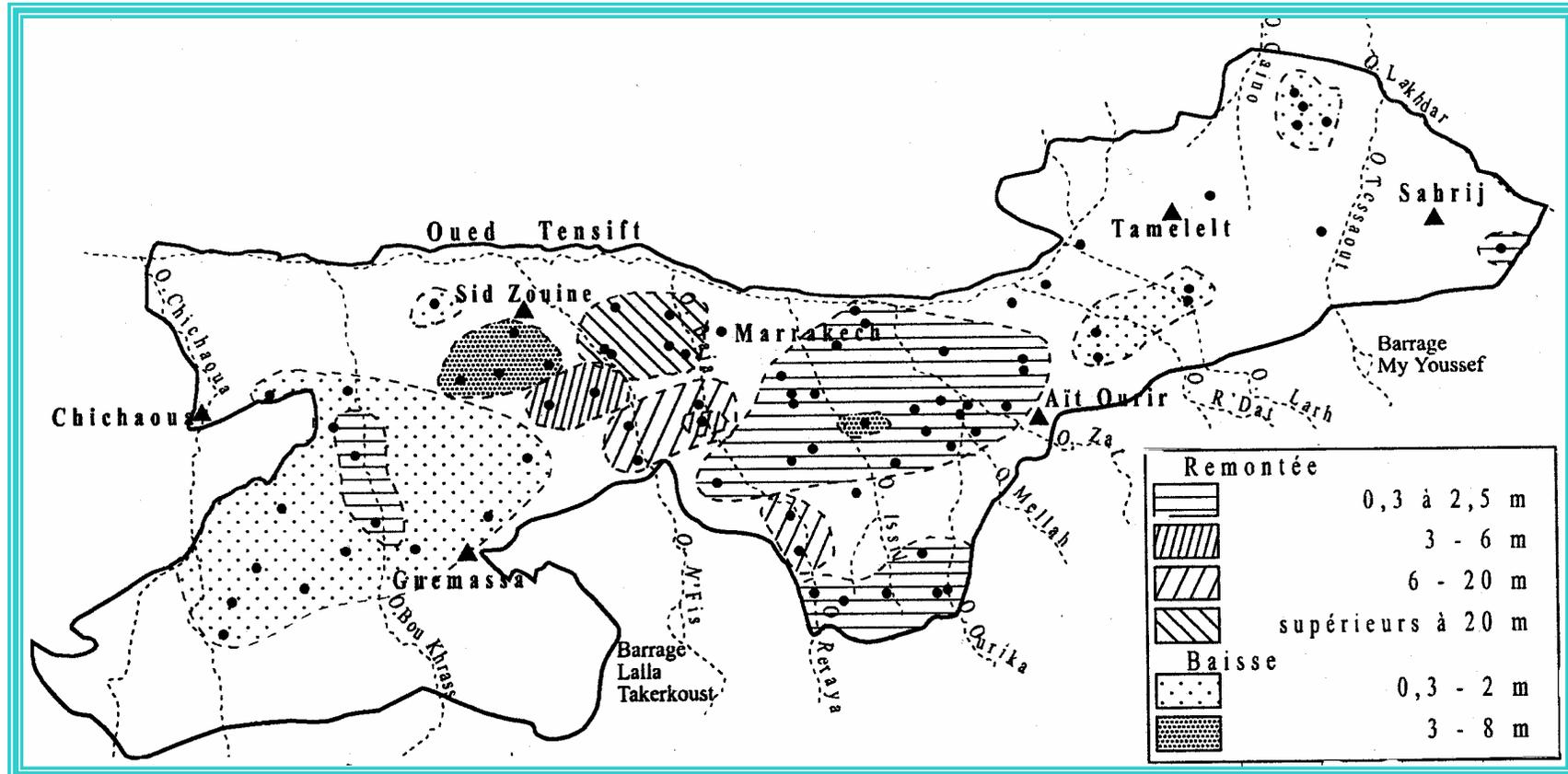


Niveau de la nappe



Régionalisation à partir des mesures piézométriques

Fonctionnement de l'aquifère



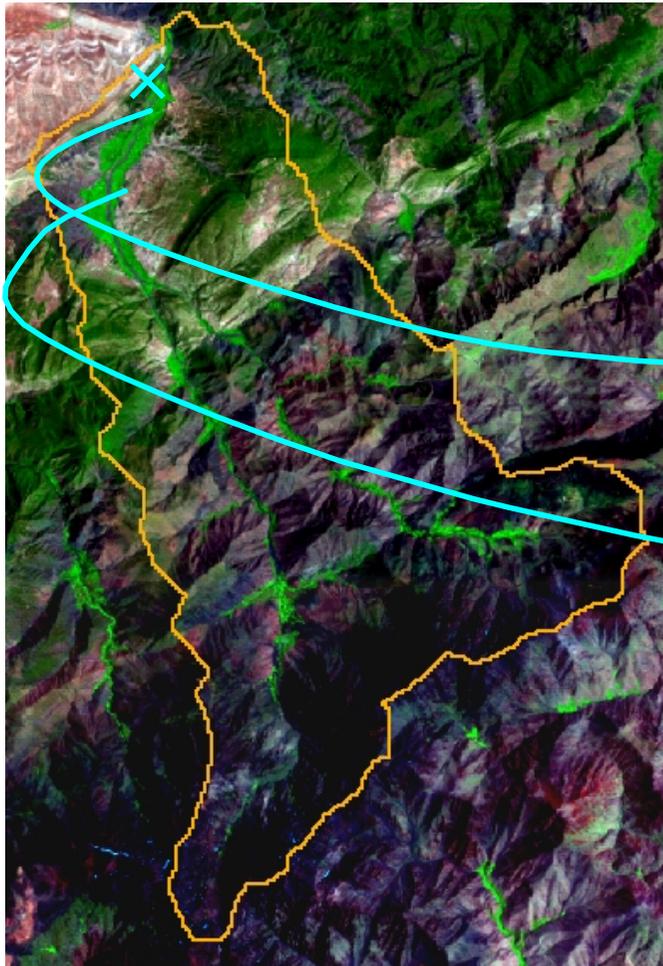
- * Recharges au niveau des Oueds atlasiques, des retours des eaux d'irrigation,
- * Sorties: par les pompages et drainage de l'Oued Tensift

Hydrologie de montagne + Erosion

Mesures de débit



Pluviomètres



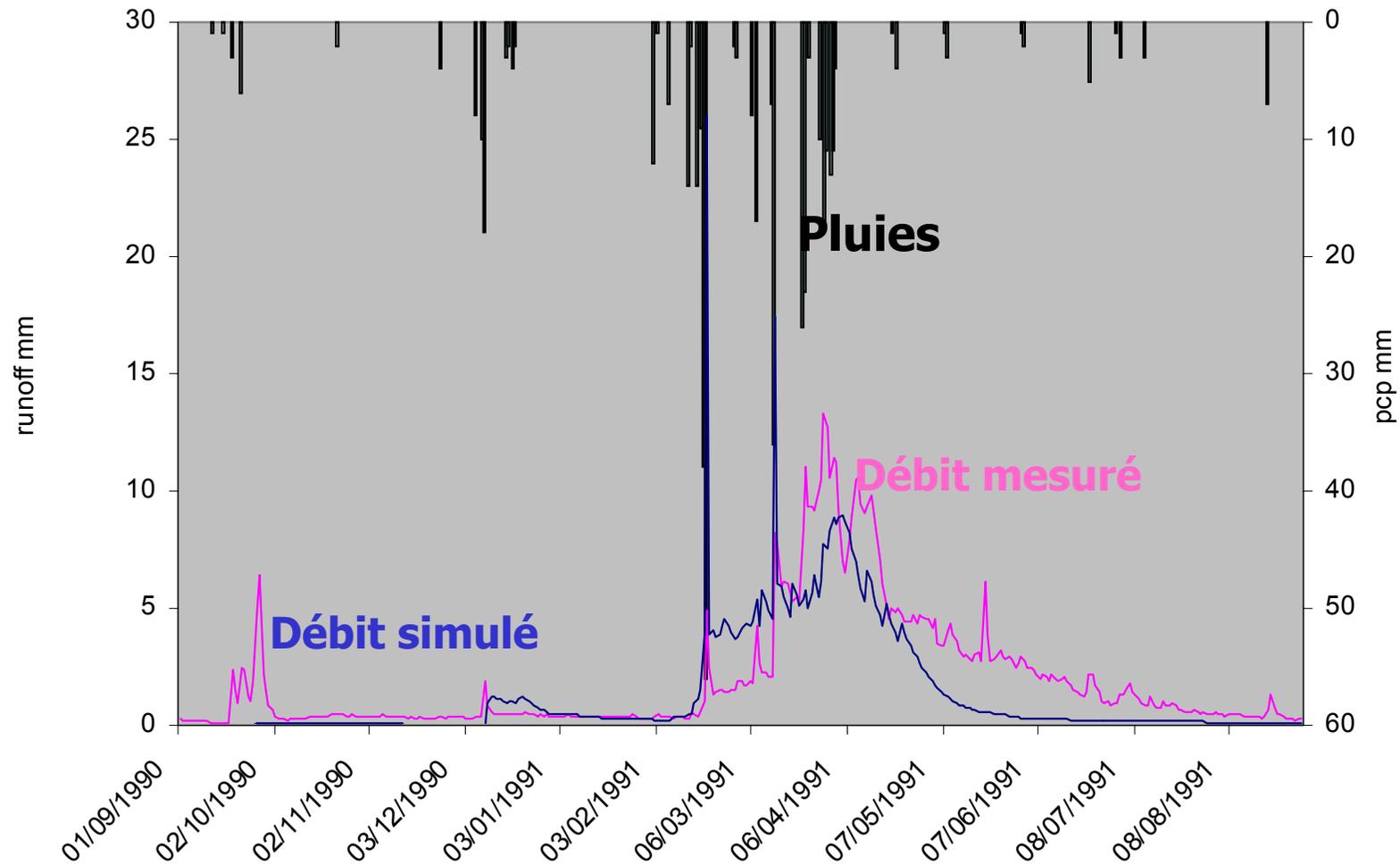
+ Mise en place de parcelles d'érosion

Bassin versant expérimental de la Rheraya

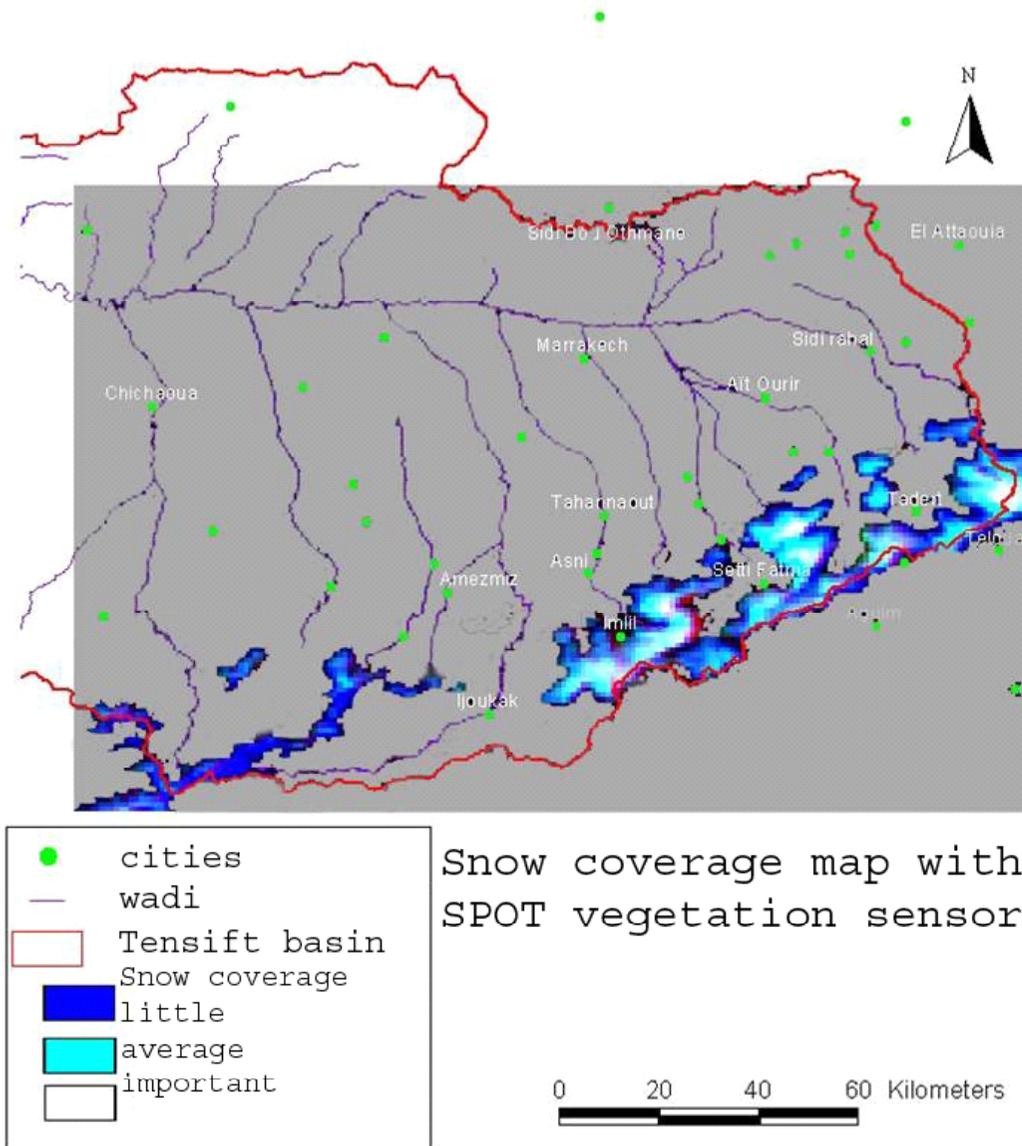
Etude des processus et modélisation

Simulation des débits

Bassin versant de la Rheraya



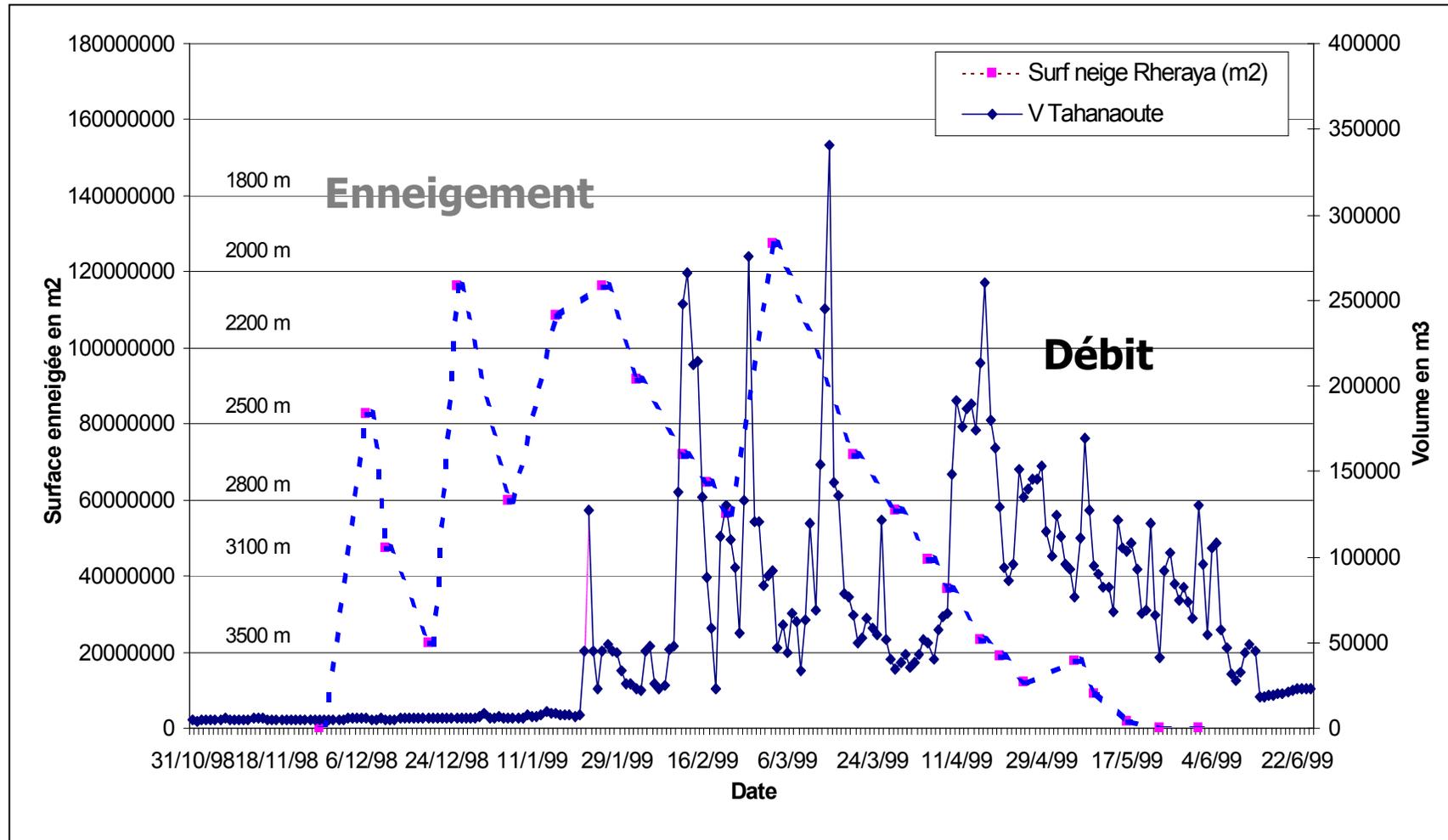
Téledétection du manteau neigeux



L. Hanich, A. Chaponnière, B. Duchemin, P. Maisongrande, B. de Solan

Relation enneigement-débit

Bassin versant de la Rheraya



Mesures micro-météorologiques

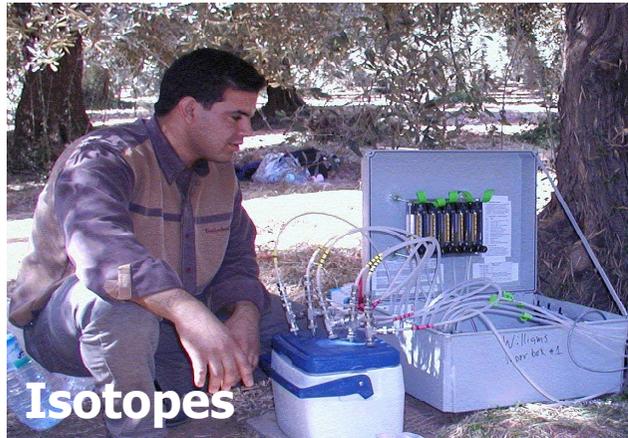
Oliveraies d' Agdal



Tour de mesures de turbulence

Mesures par scintillométrie

Transferts d'eau et état de la végétation



Isotopes

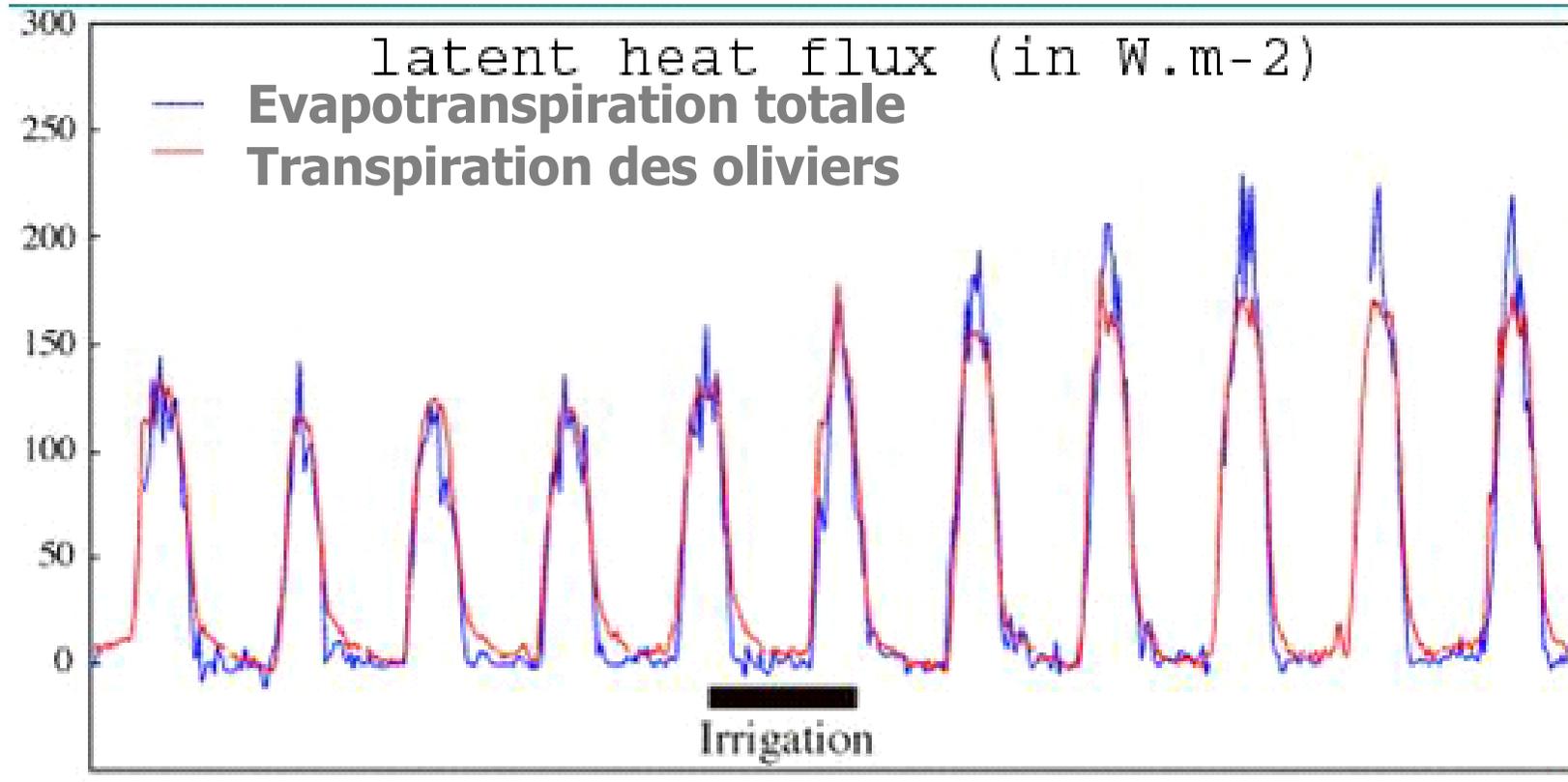


Flux de sève



Bilan d'énergie et flux

Efficiency of irrigation

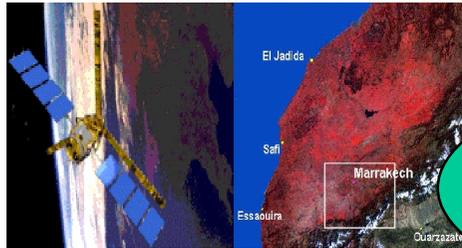


Site : oliviers d'Agdal - Irrigation gravitaire

Ressources et besoins en eau des cultures

Observations, modélisation et spatialisation

OBSERVATIONS, MODELISATION et SPATIALISATION

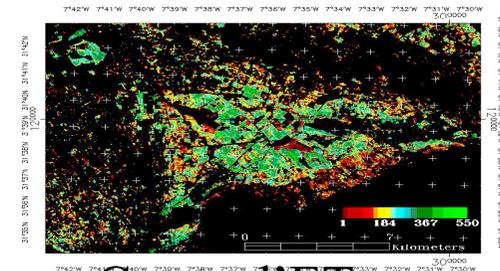


Images satellites :
Occupation du sol, phénologie

Données (climat, sol.....)

Mesures terrain

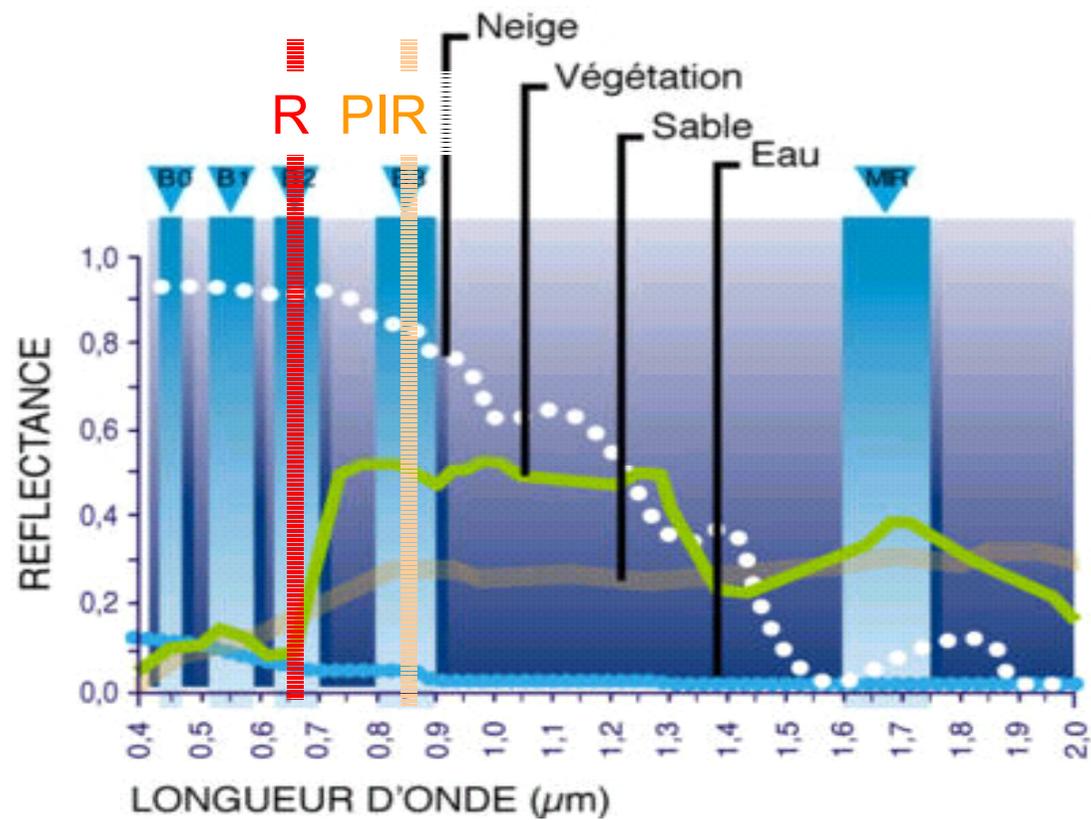
Modélisation
végétation+bilan hydrique



Cartes d'Etc

Indice de Végétation

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$

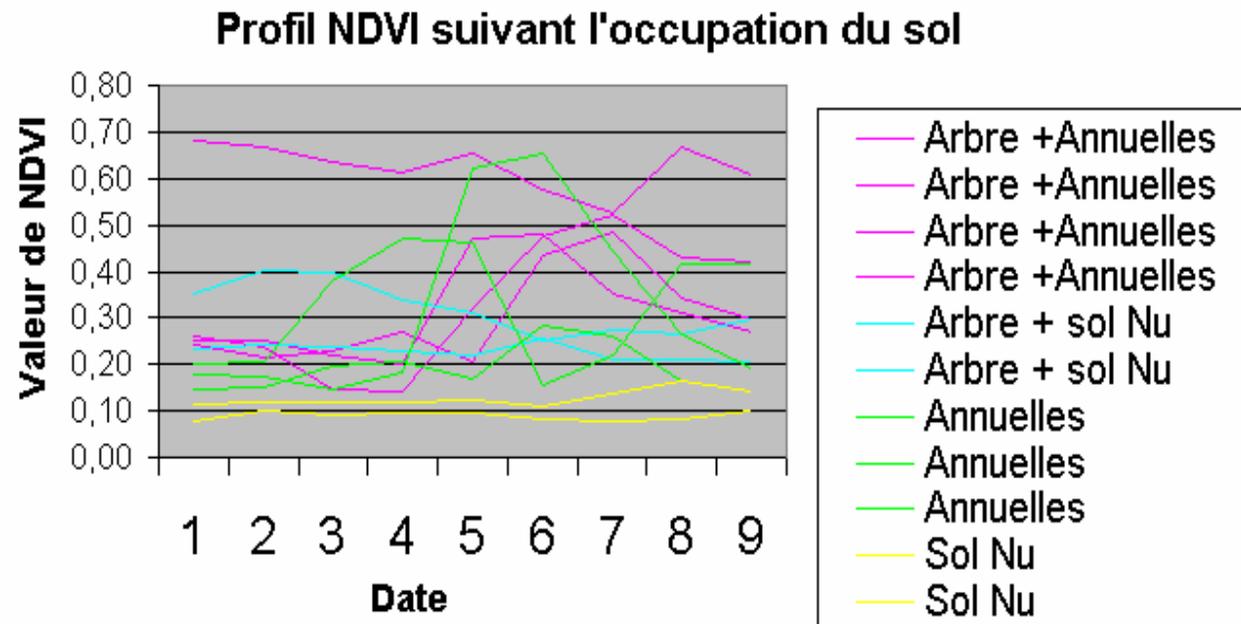


SPATIALISATION (Occupation du sol)

Classification à partir d'une série temporelle - 1

Analyses des profils NDVI (Landsat ETM+, SPOT HRV)

→ **Analyse des profils temporels de NDVI de chaque classe thématique**



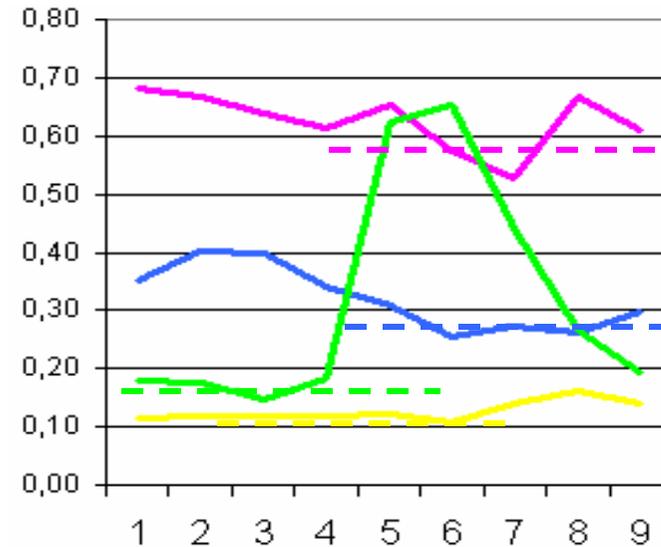
Choix des critères :

- Critères indépendants des dates utilisées
- Cohérence dans les valeurs des critères

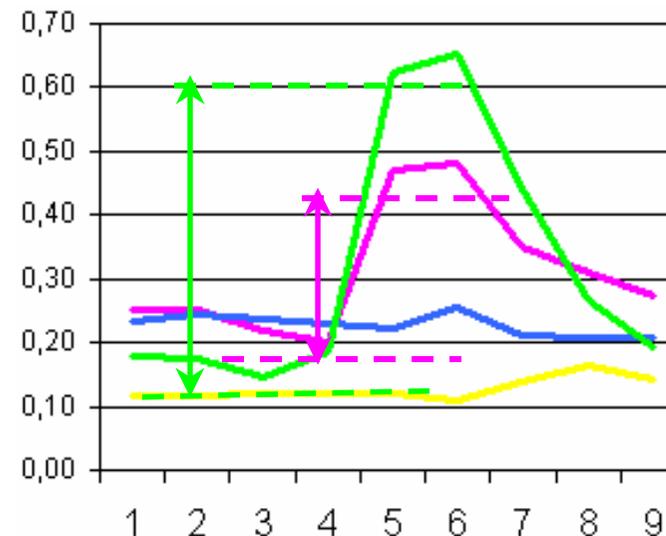
Classification à partir d'une série temporelle - 2

Choix des critères

1 - Utilisation d'un palier
→ **Détection de végétation permanente (arbres)**



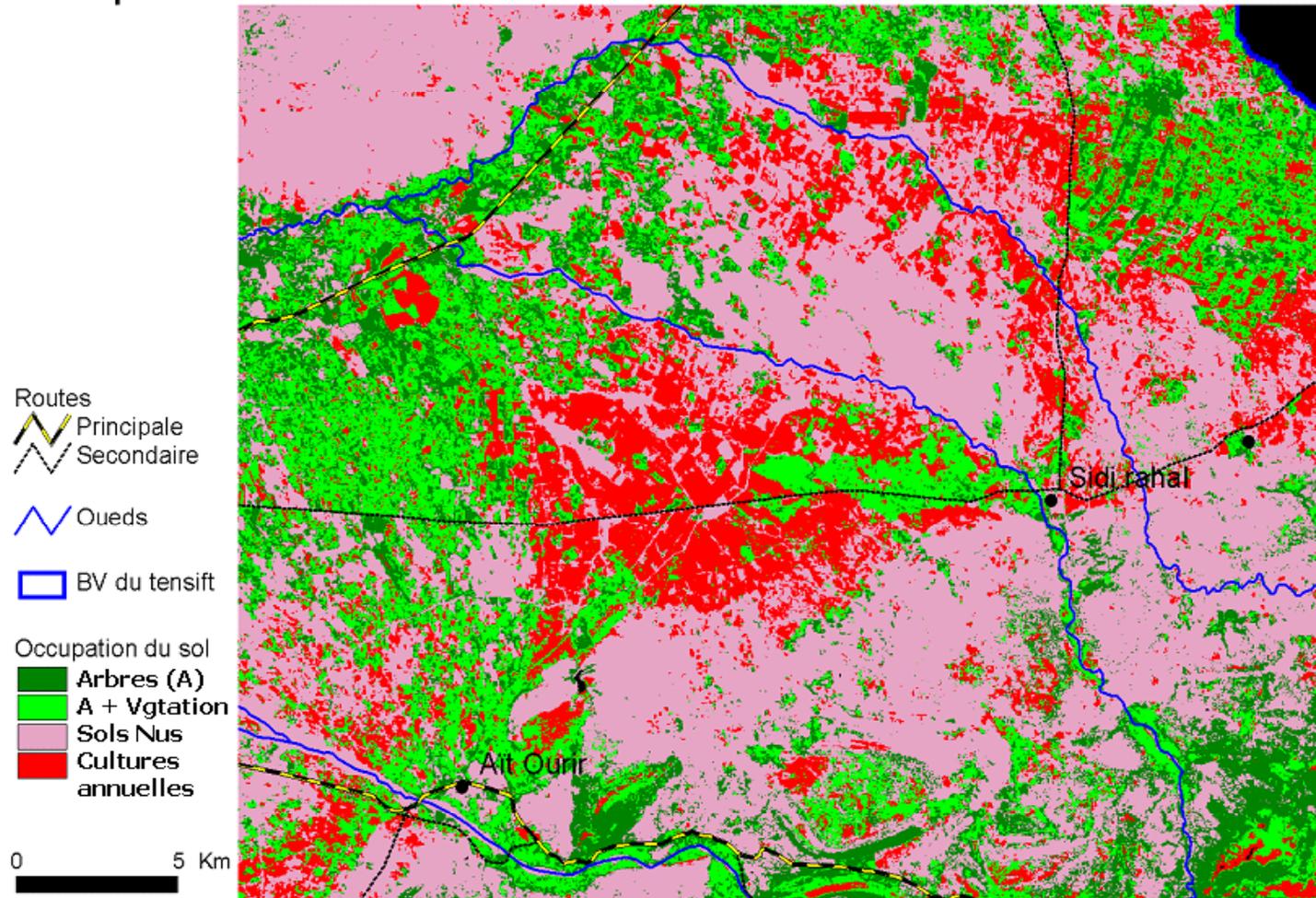
2 - Différence maximum – palier
→ **Détection d'annuelles**



Classification à partir d'une série temporelle SPOT HRV-3

Carte simplifiée de l'occupation du sol

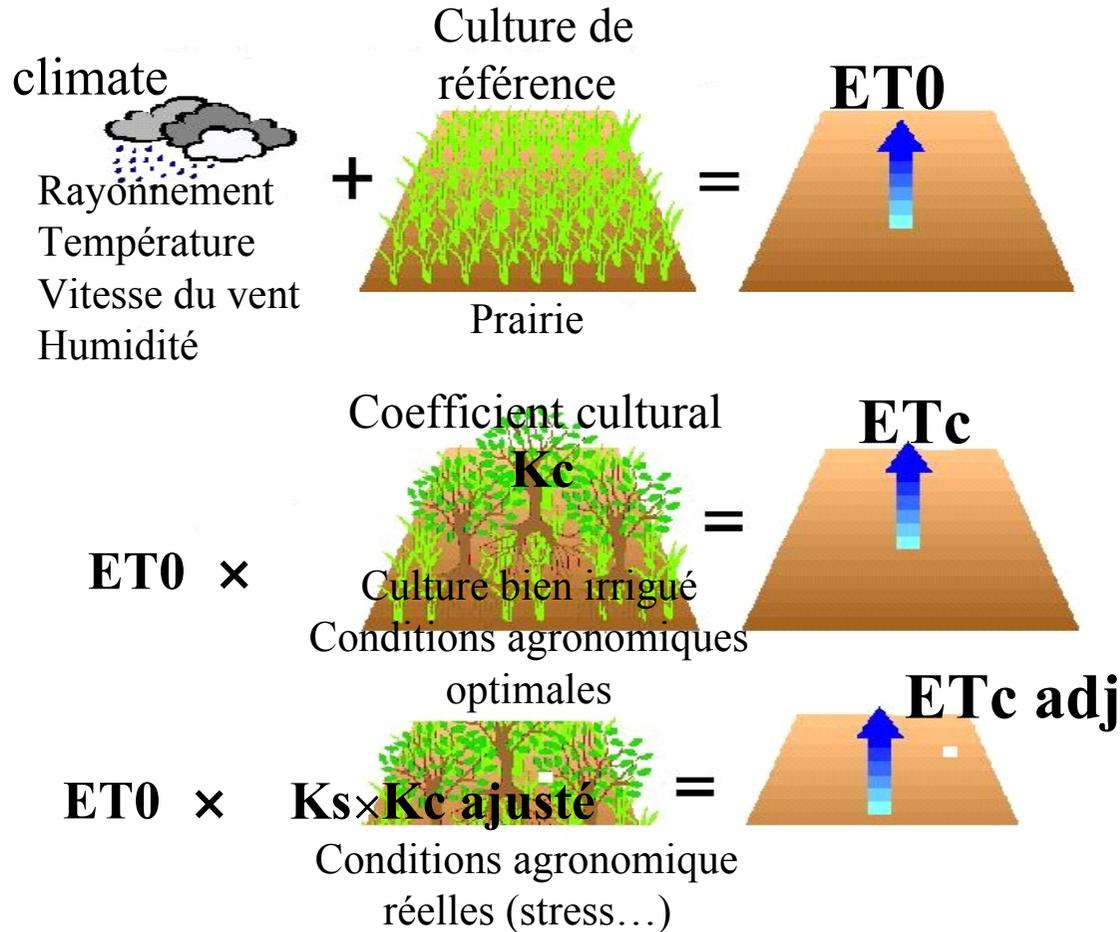
Occupation du sol



MODELISATION (Kc)

Estimation du besoin en eau des cultures

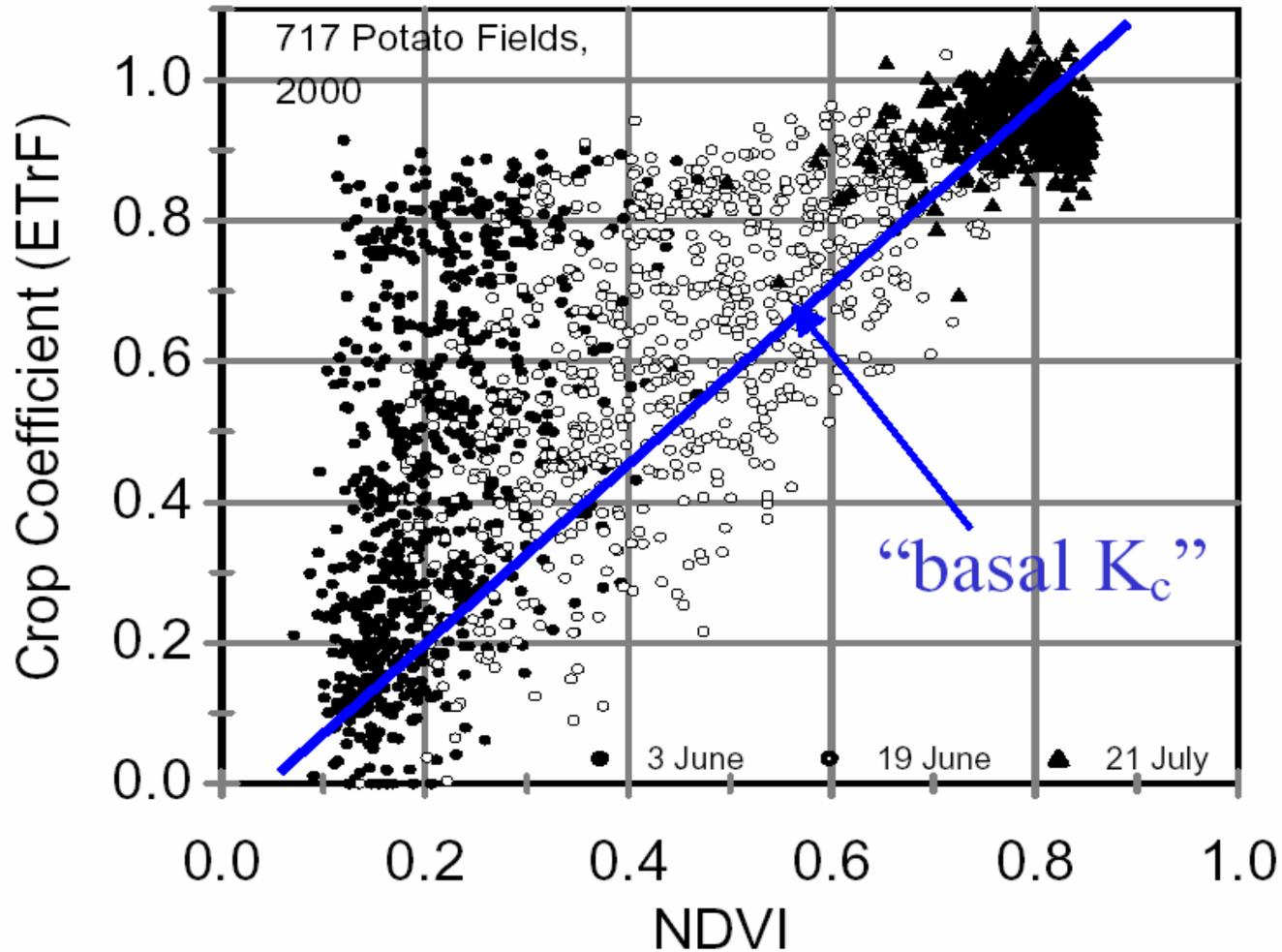
FAO



- Basé sur le calcul des coefficients culturaux à différentes phases de développement de la culture.

- Le modèle FAO permet d'estimer le besoin en eau des cultures ET_c

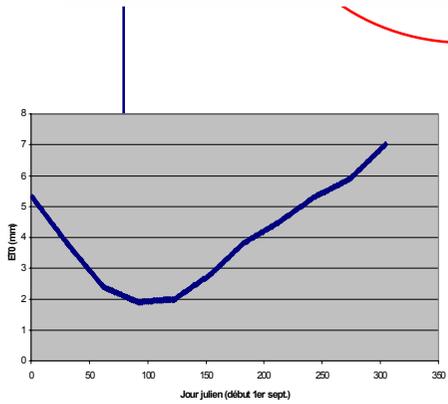
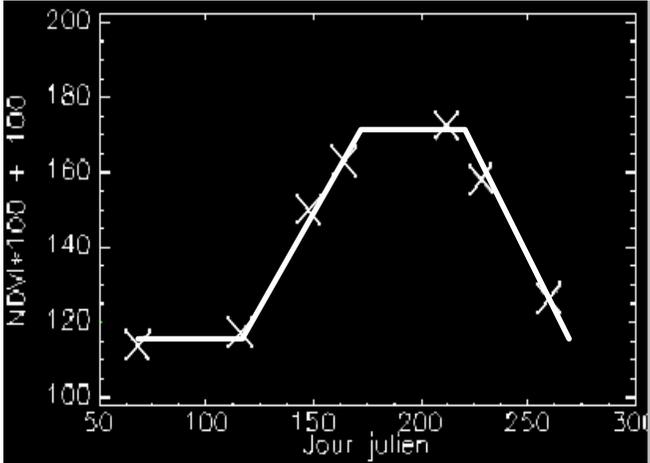
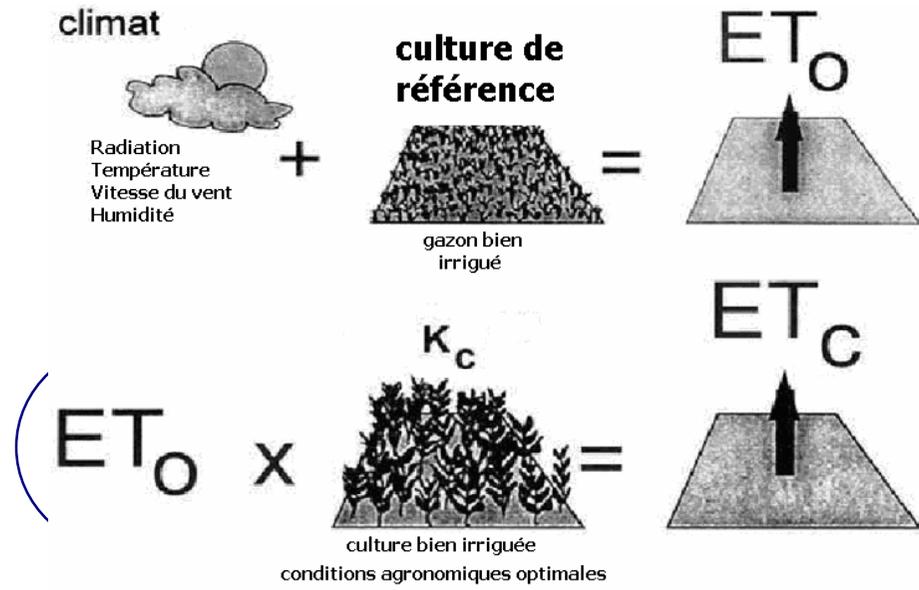
Exemple de relation NDVI – Coefficient cultural



Allen, Morse and Tasuni, 2003 (modèle SEBAL)

ICID Workshop on Remote Sensing of ET for large regions, Montpellier, 17 Sept. 2003

Estimation de l'évapotranspiration

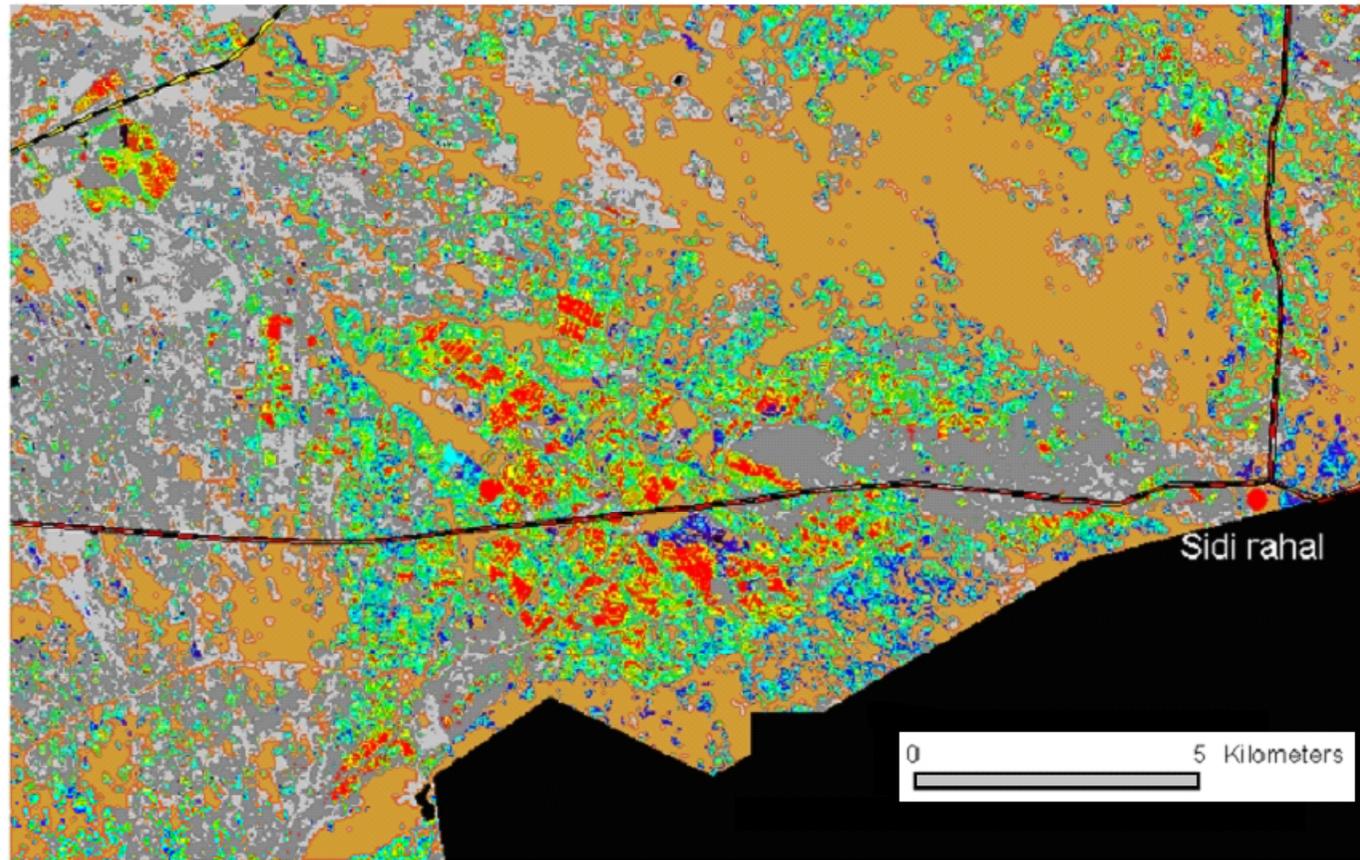


$$K_c = 1.7 (NDVI - NDVI_{min})$$

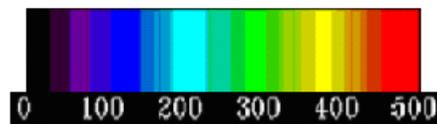
Haouz, Secteur irrigué R3

Estimation de l'évapotranspiration spatialisée

Evapotranspiration cumulée du 01 Septembre 2002 au 31 Juin 2003



Autres classes

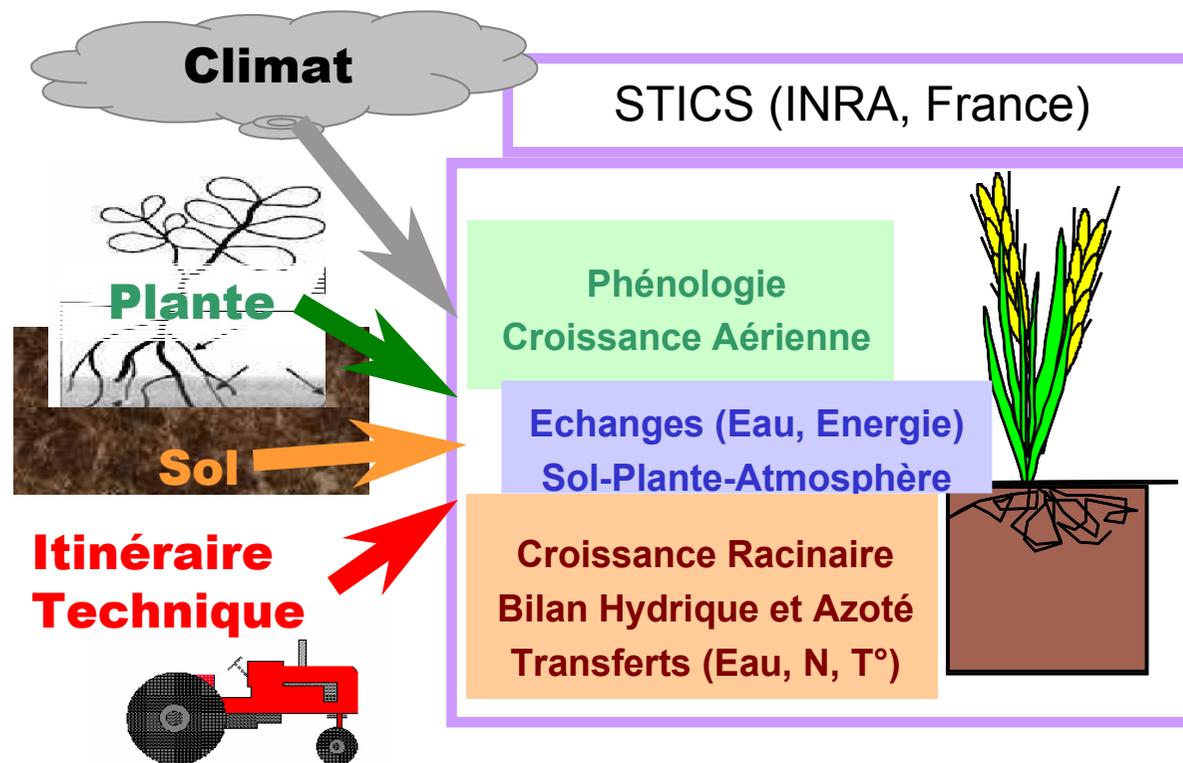


Evapotranspiration (mm)

MODELISATION (Modèle agronomique)

STICS, INRA + *adaptation aux zones arides irriguées*

Modèle STICS + "pilotage" par des données satellitales pour estimer le rendement et l'évapotranspiration des céréales à l'échelle du Haouz.



→ Génère des simulations en conditions agricoles

→ Décrit le cycle croissance-maturité-sénescence

→ Représente les interactions entre le sol, la plante et le climat

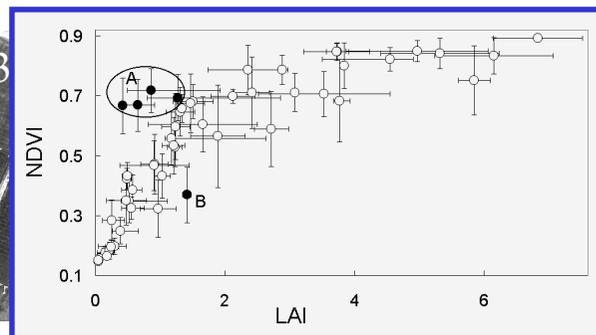
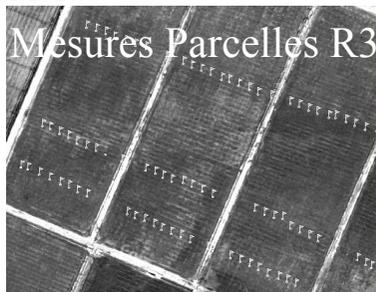
→ Etablit les bilans (sol) en eau et en azote

B. Duchemin, R. Hadria, A. ErRaki, G. Chehbouni, G. Dedieu

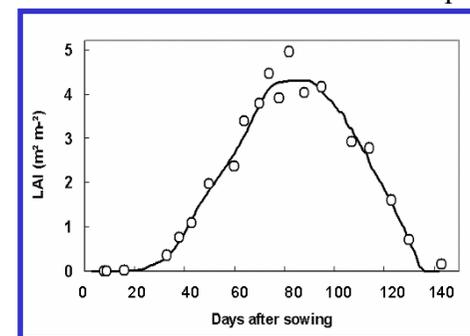
Calibration du modèle *Résultats obtenus au Mexique et en cours au Maroc*

Mesures de Réflectances + Relation Indice de Végétation / Indice Foliaire (NDVI / LAI)

Maroc

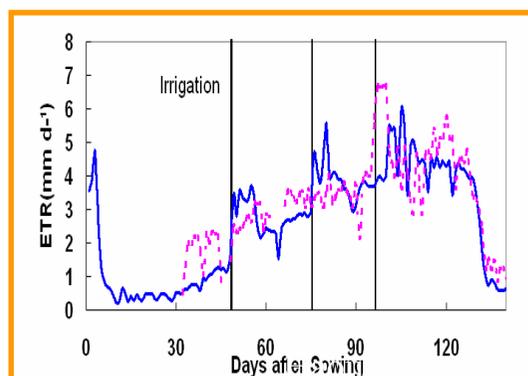
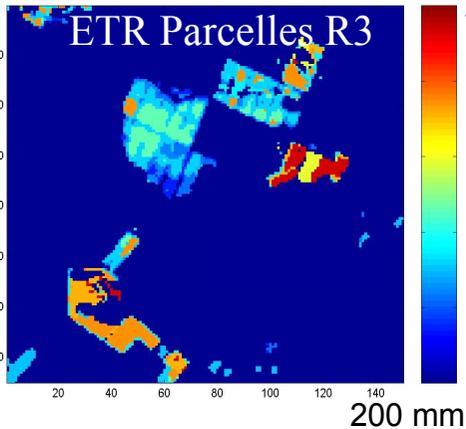


Mexique

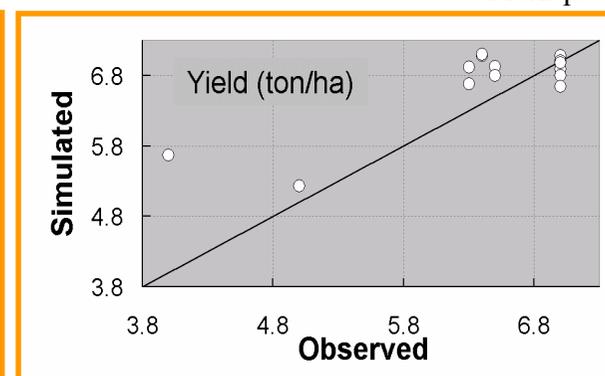


Performances du modèle

Maroc

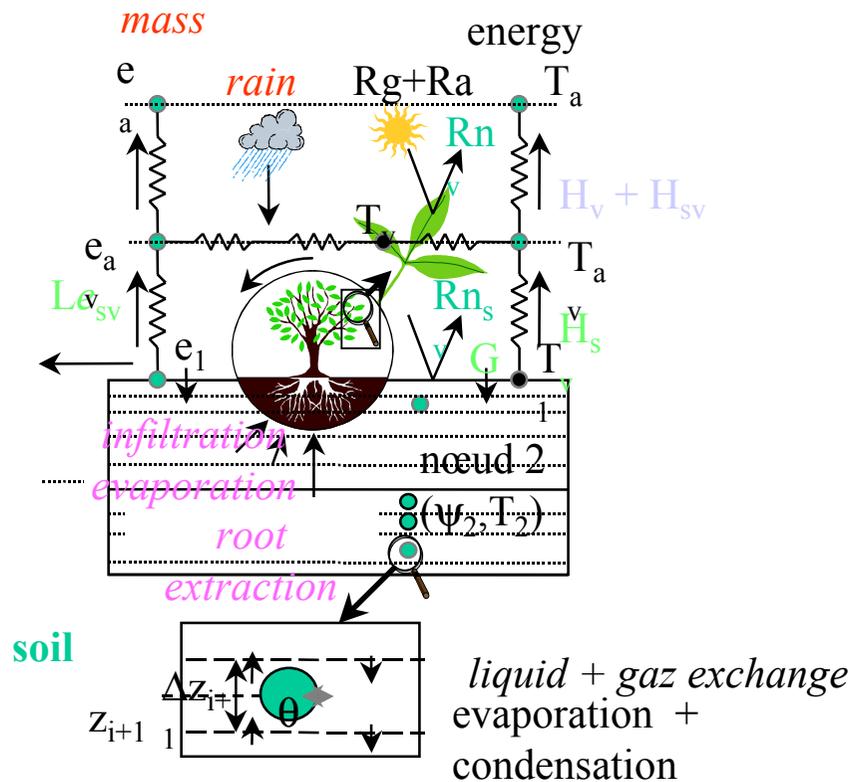


Mexique



MODELISATION (Modèle physique)

SISPAT



Le modèle (SISPAT) tient compte de :

- L'effet d'écran radiatif de la végétation.
- L'effet de l'écran cinétique de l'intensité de précipitation (réservoir d'interception).
- L'effet d'écran aérodynamique.
- L'entretien de conditions d'humidité et de température entre le sol et la végétation

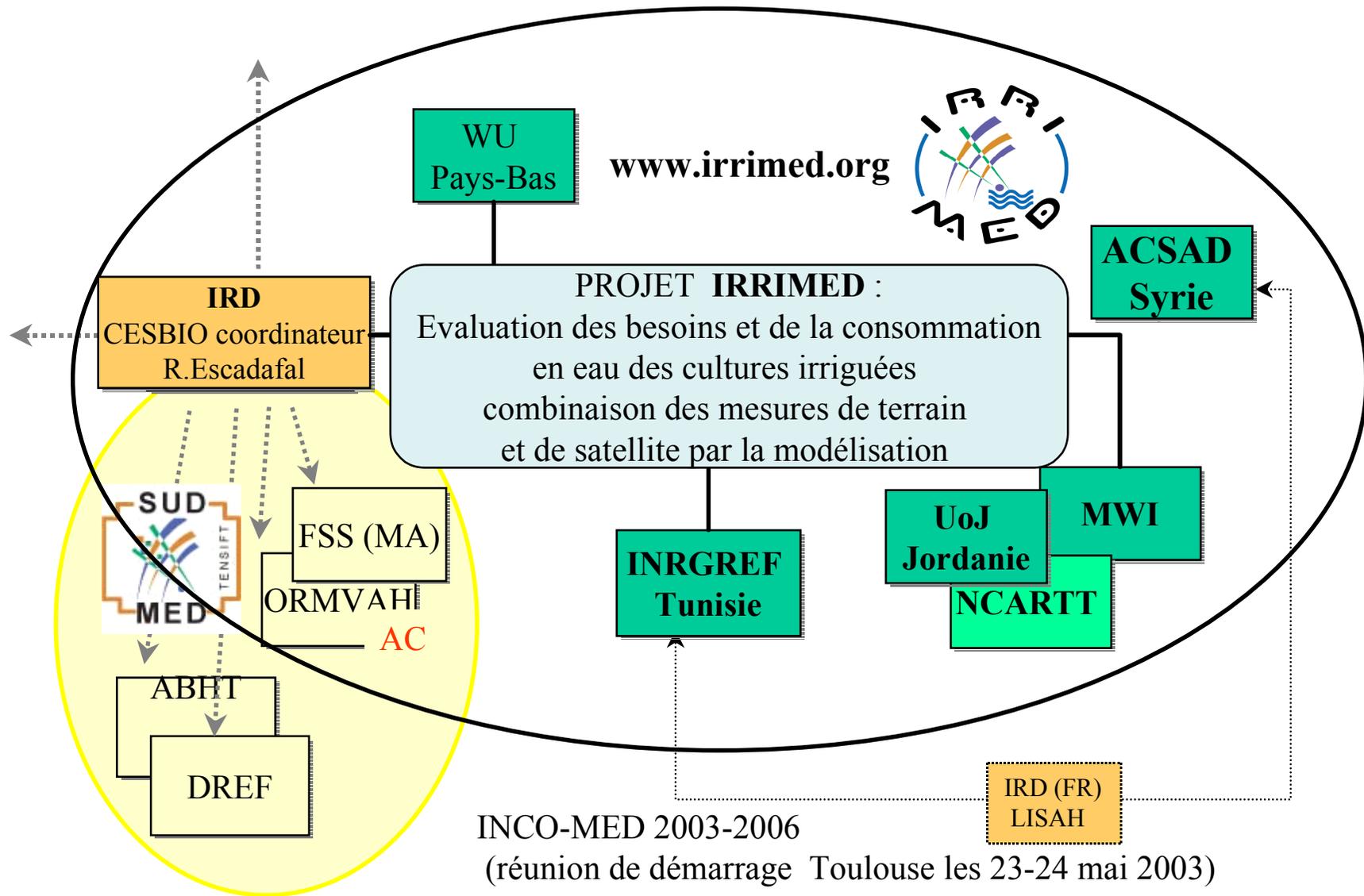
Autres modèles : **SVAT SIMPLE, SVAT Force-Restore**

G. Boulet

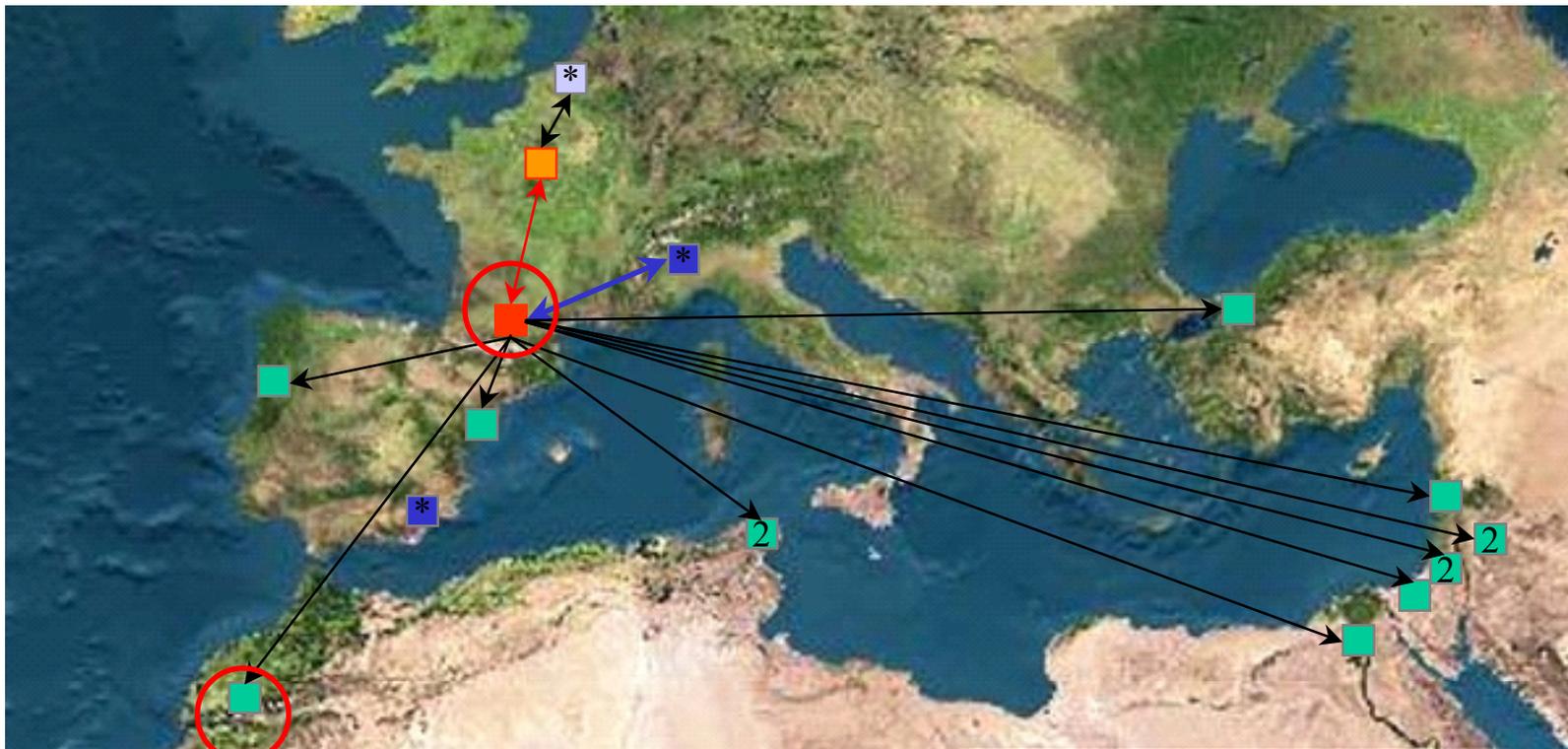
Opérations en cours et perspectives (2004-2005)

- Renforcement et mise en réseau des stations de mesures (météorologiques, hydrologiques, traçage isotopique, notamment).
- Comparaison et couplages des approches en modélisation
- Adaptation des méthodes de spatialisation des modèles (irrigué et pluvial)
- Mobilisation des compétences complémentaires : dimensions socio-économique, juridique,...
- Mise en place d'un système d'aide à la décision pour la gestion de l'eau
- Dimensions Euro-Méditerranéenne : Projets IRRIMED + LandWaterMED (www.irrimed.org, www.landwatermed.net)

Coopération Euro-méditerranéenne (1)



Coopération Euro-méditerranéenne (2)



Geo-Information for sustainable management of Land and Water resources in the MEDiterranean region

- * European Commission DG Research INCO-MED
- * European Commission , Joint Research Center : II
- IRD Institut de Recherche pour le Développement
- IRD CESBIO, Coordinateur R.Escadafal
- Network Members

PROJET LandWaterMED
 réseau thématique INCO-MED 2001-2004
 (la dernière réunion s'est tenue en à Amasya en Turquie les 14-15 juin 2003)
 État de l'art et prospective régionale sur la géomatique pour la gestion de l'eau et des terres
www.landwatermed.net