



L'irrigation de précision pour une meilleure valorisation de la ressource en eau





- **L'irrigation dans des conditions pédoclimatiques et culturelles complémentaires**
- **Un partenariat pour proposer des technologies précises pour une meilleure gestion de l'irrigation.**
- **Un groupe de scientifiques et d'ingénieurs capables de transférer rapidement au champ ces nouvelles technologies.**

Les partenaires :

- En France : ACMG, CEMAGREF, ANPN, HORTIS Aquitaine, CIREA
- En Espagne : IMIDA (Région de Murcia), IVIA (Région de Valencia), IRTA (Région de Catalogne)
- Au Portugal : ISA (Lisbonne)

Sous la coordination de l'AREFLH

Remerciements : On tient ici à remercier les responsables **d'INTERREG III B SUDOE** pour leur aide financière sans laquelle ces échanges très fructueux n'auraient pas pu avoir lieu avec autant d'efficacité. Espérons que lors des prochaines crises de sécheresse sévère, ces connaissances seront déjà mises en œuvre de manière à en atténuer les conséquences.

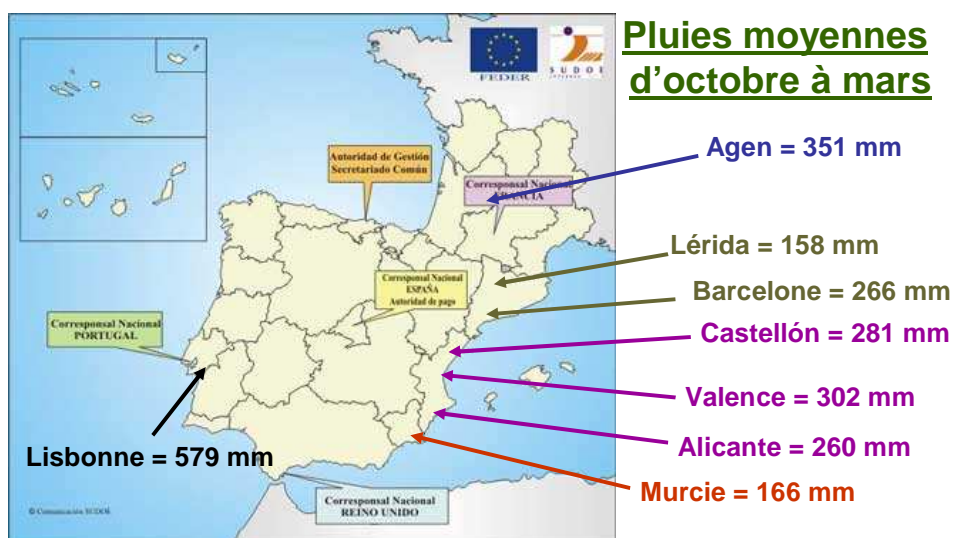
Sommaire

I.	Des contraintes Hydriques de plus en plus forte	4
II.	Les résultats de l'enquête auprès des irrigants	6
III.	Piloter plus précisément son irrigation en tenant mieux compte du climat	8
IV.	Piloter plus précisément l'irrigation sous abri en culture hors-sol	10
V.	Piloter plus précisément l'irrigation pour les légumes de plein champ	11
VI.	Piloter l'irrigation en arboriculture et viticulture	13
VII.	Autres indicateurs pour une prise de décision visuelle	18
VIII.	Irrigation de précision et télédétection aérienne	19
IX.	La Diffusion	20
X.	Les partenaires	21

I. Des contraintes Hydriques de plus en plus forte

Le Sud-Ouest de l'Europe, bien que soumis au flux océanique, est très fortement concerné par le changement climatique qui accroît la variabilité des précipitations et augmente les besoins en eau lors des poussées chaudes de Sud de plus en plus fréquentes. On observe un décalage vers le Nord des contraintes hydriques qui amplifie le déficit moyen durant la période principale de culture d'avril à septembre (Voir carte 2) alors que la ressource en eau pluviale d'octobre à mars reste insuffisante sur tout sur le pourtour Méditerranéen (Voir Carte 1).

Du Sud-Ouest de la France à Murcie et Lisbonne, des cumuls moyens de pluie très différents pour refaire le plein des réserves hivernales



Des pluies estivales et des besoins très variables d'une région à l'autre



PRECIRIEG est né de rencontres organisées par l'AREFLH qui ont permis de mieux prendre en compte l'extrême diversité des modes de gestion de l'eau d'irrigation, résultats de l'histoire, du climat, du sol et des hommes. Après avoir créé un groupe associant à la fois des chercheurs, des expérimentateurs et des structures de conseils en pilotage de l'irrigation, l'idée a été, sur une période d'un an et demi en 2007 et 2008, de :

- **Partager les acquis** et les évaluer avec le regard croisé des autres partenaires.
- **Sélectionner des méthodes de pilotage d'avenir** intégrant des principes de l'agriculture de précision et capables d'être appliquées à grande échelle par les irrigants ou leurs services de conseils.
- **Tester une ou plusieurs de ces méthodes** et écrire des procédures d'application pour celles qui apparaîtront comme garantes d'un gain économique tout en diminuant les consommations en eau et les risques de pollutions diffuses.
- **Diffuser le plus largement possible les résultats.**

Cette brochure tente de partager ces acquis en présentant la contribution majeure de chaque partenaire, ses conclusions et/ou les orientations prises. Davantage de détails sont disponibles sur le site www.precirieg.net ou directement auprès des dix participants à ce travail dont on trouvera les coordonnées en dernière page.

Sous la coordination administrative de l'AREFLH, ce sont neuf partenaires techniques Portugais, Espagnols et Français qui ont contribué au succès de PRECIRIEG. Chacun dans son domaine de compétence a apporté des connaissances précises sur des domaines souvent complémentaires de la gestion de l'eau et du pilotage de l'irrigation. Nous allons les présenter en essayant de ne pas hiérarchiser leur contribution mais plutôt en suivant un cheminement partant du général au particulier et de la recherche à l'application au terrain.

Pour chaque sujet développé, nous avons essayé de résumer ce qu'un producteur irrigant devrait retenir pour qu'il puisse appliquer dès que possible ces principes sur son exploitation.

II. Les résultats de l'enquête auprès des irrigants

Responsable de l'élaboration du questionnaire d'enquête, le CEMAGREF a permis de faire ressortir **d'importantes différences de fonctionnement d'une région à une autre** et que l'Histoire permet de comprendre.

Les régions Méditerranéennes ont une longue histoire et la ressource en eau (environ 4000 m³ / ha) **est attachée à la terre et est incluse dans son prix d'achat**. L'irrigation par gravité est une technique ancestrale qui a un coût de fonctionnement faible mais dont l'efficacité est médiocre en tant qu'efficience de l'eau. Plus récemment, le Sud-Ouest de la France et la région de Lisbonne ont développé l'irrigation sous pression au travers de réseaux et de systèmes d'apport par aspersion ou goutte-à-goutte. Dans ces zones, la ressource en eau n'est pas toujours garantie car les travaux de stockage, pour créer des ressources disponibles au moment des étiages, sont ralentis depuis une décennie suite à des contraintes environnementales. Paradoxalement, ce sont ces nouvelles zones de développement de l'irrigation qui sont les plus en demande d'outils précis de gestion de l'eau.

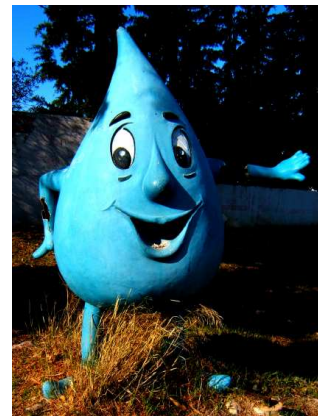


Photo C. Isbérie

En Espagne, le remplacement et de développement d'une irrigation moins gourmande en eau est en cours mais il se heurte en ce moment au renchérissement du coût du KWh électrique poussé par une forte demande pour la climatisation.

Ce sont les crises climatiques et notamment les longues périodes de sécheresse ou des poussées chaudes de Sud qui « réveillent » les acteurs de la gestion de l'eau et incitent à faire les investissements nécessaires.

Parmi les 1691 agriculteurs enquêtés, 366 ont répondu, représentant une surface agricole d'environ 23.300 ha, dont 17.500 ha irrigués. 66 résultats d'enquête arrivés tardivement n'ont pas pu être pris complètement en considération mais ils seront utilisés pour la publication scientifique prévue sur l'ensemble de ce travail d'enquête.

Tous les systèmes d'irrigation ont été représentés, avec cependant une majorité pour l'irrigation localisée dans toutes les régions.

En ce qui concerne l'**accompagnement technique et/ou les incitations**, leur poids dans la décision de réaliser ou non un pilotage plus rationnel de l'irrigation est important. La continuité des efforts accomplis (encadrement technique, entreprises ou associations, incitations financières et/ou régionales), leur régularité et une fréquence adaptée aux besoins s'avèrent cependant essentielles pour que l'agriculteur de son côté continue son effort et reste motivé. Dans les recommandations aux organismes et administrations en conclusion du projet, cela reste un point important à souligner. Un effort trop ponctuel perd vite sa pertinence, et mieux vaut un peu moins d'investissements, mais sur la durée...

Pour beaucoup d'agriculteurs, les **améliorations** du matériel de distribution sont associées à une sensibilisation aux techniques de pilotage. La tendance va vers un accroissement (encore) de l'**irrigation localisée** qui va de pair avec la création de **réservoirs**, indispensables dans certaines régions (Murcia) pour assurer qualité de l'eau et contrôle des doses fréquentes, ainsi que vers un meilleur contrôle des apports (débitmètres, compteurs).

En ce qui concerne la fourniture d'eau, équipements collectifs et prélèvements individuels sont presque à égalité sur l'ensemble de l'échantillon, mais avec des différences régionales. Il est intéressant également de noter la **très grande disparité des prix de l'eau mentionnés** (tableau suivant) :

	Prix moyen/m ³	Prix min./m ³	Prix max./m ³
Catalogne	0,123 €	0,030 €	0,900 €
Valencia	0,181 €	0,070 €	0,800 €
Murcia	0,246 €	0,240 €	0,300 €
SO France	0,064 €	0,030 €	0,150 €

En cas de restriction d'eau, les régions du sud (Murcia) vont plutôt réduire leurs surfaces cultivées, lorsque c'est possible (maraîchage), celles plus au nord (France) réduire les doses...

Concernant les **motivations pour améliorer leur pilotage de l'irrigation**, c'est d'abord le souhait d'utiliser au mieux l'eau disponible qui apparaît, pour une grande majorité des agriculteurs.

Quant aux **modalités pratiques de recueil des données**, en cas de mesures, elles restent très traditionnelles, avec une majorité de relevés manuels sur papier sur le terrain.

Les **demandes des agriculteurs, vis-à-vis de leur environnement technique**, vont d'abord vers des suivis personnalisés "clef en main", et seulement ensuite vers des formations..., les conseils sur des cultures ou parcelles spécifiques étant particulièrement prisés. On remarque également que dans les motivations d'amélioration apparaît également, de façon non négligeable, les problèmes de **surirrigation**..., surtout dans le Sud-Ouest français et dans la région de Valencia.

Si beaucoup d'irrigants connaissent des méthodes de pilotage de l'irrigation, peu les appliquent systématiquement, sauf lorsque leur ressource en eau est limitée, chère ou insuffisante. Pour certains c'est un guide, pour d'autres un moyen de se recaler ou décider le meilleur moment pour démarrer, arrêter et reprendre un tour d'eau, d'autres souhaitent une méthode simple pour passer de la mesure à une prise de décision optimisée.

La grande majorité est consciente de la nécessité de devoir mieux gérer une ressource limitée. Beaucoup attendent des pouvoirs publics des aides pour mettre en application des méthodes fiables et précises du pilotage de leur irrigation et peu se rendent compte qu'ils pourraient déjà commencer en finançant leur système sur les économies d'eau réalisées.

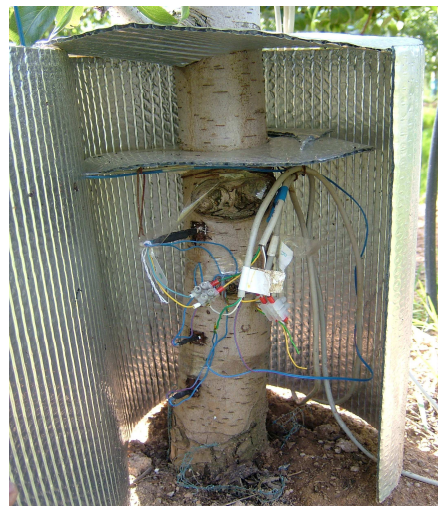
C'est vrai que pour moi aussi le coût de l'eau, certaines années sa rareté, le coût de l'énergie qui augmente, associé au fait qu'une culture bien irriguée c'est la garantie d'un rendement et d'une qualité plus réguliers et satisfaisants, me pousse à réfléchir l'optimisation du pilotage de mon irrigation.

III. Piloter plus précisément son irrigation en utilisant le concept de l'évapotranspiration de référence (ETP ou ETo)



Deux équipes travaillent dans cette démarche, une à Lisbonne (ISA) en **déterminant les flux d'échange d'eau entre la surface (sol et plantes) et l'atmosphère pour arriver aux coefficients culturels ($ET_c = K_c \cdot ETo$)** et l'ACMG qui propose une prévision de l'ETP pour les huit jours à venir.

Au-dessus de la canopée d'un verger de poiriers, l'équipe de l'ISA a mesuré finement les flux instantanés de vapeur d'eau (évapotranspiration) correspondante à l'évaporation culturelle en conditions de confort hydrique (ET_c), qu'elle a comparée aux flux de sève mesurés directement dans le tronc des arbres (Méthode *Granier*) et aux pertes par évaporation du sol (méthode gravimétrique). L'utilisation de techniques complémentaires a donné la garantie d'obtenir des valeurs absolues correctes et pour toute la saison.



Après avoir établi un bilan précis entre les pertes d'eau du sol par évaporation, incluant l'eau consommée par le gazon et l'eau effectivement transitée par la sève vers les feuilles où elle s'évapore, ils concluent que **les véritables consommations des arbres fruitiers** (ici des poiriers) **sont bien inférieures aux recommandations** que l'on trouve généralement utilisées dans les manuels d'utilisation courante (e.g., FAO 56)¹. Par exemple en août, il est démontré que la transpiration des arbres est en moyenne journalière de seulement 1,3 mm, auxquels il faut rajouter 1,3 mm pour l'évaporation du sol (qui se poursuit durant la nuit surtout lorsque les sols sont plus chauds que l'air), ce qui cumule seulement 2,6 mm/j en moyenne à comparer avec un ETo calculé de 3,5 mm/j. **Il y a donc là une piste certaine d'économie d'eau** puisque le coefficient K_c obtenu est de seulement 0,7 (dans ce cas, ajusté à des conditions locales) à comparer avec le coefficient de 1,0 souvent utilisé. Au-delà on pourrait encore exploiter l'irrigation déficitaire ce qui reste à exploiter comme le démontre plus loin l'équipe de l'IVIA.

En parallèle à ce travail de recherche expérimentale très pointu, l'ACMG a mis en place pour le Sud-Ouest de la France, un **modèle de calcul de l'ETP** journalier basé sur un algorithme mis au point à l'Université de Davis en Californie. Cet indice, valable pour les huit jours à venir, est **publié deux fois par semaine sur les bulletins de l'ACMG** transmis à plus de 3500 personnes (voir exemple ci-joint). Le test comparatif avec les mesures effectuées sur des stations Adcon et Cimel démontre un léger optimisme de l'ordre de 10% qui a été corrigé en 2008.

¹ Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 p.

*Pour apporter juste l'eau qu'il faut, je dois estimer les besoins de la plante aujourd'hui, les jours passés, mais surtout **anticiper la demande en eau des jours à venir**. Et puis lorsque la ressource est vraiment diminuée, il me faudrait essayer d'appliquer ces principes d'irrigation déficitaire, au moins pour de courtes périodes.*

IV. Piloter plus précisément l'irrigation sous abri en culture hors-sol

La question du pilotage de l'irrigation de plantes en serres conduites en hors sol a été travaillée par l'équipe d'Hortis Aquitaine, Sainte-Livrade. Leur but est de proposer aux producteurs des outils de mesure fiables et capables d'être automatisés de manière à réduire la consommation hydrique et à limiter les rejets d'effluents.

Ils ont testé plusieurs sondes capables de suivre l'humidité dans trois types de substrat (tourbe plus écorce de pin, tourbe et pain de laine de roche) suivant deux modes de conduite (conduite avec 20 à 30% de drainage et sans drainage).



Ils concluent à l'efficacité des ces sondes de type capacitif qui permettent d'économiser **de 20 à 30% des apports** mais il reste maintenant à préciser les modes de pilotage sur d'autres types de substrat et sans doute à intégrer des capteurs de salinité.

Les fertilisants coûtent cher et je sais que les racines ont besoin d'air pour bien fonctionner. Je peux moi aussi installer des capteurs pour automatiser la fertirrigation, ce qui économisera de l'eau, des engrais et du travail.

V. Piloter plus précisément l'irrigation pour les légumes de plein champ

Deux partenaires spécialistes de cette question ont apporté leur contribution, ce sont IMIDA, sur cultures d'artichauts et de salades dans la région de Murcia, et HORTIS Aquitaine sur cultures d'asperges dans les Landes.

L'équipe d'IMIDA a tout d'abord démontré **l'intérêt de réduire les apports d'irrigation à hauteur de 50%** de l'ETc si l'on veut éviter les pertes par drainage des nitrates vers les nappes tout en garantissant une production normale. Pour cela ils ont utilisé des cases lisimétriques équipées de sondes capacitatives EnviroScan® pour le suivi fin de l'évolution de l'humidité volumique du sol sur 50 cm de profondeur.

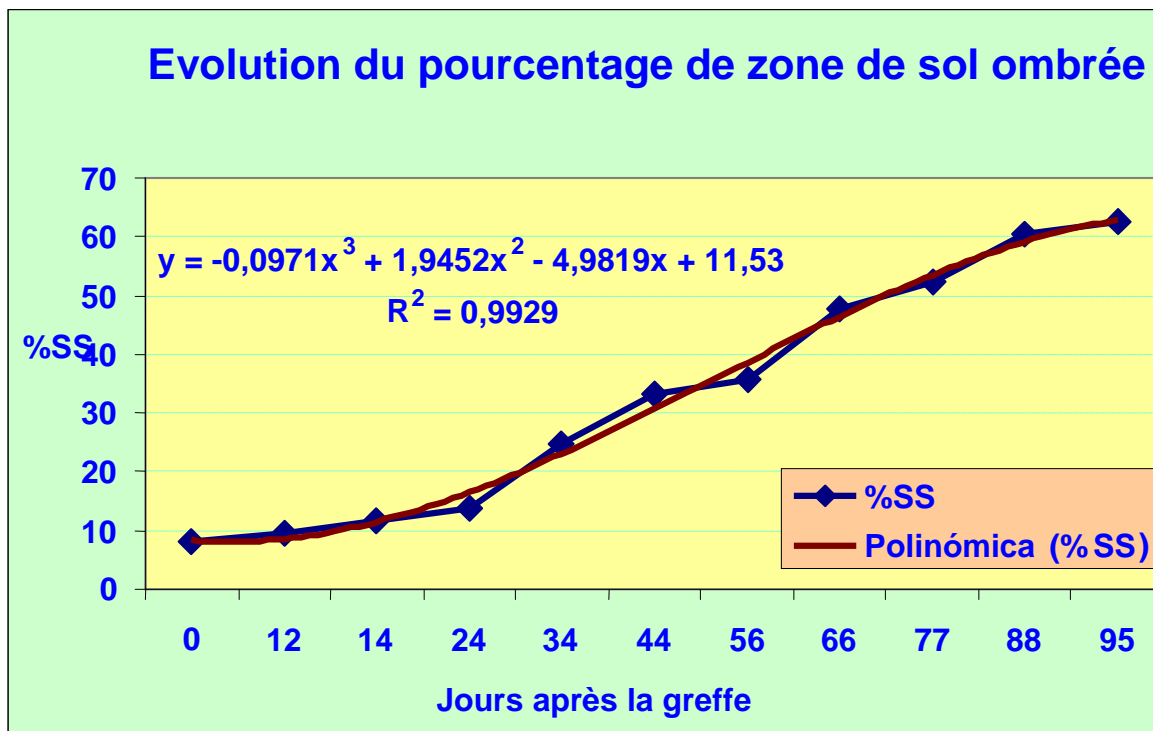


Durant le même temps Hortis Aquitaine a suivi une parcelle d'asperges chez un producteur des Landes où ont été installés six sondes tensiométriques Watermark® avec un enregistreur Monitor et 14 tubes de mesures avec un Diviner® 2000, appareil portatif de mesure de l'humidité du sol et basé sur la mesure capacitive et capable de suivre jusqu'à 99 tubes pouvant aller jusqu'à plus de un mètre de profondeur.



Ils concluent que compte tenu de l'hétérogénéité des parcelles et de la variabilité du développement des racines, il est judicieux d'installer trois lieux de mesure. Ils démontrent que cette culture, notamment la variété Darlise, est **capable de s'adapter aux contraintes hydriques** avec presque une surconsommation après une irrigation ou de fortes pluies et une capacité à réduire ses besoins durant les périodes sèches. Cependant ils n'ont pu conclure, au non-effet de ces périodes stressées sur le rendement de l'année suivante, ce qui est une des pistes à explorer.

L'équipe d'IMIDA a étudié finement le comportement de consommation de salades au printemps et la relation entre la surface foliaire et les besoins en eau. Leur objectif était d'**ajuster les coefficients cultureux de consommation d'eau à la surface ombrée par le feuillage et à l'indice de végétation.**



On constate que c'est au bout de 25 jours après la plantation que la surface foliaire couvre environ 20% du sol et qu'elle atteint, suivant le dispositif choisi, le seuil de 50% au bout de 70 jours, le maximum étant de 60% à partir du 80^{ème} jour. La méthode de la tensiométrie s'applique parfaitement pour ce type de pilotage où les seuils de déclenchement des apports ont été fixés entre 20 et 25 KPa.

Moi non plus, je n'ai pas envie de payer cher des engrais qui vont se perdre en dessous des racines. A la place, il vaut mieux que je passe plus de temps à suivre l'humidité réelle du sol de ma parcelle sur la profondeur d'enracinement. L'investissement en temps et en matériel sera vite rentabilisé.

VI. Piloter l'irrigation en arboriculture et viticulture

Quatre partenaires ont travaillé sur des moyens pour piloter plus précisément l'irrigation avec l'objectif, sinon de réduire les apports habituels, pour le moins d'apporter « juste l'eau qu'il faut, quand il faut et là où il faut » ; ce sont l'IVIA de Valence sur des agrumes, l'IRTA sur la vigne, la pêche et la pomme, le CIREA sur la pomme et l'ACMG sur noyers, pommiers et pruniers d'Ente.

L'IVIA a appliqué les principes de **Irrigation Déficitaire Régulée afin de réduire les quantités d'eau apportées durant les périodes où un stress hydrique limité ne produit pas de réduction du rendement**, c'est-à-dire de juillet à septembre, lorsque le réflexe de chute physiologique des fruits est terminé. Le principe est de suivre simultanément l'état hydrique du sol à l'aide de sondes EnviroScan® et de reprendre des irrigations normales, suivant les conseils du Service Technologique d'Irrigation de l'IVIA, lorsque le potentiel foliaire, mesuré en milieu de journée sur des feuilles enfermées au moins une heure avant la mesure dans les poches réduisant la photosynthèse, atteint -1,3 MPa.



Ils concluent, à partir d'un cycle de mesures estivales incluant une période quasiment sans pluie de mai à août, que l'Irrigation Déficitaire Régulée (IDR), permet d'économiser entre 20 et 33% d'apports d'eau sans impact sur le calibre des fruits, avec une légère amélioration de la qualité sur une variété et pas de différence sur l'autre. Il reste maintenant à contrôler l'impact sur la croissance des arbres et vérifier la possibilité de piloter directement avec des sondes EnviroScan® car l'utilisation de la marmite à pression (potentiel foliaire) est lourde à mettre en œuvre pour une utilisation de routine ou dans le cadre d'un service de conseil.

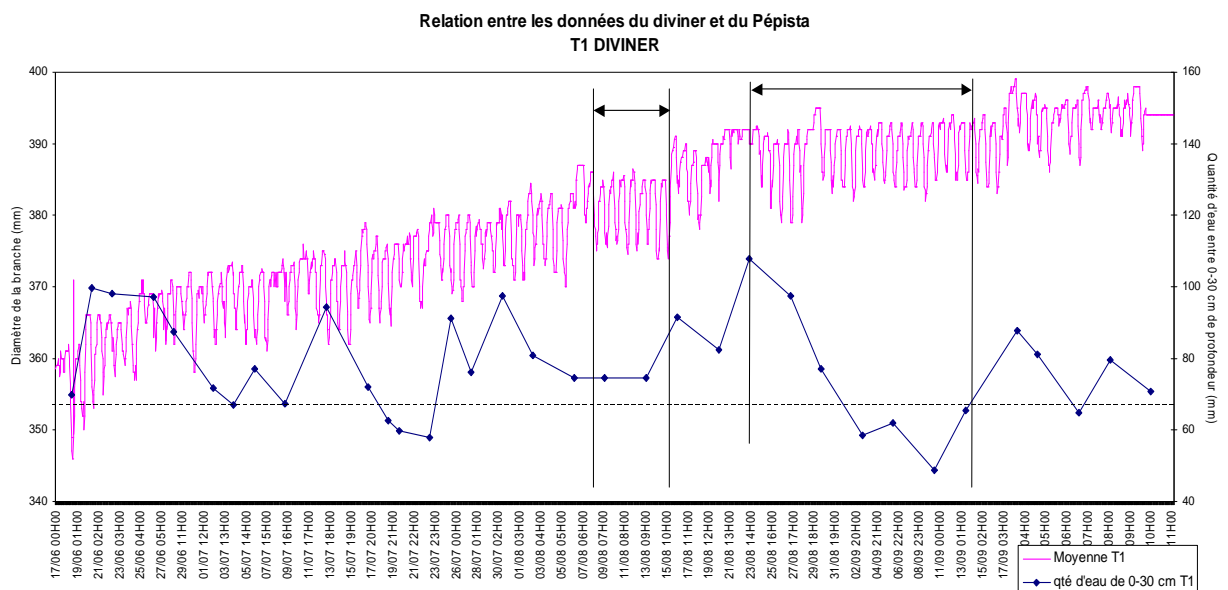


Suivant également un objectif similaire, à savoir juste apporter la quantité d'eau nécessaire, le **CIREA** a comparé les résultats de rendement de parcelles d'essai de pommiers pilotées à l'aide du Diviner® 2000 avec les messages de conseils diffusés par l'ACMG, en assurant simultanément des contrôles à l'aide de tensiomètres et d'un capteur de micromesure du diamètre des branches de type Pépista.

Erreur !



Avec une pluviométrie relativement élevée en saison, les résultats de rendement, calibre et qualité et les irrigations sont quasiment identiques suivant les deux méthodes avec une période de stress plus réduite avec le Diviner®.

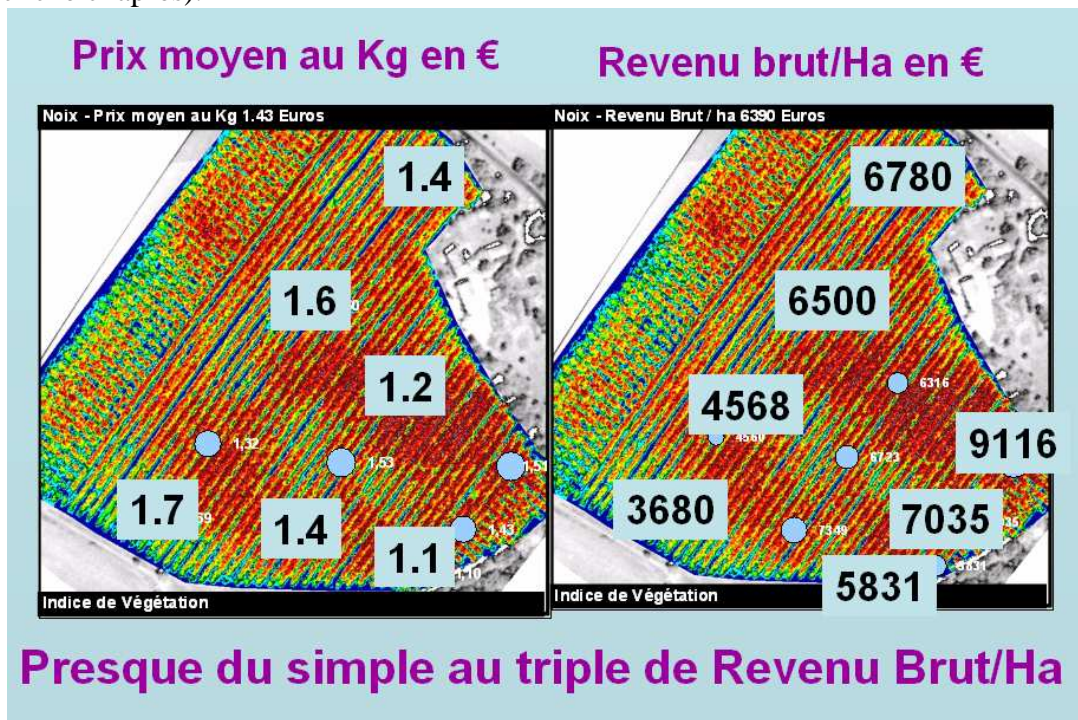


Cette équipe témoigne que l'outil portatif Diviner® 2000 permet de suivre l'évolution réelle de la réserve hydrique du sol sans perturbation du sol au lieu de la mesure et d'appliquer juste la dose d'irrigation nécessaire. Compte tenu des caractéristiques particulières à chaque parcelle comme la variété, le type de sol, la profondeur d'enracinement ou la charge, ils indiquent qu'un message de conseil général ne peut être aussi précis qu'une décision objective prise à la suite de l'analyse de mesures in situ comme le permettent plusieurs types de sondes et de capteurs aujourd'hui disponibles.

L'ACMG, qui avec la Chambre d'Agriculture de Lot-et-Garonne est justement à l'origine de ces messages d'information et d'appui technique aux irrigants, est bien consciente des limites d'un bulletin à vocation généraliste et c'est pour cela qu'elle poursuit la modernisation de ses services de pilotage d'irrigation en s'engageant sur la voie de l'application des mesures capacitatives de l'humidité du sol telles que développée en Australie par la Société Sentek avec les sondes fixes EnviroScan® et EasyAg ou le système portatif Diviner® 2000.

Dans le cadre de PRECIRIEG, elle a travaillé sur le protocole d'installation de sondes fixes numérisées de manière à tenir compte des hétérogénéités de sol et suivre l'évolution fine et réelle des prélèvements des végétaux dans le sol. Pour cela elle a équipé plusieurs vergers de sondes fixes EnviroScan® et de tubes pour des mesures complémentaires au Diviner® 2000 avec au moins trois sites de mesure dans chaque zone homogène préalablement relevées par

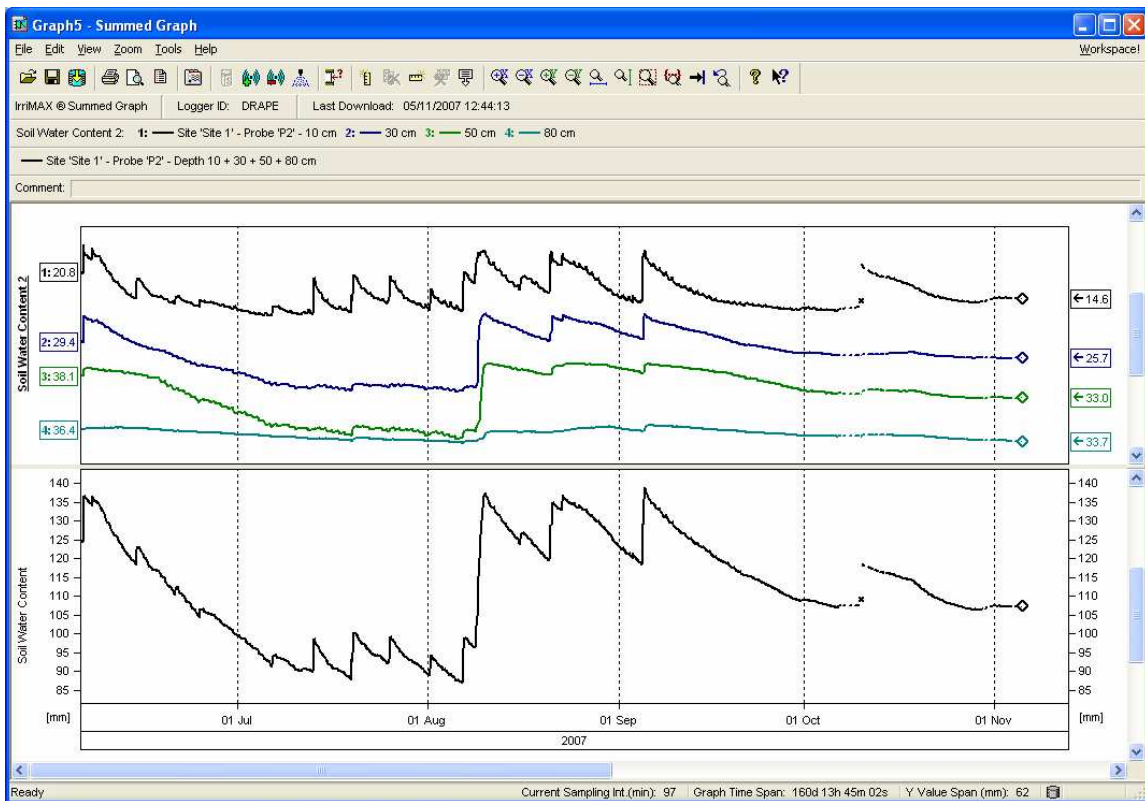
télédéttection aérienne et où ont été effectués des suivis localisés de rendement économique (voir cliché ci après).



Cartographie de l'indice de végétation du verger de noyer avec à gauche le résultat du prix moyen au kilo et à droite le revenu brut en €/ha qui démontre que c'est le rendement qui reste le facteur principal du revenu. On notera que ce sont les zones à indice de végétation élevé (rouge) qui produisent le plus.

La première étape vise à créer un zonage homogène autour d'un ou deux points représentatifs où les mesures sont effectuées en continu de manière à suivre avec une précision du centième les évolutions de la réserve hydrique du sol suivant plusieurs niveaux.

La mesure d'indicateurs comme la circonférence des troncs, la répartition du profil racinaire, l'indice de végétation, le taux d'argile du sol, sa réserve hydrique, la charge en fruits des arbres (la qualité, le nombre et le calibre en fin de cycle), servent à **préciser les modalités de pilotage de l'irrigation afin d'éviter tout risque de stress à la plante**. Or les travaux ont démontré que ce n'est pas toujours le stress par défaut d'eau qui est le plus pénalisant dans les conditions climatiques du Sud-Ouest de la France, mais souvent un **stress par manque d'air lorsque la réserve hydrique est supérieure à la capacité au champ**. Il est démontré que, dans ces conditions, les racines ne peuvent transférer à la partie aérienne de la plante le débit suffisant, ce qui aboutit à un déficit d'évapotranspiration qui réduit le fonctionnement et peut entraîner, sans aller jusqu'à l'asphyxie, une diminution de l'efficacité du système racinaire. Cette situation s'observe généralement durant les 24 à 48 heures suivant un épisode pluvieux important ou lorsque l'apport d'irrigation est supérieur au volume disponible dans le sol pour accueillir cette eau.



Exemple de suivi de la réserve en eau au travers du logiciel IrriMAX sur 4 horizons séparés 10, 30, 50 et 80 cm (courbes du haut) et cumulé en bas. L'échelle des Y est en mm et les X représentent la date de juin à novembre 2007. Parcelle de pommier en sol sablo limoneux argileux.

L'application des principes de l'irrigation de précision, incluant la prévision de l'ETP pour les jours à venir, a permis en 2008, dans les vergers étudiés en 2007, de faire **réduire les apports par aspersion et en goutte à goutte de 30 à 50%** par rapport à ce que l'agriculteur aurait apporté, tout en favorisant le rendement et la qualité des fruits. Une grande partie des gains est venue de l'application du principe d'éviter que la réserve hydrique ne passe jamais au-dessus de la capacité au champ de manière à maintenir suffisamment d'air dans le sol en toute circonstance. Cela permet au système racinaire d'être en permanence actif et performant à la moindre sollicitation de l'arbre. Il reste à confirmer cet excellent résultat dans des situations climatiques plus stressantes comme par exemple celles de l'été 2003.

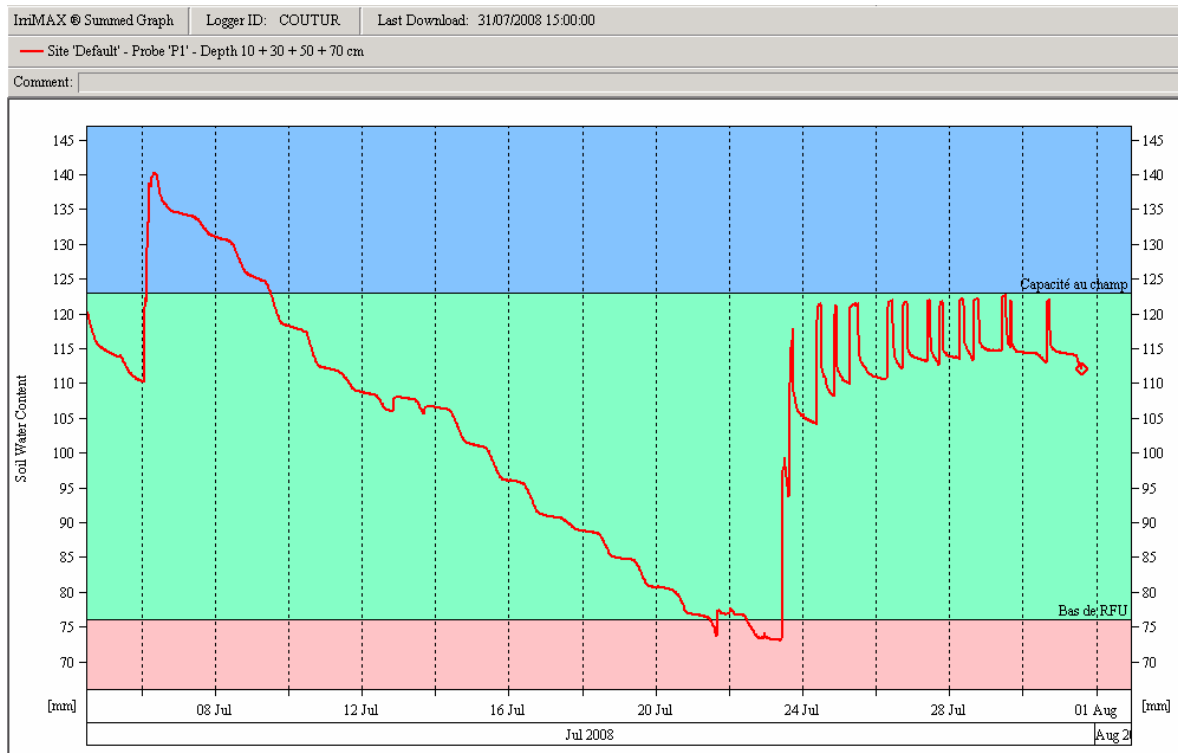
Implantation des sondes de mesures

L'IVIA a également travaillé la question du lieu idéal pour installer des sondes de mesure représentatives et suggère fortement de bien connaître les caractéristiques des profils de sol avant de décider du choix de ce lieu. Cet investissement en temps pendant la période de repos végétatif pour examiner le développement racinaire en divers lieux représentatifs d'une parcelle irriguée est indispensable si l'on veut pouvoir prendre des décisions objectives (Voir cliché ci après).



Exemple de profil racinaire effectué avant le démarrage de la végétation

Au total en 2008, 220 irrigants avec l'appui de l'ACMG et sa filiale Agralis Services, ont déjà appliqué les principes de l'irrigation de précision et notamment le protocole d'installation des tubes du suivi et de pilotage de précision dont voici un exemple sur pommier irrigué en goutte à goutte sur sol argilo sablo limoneux.



Evolution de la réserve cumulée sur les quatre horizons de mesure de 10, 30, 50 et 70 cm sans interpolation, soit CC = 123 mm = 12+35+36+40 mm, 76 mm de bas de RFU = 7+18+18+32 mm et 56 mm de PF = 4+15+14+23. Le sol est sablonneux et possède une faible RFU jusqu'à 15 ou 20 cm et il est ensuite très argileux et peu compacté ce qui permet une bonne exploration racinaire profonde et ainsi de pouvoir attendre au 23 juillet pour démarrer les apports. Par la suite on observe que les deux apports quotidiens maintiennent la partie des racines concernées par les apports juste en dessous de la capacité au champ, ce qui est recherché.

Ce travail a valu à l'ACMG de recevoir un Alcyon de la part de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne Voir <http://www.eau-adour-garonne.fr/page.asp?page=2467>

Et moi dans mes parcelles, est ce que j'ai autant d'hétérogénéité alors que j'arrose tout pareil ? C'est vrai que j'aimerais savoir s'il y a assez d'air et d'eau en même temps dans les racines. Cet hiver, je ferai des profils racinaires en comparant là où ça va et là où c'est moins bien et je chercherai à m'équiper avec ces nouveaux outils de pilotage de l'irrigation.

VII. Autres indicateurs pour une prise de décision visuelle

C'est l'équipe de l'IRTA de Lérida qui est à l'initiative d'un travail intéressant. Il s'appuie sur le fait que les irrigants n'auront pas toujours les moyens de s'équiper avec des sondes ou systèmes précis pour leur fournir des données objectives d'état hydrique du sol ou de la plante. Or les visites dans les parcelles sont très fréquentes et lors de ces déplacements des **symptômes visuels peuvent être observés**. Tout en mesurant finement l'état de confort hydrique des plantes à l'aide de la marmite à pression et autres sondes, l'équipe de l'IRTA a cherché à caractériser sur pêchers, vignes et pommiers, des états du végétal particuliers qui peuvent servir à alerter sur un état, par exemple les signes annonciateurs d'un début de stress.



Pêcher avec un potentiel foliaire en milieu de journée de -0,8 MPa.



Pêcher avec un potentiel à -1,9 MPa

Pour le pêcher, plusieurs planches descriptives d'une situation d'état hydrique sont maintenant établies et disponibles auprès du centre IRTA. Les planches pour la vigne sont en cours de finalisation et le même travail démarre pour la pomme où un verger est équipé d'une case lysimétrique de manière à faire des bilans très fins des consommations.

C'est vrai que j'ai souvent remarqué ces différences, mais je n'ai jamais pris le temps de les comparer à des mesures précises de l'état de l'eau et de l'air dans le sol. Ce serait un bon moyen pour amortir mon investissement de sonde sur une plus grande surface.

VIII. Irrigation de précision et télédétection aérienne

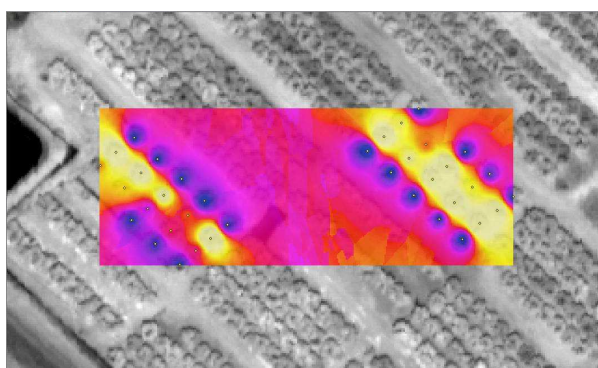
Afin de réduire les coûts de prise de décision objective de pilotage de précision, une autre approche serait d'**amortir l'information ponctuelle d'un lieu sur une zone la plus grande possible**. S'appuyant sur l'expérience de l'ACMG en matière de traitement d'images aériennes en proche infra rouge, l'ISA et surtout l'IMIDA, spécialisé sur le traitement de données spatiales, a mis en place une expérimentation pour tester ce principe sur le terrain. Ils ont sélectionné dans un verger des arbres avec une conduite d'irrigation variable de manière à exprimer des symptômes que la réflectance dans le visible et le proche infrarouge serait susceptible de laisser apparaître.



Cliché vertical en fausse couleur incluant les longueurs d'onde du vert, du rouge et du proche infrarouge au-dessus de vergers de la région de Murcie.

Un travail important de mesures fines et précises de l'état hydrique de citronniers a été conduit. La marmite à pression a été utilisée pour le potentiel foliaire de base et, en milieu de journée, les échanges gazeux ont été mesurés au niveau des feuilles afin de calculer le taux de photosynthèse, le taux de transpiration, la conductance stomacale, des sondes capacitatives pour établir l'état hydrique du sol. Après avoir provoqué un stress hydrique progressif sur une période de 50 jours, les valeurs de réflectance et d'indices de végétation ont été comparées avec ces informations ponctuelles.

Ils concluent que **le visible seul ne permet pas d'établir de relation fiable entre un état réel de stress et l'image observée**. Par contre le canal infrarouge est assez bien corrélé à la conductance stomacale et au taux de transpiration. Cela permet d'envisager sérieusement la possibilité d'**utiliser l'outil satellite ou aérien pour élargir à de vastes zones les informations précises et assez coûteuses d'un lieu**. C'est l'ambition du programme TELERIEG qu'une partie des partenaires de PRECIRIEG souhaiterait poursuivre.



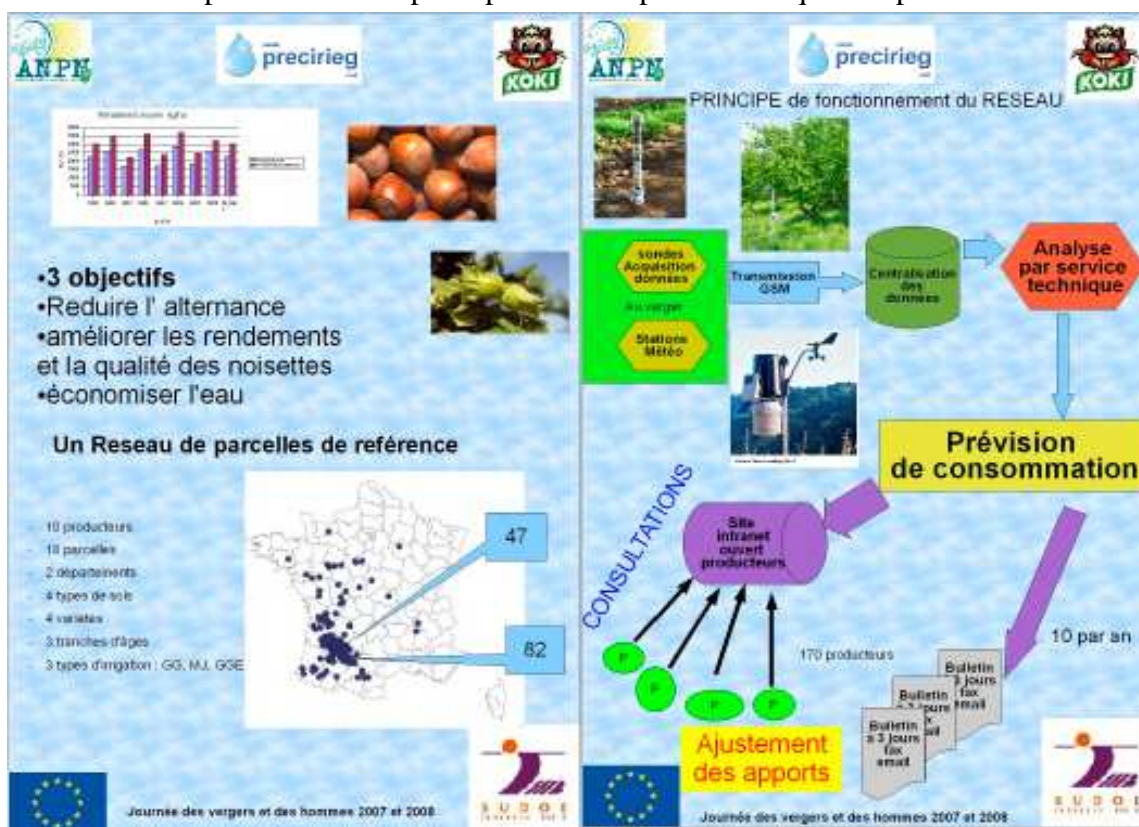
Exemple de cartographie de taux de photosynthèse avec des arbres bien irrigués aux cotés d'arbre en stress hydrique, obtenue à partir du traitement d'une image aérienne en proche infrarouge.

Déjà je peux utiliser les photos aériennes classiques pour mieux dessiner des zones homogènes de sol ou de végétation, ce qui m'aiderait à choisir les lieux d'installation des sondes numériques de mesure

IX. La Diffusion

Toute l'équipe de PRECIRIEG a participé à de nombreuses réunions nationales ou internationales (SIFEL), à des conférences associant les thèmes du changement climatique et de la gestion de la ressource en eau (ACMG) ou des présentations des matériels de pilotage de l'irrigation (CEMAGREF, CIREA, HORTIS). L'équipe du CEMAGREF a organisé des Journées Scientifiques et Techniques sur le matériel d'irrigation, au cours desquelles des exposés et expérimentations simples sur le pilotage de l'irrigation et les capteurs de mesure de l'état hydrique du sol ont été proposés, avec un film sur le projet Precirieg (vidéo sur le site www.precirieg.net/documentacion).

Un des partenaires, l'ANPN, s'est particulièrement investi sur ce thème pour aider les producteurs de noisette et de noix de la coopérative UNICOQUE à améliorer leur pilotage de l'irrigation. Déjà utilisatrice depuis 2005 de sondes EnviroScan® reliées via modem GSM à leur centre, l'ANPN a développé une **procédure de transfert de l'information d'un référentiel de parcelles vers l'ensemble des coopérateurs**. Utilisant les nouveaux moyens de l'Internet ils ont mis en place un serveur où sont renouvelées tout au long de la saison des conseils qui intègrent la prévision du temps et des mesures fines des consommations sur des sols différents et représentatifs des principales zones pédoclimatiques de production.



Leur ambition de développer les surfaces de productions se heurte à des exploitants ayant une ressource en eau souvent limitée, et les renforce dans l'idée d'appliquer les principes de l'irrigation de précision pour économiser au maximum la ressource tout en optimisant son efficacité.

Concernant l'Espagne, chaque centre a un centre serveur où se trouvent les informations pour une irrigation la plus adaptée possible au contexte pédoclimatique de leur zone. L'IMIDA assure l'hébergement du site internet www.precirieg.net où les rapports de chacun des partenaires sont facilement accessibles et complètent ce document.

Et bien voilà, je vais aller voir sur leurs sites Internet et si ce n'est pas tout à fait ce que j'en attends, je pourrai toujours les contacter. Ah oui, il faut pas que j'oublie d'en parler à ma technicienne et au Groupement.

X. Les partenaires

● **ACMG**

Aéroport d' Agen
La Garenne
47520 Le Passage
France

Jean-François BERTHOUMIEU
Tel : +33 (0)5 53 77 08 40
Fax : +33 (0)5 53 68 33 99
E-mail : acmg@acmg.asso.fr
Site web: www.acmg.asso.fr

● **ANPN**

Lamouthe
BP 10
47290 Cancon
France

Bruno SAPHY
Tel : +33 (0)5 53 01 60 08
Fax : +33 (0)5 53 01 78 08
E-mail : anpn@unicoque.com

● **AREFLH**

37 Av. du Gal de Larminat
Immeuble Point Centre
33000 Bordeaux Cedex
France

Jacques DASQUE
Tel : +33 (0)5 56 48 88 48
Fax : +33 (0)5 56 48 88 44
E-mail : areflh@aquitaine.fr

● **CEMAGREF**

361 Rue JF Breton
BP 5095
34034 Montpellier Cedex 1
France

Carole ISBERIE
Tel : +33 (0)4 42 66 69 67
Fax : +33 (0)4 42 66 99 57
E-mail : carole.isberie@aix.cemagref.fr

● **CIREA**

Petit Carrère
47360 Prayssas
France

Didier POUZOULET
Tel : +33 (0)5 53 95 21 13
Fax : +33 (0)5 53 95 98 25
E-mail : mr.cirea47@wanadoo.fr

● **HORTIS Aquitaine**

Domaine de Lalande
47110 Ste Livrade sur Lot
France

Jacques LONGESERRE
Tel : +33 (0)5 53 41 10 55
Fax : +33 (0)5 56 58 07 83
E-mail : jacques.longeserre@hortis.fr

● **IMIDA**

C/ Mayor, s/n
30150 Murcia
Espagne

Equipe de SIG y Teledetección

Manuel ERENA ARRABAL
Tel : +34 968 366 751
Fax : +34 968 366 792
E-mail : manuel.arena@carme.es

Equipe de Riegos

Luis RINCON SANCHEZ
Tel : +34 968 366 732
Fax : +34 968 366 792
E-mail : luisf.rincon@carm.es

● **IRTA**

Departamento : Tecnología del Riego
Centre UdL-IRTA
Av. Alcalde Rovira Roure, 191
25198 Lleida
Espagne

Joan GIRONA
Tel : +34 973 70 25 00
Fax : +34 973 23 83 01
E-mail : joan.girona@irta.es

● **ISA**

Tapada da Ajuda
1349-017 Lisboa
Portugal

Maria Isabel FERREIRA
Tel : +351 213 653 476
Fax : +351 213 621 575
E-mail : isabelferreira@isa.utl.pt

Nuno CONCEIÇÃO
E-mail : nuconceicao@yahoo.com.br
Teresa Afonso do PAÇO
E-mail : tapaco@isa.utl.pt

● **IVIA**

Cra. Moncada-Náquera km. 5
46113 Moncada
Espagne

Juan Ramon CASTEL
Tel : +34 963 42 40 93
Fax : +34 963 424 001
E-mail : jrcastel@ivia.es

Pedro J. FERRER
E-mail : ferrer_pedtal@gva.es

Lexique

Case lysimétrique : Système de pesée capable de contenir des cultures avec leur système racinaire dans un très grand conteneur de manière à mesurer finement la quantité d'eau réellement prélevée par les plantes. Voir par exemple : http://fr.wrs.yahoo.com/_ylt=A0WTf2wWuipJXbUA69luAQx./SIG=126b9583k/EXP=1227623318/**http%3A//www.u-picardie.fr/~beaucham/mst/eau-sol.htm

Diviner® 2000 : Système de mesure portatif de l'humidité du sol avec des capteurs capacitifs développés par la Société Sentek (voir www.sentek.com.au)

EnviroScan® : Système de mesure fixe de l'humidité du sol avec des capteurs capacitifs développés par la Société Sentek (voir www.sentek.com.au)

Evapo-transpiration : Pertes d'eau des plantes par évaporation au travers des feuilles lors de la photosynthèse. **ETP ou ETo**: Evapotranspiration Potentielle ou **ETc** : Evapotranspiration corrigée

Reflectance : Partie du rayonnement solaire réfléchi par une plante par exemple.