

Proposition d'Observatoire de Recherche en Environnement

OMERE
Observatoire Méditerranéen
de l'Environnement Rural et de l'Eau

*Impact des actions anthropiques sur les transferts de masse dans les
hydrosystèmes méditerranéens ruraux*

Laboratoire responsable de l'observatoire

Laboratoire d'étude des Interactions entre Sols, Agrosystèmes et Hydrosystèmes (LISAH)
UMR (en création) ENSA – INRA – IRD Montpellier

Laboratoires associés

HydroSciences Montpellier (HSM), UMR 5569 CNRS-IRD-USTL Montpellier
Institut National Tunisien de Recherche du Génie Rural et des Eaux et Forêts (INRGREF)
Institut National Agronomique de Tunis (INAT)

Mars 2002

VISA de l'INRA

▣ NOM et CV BREF des RESPONSABLES

Marc VOLTZ, Directeur de Recherches INRA

UMR Sol et Environnement ENSAM-INRA Montpellier, Place Viala 34060 Montpellier cedex 01
Tél : 04 99 61 23 40 courriel : voltz@ensam.inra.fr

Responsable actuel de l'équipe Sols et Hydrologie dans les Agrosystèmes Méditerranéens de l'UMR Sol et Environnement

Directeur pressenti du laboratoire d'étude des Interactions entre Sols, Agrosystèmes et Hydrosystèmes (LISAH), UMR ENSAM-INRA-IRD en création .

Coordinateur depuis 1992 d'un programme multidisciplinaire d'étude des flux d'eau et de polluants en milieu méditerranéen: le programme bassin-versant Roujan-Allegro

Animateur du programme "Sol-cycle hydrologique et qualité de l'eau" du département de Science du Sol de l'INRA 1994-1997

Membre du comité scientifique du Programme National de Recherche en Ecotoxicologie

Responsable de plusieurs projets de recherches en hydrologie dans les programmes nationaux (PNRH, ACI Eau, ACI Catnat)

Jean ALBERGEL, Directeur de Recherches IRD

UR Ambre IRD , bat Science du Sol, ENSAM place Viala 34060 Montpellier cedex 01
Tél : 04 99 61 27 64 courriel : albergel@ensam.inra.fr

Directeur actuel de l'UR Ambre IRD

Directeur adjoint pressenti du laboratoire d'étude des Interactions entre Sols, Agrosystèmes et Hydrosystèmes (LISAH), UMR ENSAM-INRA-IRD en création

Coordinateur du projet HYDROMED (Programme INCO DC, DG Recherche EU 1996 –2001)

Responsable de plusieurs projet de recherches en hydrologie (Nationaux, européens INCO DC et INCO MED)

Nombreuses expertises en Afrique de l'Ouest, en Amérique Latine, au Maghreb, au Moyen Orient et en Asie du Sud Est pour des organismes internationaux : PNUD, ISBRAM, Banque Mondiale, USAID.)

▣ CONTEXTE SCIENTIFIQUE :

Parmi les changements globaux affectant les hydrosystèmes cultivés et naturels, les changements liés aux actions anthropiques peuvent être considérables tant sur le régime que sur la qualité des ressources en eau. La communauté scientifique est fortement interrogée à ce sujet par la société, notamment pour prévoir et maîtriser les impacts hydrologiques à moyen et long terme des actions anthropiques.

La réponse à cette interrogation suppose la mise en oeuvre de programmes de recherches portant sur (1) la détermination des processus et temps caractéristiques de réponse des hydrosystèmes aux forçages

anthropiques, (2) l'élaboration d'indicateurs d'évolution des hydrosystèmes, (3) le développement de modèles génériques de fonctionnement des hydrosystèmes permettant de simuler l'influence des actions anthropiques. A cet effet, l'acquisition conjointe à moyen et long terme d'observations structurées sur (1) les régimes d'écoulements, les processus d'érosion physique et chimique des sols et l'évolution de la qualité des eaux superficielles et souterraines, et sur (2) l'évolution spatio-temporelle de l'état et des fonctions de forçage des hydrosystèmes soumis aux actions anthropiques (occupation du sol, aménagements hydro-agricoles, pratiques agricoles et d'usage de l'eau, prélèvements d'eau) est cruciale. En effet, les observations sur de courtes périodes (inférieures à quelques années) permettent certes d'étudier certains mécanismes, mais ne permettent pas de distinguer entre les évolutions à long terme liées aux activités anthropiques et les évolutions à court terme induites notamment par les fluctuations climatiques. De surcroît, elles n'incluent pas une gamme suffisante de conditions de fonctionnement des hydrosystèmes pour élaborer et évaluer des modèles génériques et des indicateurs d'évolution décennales de l'impact des actions anthropiques.

Cette proposition d'observatoire s'inscrit dans ce contexte et se focalise sur les hydrosystèmes cultivés méditerranéens, dont l'étude présentent plusieurs intérêts forts. Il s'agit d'un contexte hydrologique intermédiaire aux milieux arides et tempérés, qui est donc soumis à une gamme étendue de processus hydrologiques, allant des phénomènes de sécheresses intenses aux crues extrêmes et inondations. D'autre part, il s'agit d'un contexte social et humain, où les actions anthropiques sont millénaires et généralisées, et qui subit actuellement des évolutions considérables (intensification des productions agricoles dans les terroirs favorables, déprises dans les terroirs non intensifiables, augmentation des captages, aménagements hydro-agricoles ou de conservation du milieu) liées notamment à un accroissement rapide de la densité de population.

L'exploitation des observations proposées par ce projet d'ORE s'inscrit dans quatre objectifs scientifiques principaux traités par les laboratoires participants ou susceptibles de bénéficier de l'ORE:

- i) Analyser l'impact de l'occupation du sol et de l'aménagement du milieu sur les régimes et bilans hydrologiques des bassins versants élémentaires méditerranéens**
- ii) Evaluer les dynamiques et les intensités respectives des phénomènes d'érosion aréolaire et ravinatoire en relation avec l'anthropisation du milieu**
- iii) Analyser les mécanismes d'évolution à moyen et long terme de la qualité des eaux en réponse à un changement de pression polluante par les xénobiotiques organiques utilisés en agriculture.**
- iv) Développer une structure générique de modélisation hydrologique distribuée en milieu cultivé qui permette la simulation des impacts de scénarios d'aménagement et d'utilisation des sols dans les milieux cultivés.**

□ DISPOSITIF D'OBSERVATION

L'observatoire proposé s'appuie sur la comparaison de deux hydrosystèmes méditerranéens, qui sont similaires du point de vue du forçage climatique (pluviométrie et ETP) et des conditions de milieu, mais

qui subissent deux dynamiques différentes d'évolution de l'occupation du sol et des forçages anthropiques, caractéristiques des milieux méditerranéens ruraux.

- Le bassin versant de Roujan (92 ha, Hérault, France) où l'intensification des systèmes de culture date de plusieurs décennies et s'accompagne à présent de forts processus de pollution des eaux par les produits de traitement agricole. Du fait des mesures réglementaires en cours en termes de préservation de la qualité des eaux, une évolution forte des pratiques culturales s'opérera dans la décennie prochaine. Elle concernera notamment une modification des techniques d'entretien du sol avec l'arrêt du désherbage chimique total des sols et de l'utilisation de certaines molécules (ex. triazines, diuron, arsenic). Ces modifications devraient modifier les bilans érosifs et permettre une certaine restauration de la qualité des eaux.
- le bassin versant de Kamech (240 ha) situé sur le Cap Bon en Tunisie, où se produit actuellement une forte intensification des activités agricoles qui s'exprime par (i) une occupation quasi complète de l'espace par des champs cultivés, (ii) une augmentation des surfaces destinées à de nouvelles spéculations maraîchères (pois chiches, petit pois...) (iii) l'apparition de l'irrigation avec la construction d'un petit barrage. Cette intensification passe aussi par l'augmentation de l'utilisation de fertilisants et de produits phytosanitaires. Les évolutions hydrologiques attendues concernent une modification des flux érosifs et la contamination progressive des eaux par les pesticides (minéraux et organiques) utilisés.

L'approche comparative de ces deux hydrosystèmes, dont les forçages anthropiques contrastés et les dynamiques d'évolutions différentes seront contrôlées par le dispositif d'observation, revient à la mise en place d'une expérimentation hydrologique en vraie grandeur qui autorisera l'étude des processus impliqués (nature, temps caractéristiques, intensités, interactions) dans les modifications de transferts de masse aux échelles de temps interannuelles consécutives aux changements des activités anthropiques.

Un intérêt majeur des deux bassins choisis, au-delà de leurs caractéristiques intrinsèques, est la présence de dispositifs d'observations hydrologiques depuis une dizaine d'années. On y dispose ainsi pour une grande partie des paramètres qui seront suivis dans le cadre de l'ORE d'un état initial approfondi, qui est indispensable pour l'étude des évolutions à venir. Les deux sites ont été mis en place à l'occasion de contrats de recherche (Programme AIP ALEGRO pour Roujan, Programme EU INCO HYDROMED pour Kamech). Ils n'avaient pas pour vocation initiale un suivi à long terme. De ce fait les chroniques d'observations disponibles ne concernent pas l'ensemble des paramètres observés dans l'ORE et sont discontinues pour un certain nombre. L'ORE doit ainsi permettre d'assurer la structuration, la continuité et l'homogénéité des observations sur les deux sites afin de soutenir les objectifs scientifiques cités ci-dessus.

- DESCRIPTION DES SITES DE L'OBSERVATOIRE

➤ **Le bassin versant de ROUJAN (0,91 km²)**. La culture principale est la vigne. Le site est fortement anthropisé (réseau de fossés, versants aménagés en terrassettes...). Le climat est de type méditerranéen sub-humide à saison sèche prolongée. La pluviométrie annuelle moyenne est de l'ordre de 650 mm et l'ETP (Penman) annuelle moyenne de 1090 mm.

L'équipement hydro-météorologique de base, en place depuis mai 1992, est constitué par un réseau de 9 pluviomètres et 4 pluviographes, un dispositif de mesure des hauteurs de nappe (14 sites), un dispositif de mesure des débits, des matières en suspension et des pesticides aux exutoires du bassin versant et de deux parcelles à itinéraires culturels différents et d'un réseau de 8 stations de mesure des teneurs en eau du sol et du potentiel hydrique. Roujan a fait partie du réseau de bassins versants de référence du Service d'Observation en réseau Utilisé pour la Recherche en Hydrologie créé par le GIP Hydrosystème.

➤ **Le bassin versant de KAMECH (2,45 km²)** Le bassin de Kamech est situé au nord du Cap-Bon, dans le CRDA de Nabeul, à la limite entre les climats sub-humide et semi-aride méditerranéens. La pluviométrie inter-annuelle moyenne est d'environ 600 mm et l'évapotranspiration potentielle de 1600 mm. L'exutoire du bassin est occupé par un lac collinaire (140 000 m³ de contenance). Le coefficient d'écoulement inter annuelle et de l'ordre de 10% et l'érosion de 25 t/ha/an. L'occupation des sols se caractérise par un taux de mise en culture proche de 75 % avec, dans l'ordre d'importance : les céréales, les légumineuses et le maraîchage irrigué. Ravinement et mouvements de masse prennent une certaine importance sur ce bassin. Ce bassin fait l'objet d'un suivi des bilans hydrologiques et de l'érosion depuis 1994. Un dispositif expérimental comprend une station automatique limnimétrique, un petit barrage utilisé comme piège à sédiments, trois pluviographes, onze pluviomètres, deux stations agro-climatologiques complètes (basées sur la méthode du rapport de Bowen pour estimer l'évapotranspiration réelle d'un couvert végétal). Onze stations de bilans hydriques des sols et de l'érosion, un dispositif de suivi des ravines y sont opérationnels dans le cadre d'un observatoire des écosystèmes méditerranéens. Ce bassin versant fait partie d'un réseau de 27 bassins versants surveillés dans le cadre d'une convention avec le Ministère de l'Agriculture tunisienne.

- GRANDEUR(S) MESUREE(S)

Sur les deux situations l'acquisition des variables sera homogénéisée et consistera en

- une caractérisation approfondie initiale des propriétés de l'hydrosystème (topographie, réseaux d'écoulement des eaux, structures anthropiques pérennes (parcellaire, routes,...), substrats pédologiques et géologiques)
- un suivi périodique de l'évolution des états de surface de l'hydrosystème (occupation du sol, développement de la végétation, états de surface du sol)
- un suivi quantitatif de l'évolution de variables hydro-météorologiques et hydrologiques (pluie, rayonnement, évapotranspiration, débits, hauteur de nappes, volumes d'eau prélevés pour l'irrigation et l'alimentation, matières en suspension)
- un suivi des différentes formes de l'érosion (aérolaire, ravinaire)
- un suivi du bilan hydrique des sols cultivés
- un suivi de la qualité chimique des eaux pluviales, de surface et souterraines (Conductivité électrique, température, éléments majeurs, traceurs isotopiques des chemins de l'eau, carbone organique et oxygène dissous, polluants (à définir suivant les usages des sites : métaux lourds, pesticides)
- un suivi des activités anthropiques (dynamique des pratiques agricoles et d'usages de l'eau)

- PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

- *Données de caractérisation des bassins étudiés*

Les caractérisations de base des bassins versants sont déjà réalisés et un SIG existe pour chaque site. Il comprend (1) un Modèle Numérique de Terrain basé sur les documents cartographiques existants et des levés topographiques partiels des bassins aux endroits où les cartes ne sont pas suffisamment précises, (2) une carte géologique, (3) une carte des sols, (4) une carte du parcellaire, (5) une carte des discontinuités hydrologiques, (6) des cartes d'occupations des sols. Dans le cadre de l'ORE, nous souhaitons préciser le MNT à partir de données satellitales à très haute résolution afin de bien préciser tous les chemins de l'eau sur les versants.

- *Données d'occupation du sol et d'états de surface du bassin*

L'occupation du sol ainsi que les états de surface d'un bassin versant ont une influence considérable sur les processus de transfert de masse. En effet, elles déterminent la nature et l'importance des apports anthropiques d'éléments dans le bassin versant et influencent la variabilité des propriétés d'infiltration et de sensibilité à l'érosion d'un bassin. Elles constituent ainsi des facteurs de forçage essentiel du fonctionnement hydrologique et hydrochimique d'un bassin. Le suivi de leur évolution temporelle est donc essentiel dans le cadre d'OMERE afin de pouvoir relier les transferts observés aux forçages subis. Deux approches de suivi seront menées :

- une approche d'observation périodique sur le terrain de la répartition spatiale des systèmes de cultures et des états de surface des sols. La démarche d'observation reposera sur les typologies d'occupation du sol et d'états de surface déjà définies sur les deux sites à partir des études antérieures des équipes. L'identification des différents types sert d'indicateur des variations spatiales et temporelles intra-bassin des apports d'éléments (majeurs, pesticides) et des propriétés des sols vis à vis du ruissellement et de l'érosion.
- Une approche par télédétection pour la production des cartes périodiques d'occupation du sol et d'états de surface afin de pouvoir à terme remplacer l'approche de terrain, très consommatrice de temps-chercheur. Pour le moment, le travail se réalise avec le support d'anciennes missions photographiques et un levé bi-annuel sur le terrain. L'amélioration apportée par l'ORE serait une mise à disposition de scènes saisies à différentes périodes de l'année (suivi de stades phénologiques) et aussi d'un stade donné sur quelques années en utilisant des images acquises avec les nouveaux capteurs civils d'imagerie à très petit pixel.

- *Données hydrologiques*

Limnimétriques et débits

La connaissance des régimes hydrologiques des petits bassins versants est basée sur un suivi limnimétrique précis sur petit pas de temps et un étalonnage très fin des stations hydrométriques.

A Kamech, le lac collinaire à l'exutoire du bassin est équipé d'une échelle limnimétrique, d'un pluviomètre journalier, d'un bac à évaporation et de deux centrales d'acquisition automatique de données ; la première est reliée à un capteur pluviométrique à augets basculeurs (0.5mm de pluie) et la seconde à

une sonde immergée mesurant le niveau de l'eau au cm près et sa température. L'évacuateur de crues est aménagé pour disposer d'un seuil déversant en V permettant l'estimation précise des débits. En Amont du lac collinaire et définissant un bassin versant de 1,1 km² une station intermédiaire utilisant le même limnigraphe et un seuil de jaugeage de type « Parshall » est en cours d'installation.

A Roujan, l'exutoire est équipé d'un canal jaugeur et la limnimétrie est enregistrée à partir d'un système « Nilomètre ». Des stations intermédiaires sur des sous-bassins seront installées pour mieux analyser la variabilité des écoulements en fonction des caractéristiques des différents sous-bassins.

Dans les deux bassins, les données limnimétriques sont enregistrées sur des centrales d'acquisition de données et sont télétransmises par satellite dans le cas de Kamech, par téléphonie GSM à Roujan.

Piézométrie

Bien que dans les processus d'écoulement, le ruissellement direct constitue en milieu méditerranéen l'essentiel des crues sur les petits bassins versants, l'état de saturation des sols et le niveau des nappes jouent un rôle essentiel dans le bilan hydrologique (Gay et al, 2001)¹. En outre les nappes sont plus ou moins sensibles aux pollutions venant de la surface en fonction de la profondeur, soit à partir de la macro porosité des sols comme l'ont montré Magnus P. et al 2001² en Tunisie ou par les réseaux de fossés dans les zones cultivées du Languedoc (Louchart X. et al. 2001)³. Les réseaux piézométriques des deux bassins seront réactivés et intensifiés dans le cadre de l'ORE et équipés de sondes à pression reliées à une centrale d'acquisition automatique de données.

- *Données d'érosion*

Infiltrométrie et érodibilité des terres sous pluies simulées à l'échelle de la parcelle

Afin de quantifier les ruissellements et érosions d'unités d'isocotes identifiées on utilise des campagnes de simulation de pluie. Cet appareil installé sur des sols dont on veut tester les comportements fournit, en cours de pluies, des informations hydrodynamiques (enregistrement limnigraphique des intensités de ruissellement) et des évolutions de la mobilisation en terre (échantillons d'eaux chargées en sédiments).

L'utilisation conjointe des informations fournies par les relations « intensité du ruissellement à régime constant en fonction de l'intensité de la pluie simulée (R(Im)) » et « évolution des charges solides en fonction des intensités du ruissellement (CS(R)) » est une approche intéressante pour connaître les risques de pertes en terres de chaque portion de versant en fonction des situations et des événements pluvieux. La transcription de ces informations pour des pluies naturelles est facilement réalisable à la condition de disposer de données pluviographiques dans la zone considérée et d'une analyse statistique sur les différentes périodes de récurrence des hauteurs et intensités des pluies.

¹ Gay D., Albergel J., Grunberger O., Michelot J.L., Montoroi J.P. (2001) Approche géochimique et isotopique des relations hydrologiques entre lac de retenues et aquifères. Cas du lac collinaire de Kamech. *PHI-V / Documents Techniques en hydrologie* / n°51 pp 71-78

² Persson M, Yasuda H, Albergel J, Berndtsson R, Zante P, Nasri S., Öhrström P (2001) Modeling plot scale dye penetration by a diffusion limited aggregation (DLA) model, *Journal of Hydrology*, 250 (1-4) (2001) pp. 98-105

³ Louchart, X. 1999. Transfert de pesticides dans les eaux de surface aux échelles de la parcelle et d'un bassin versant viticole. Doct., ENSA Montpellier, 265 p.

Erosions linéaires à l'échelle du versant ou de la portion de versant

Alors que l'érosion en nappe à l'échelle des champs ne dépasse pas les 10 t.ha-1.an-1, il en va tout autrement des dégradations issues du ravinement qui dépassent fréquemment, en zone méditerranéenne, les centaines de t.ha-1.an-1. L'abrasion du système ravinatoire, lui-même, remanie entre plusieurs dizaines et plusieurs centaines de tonnes de terres/ha/an. L'ampleur de cette fourchette est liée à la proportion de berges avivées par le système ravinant. Cet avivement résulte de la conjonction d'apports hydriques des champs en amont et de la pente topographique de la berge, donc finalement d'un état d'équilibre entre le couvert végétal, la stabilité structurale du sol et la pluviométrie. Ce ravinement est un phénomène "à seuil" lié aux pluviométries exceptionnelles.

Il est donc primordial d'évaluer sur nos bassins versants représentatifs ces autres types de risques érosifs. Des sites d'observation sont déjà mis en place sur le bassin versant de Kamech ; ceux du bassin de Roujan seront définis durant la première année du projet.

La méthode consiste en un nivellement intensif sur des ravines représentatives des différents types de ravines rencontrées sur le bassin. De ce nivellement sont définis : (i) une description codifiée des flancs et fonds des ravines, ceci permettant d'élaborer une typologie du système ravinant, (ii) un MNT où les superpositions des surfaces courbes des profils relevés entre différents événements pluvieux efficaces permettent de quantifier les abrasions et dépôts.

Bilan d'érosion à l'échelle du bassin versant

Sur le bassin de Kamech, la présence d'un lac collinaire en son exutoire est un dispositif très aisé pour mesurer l'ensemble des exportations des matériaux érodés et non redéposé dans le bassin versant lui-même. Le lac jouant comme un piège à sédiment permet quantifier l'ensemble des transports solides. Une analyse des sédiments (densité et granulométrie) permet de retrouver la part de chaque type d'érosion. La bathymétrie de la retenue se fait par sondages ponctuels du fond de la retenue suivant des transversales matérialisées par un câble tendu entre les deux rives. Les extrémités de chaque transversale sont nivelées et positionnées sur le plan de recollement de la retenue. Un Modèle Numérique de Terrain, permet d'établir la relation « hauteur / volume » du lac. Le volume de vase est établi par différence des volumes utiles d'une mesure à l'autre. La retenue se comporte comme un piège à sédiments et lorsqu'elle n'a pas déversé, le volume de vase correspond au transport solide total produit par le bassin. En cas de déversement, on attribue aux volumes déversés une concentration moyenne de matière en suspension, obtenue par échantillonnage.

Sur le bassin de Roujan, l'absence de retenue collinaire pouvant servir de fosses à sédiments, impose d'évaluer les flux érosifs à son exutoire par prélèvements temporels d'échantillons d'eau sur lesquels seront déterminés la teneur en particules solides. A cet effet sont mis en place à l'exutoire du bassin deux échantillonneurs automatisés, l'un étant asservi au débit et l'autre au temps passé depuis le début des crues afin d'assurer un échantillonnage satisfaisant de tous les types de crues. Une analyse approfondie de la qualité de cette méthode pour l'estimations des flux érosifs sera menée lors de l'année de mise en place de l'ORE.

- *Données relatives à la qualité et à la géochimie des eaux*

L'analyse de la qualité des eaux sera focalisée sur un nombre limité de polluants organiques, qui serviront de molécules modèles. Leurs choix répond à la combinaison de plusieurs critères :

- Ils correspondent à des produits phytosanitaires couramment utilisés afin que l'analyse de leur comportement présente un intérêt générique,
- Leur utilisation sur les sites d'étude est généralisée et subit une évolution nette afin que leurs concentrations soient détectables dans les eaux des bassins étudiés et que le problème de l'étude de leur vitesse d'évolution à long terme puisse être posé,
- Les protocoles analytiques des molécules-mères et des métabolites de chacun des produits phytosanitaires soient disponibles et opérationnels dans des laboratoires certifiés vis à vis de l'analyse des contaminants organiques phytosanitaires.

Pour le bassin de Roujan, les molécules modèles sont déjà choisies. Il s'agit du diuron, herbicide de prélevée, dont l'utilisation devrait être prochainement restreinte, et le glyphosate, herbicide de post-levée, dont l'utilisation devrait au contraire s'intensifier. Pour le bassin de Kamech, les molécules modèles seront déterminées à la suite d'une enquête initiale sur les usages actuels de produits phytosanitaires sur le bassin.

A coté des déterminations des teneurs des matières organiques phytosanitaires et de leurs métabolites, seront également déterminés les éléments majeurs, le carbone organique (compte tenu de l'affinité de la plupart des produits phytosanitaires pour les particules organiques) et plusieurs paramètres physico-chimique (pH, potentiel redox, oxygène dissous, température) qui conditionnent les processus biogéochimiques de transformation des molécules organiques.

Enfin nous envisageons de caractériser des traceurs de l'eau, afin de pouvoir déterminer l'origine des eaux collectées. Du fait des délais impartis à la préparation de ce projet, il ne nous a pas été possible de procéder à la définition d'un protocole précis en liaison avec un laboratoire spécialisée dans les méthodes de traçage de l'eau. Cela sera effectué durant la première phase du projet, notamment avec les laboratoires de biogéochimie des milieux continentaux de Paris VI et le laboratoire de géochimie isotopique d'Orsay, qui ont déjà participé à des opérations de recherche antérieures sur les deux bassins de l'ORE.

Détermination des apports atmosphériques

Nos objectifs sont de quantifier la contribution des apports atmosphériques d'éléments majeurs (anions et cations), et de contaminants organiques d'origines phytosanitaires aux bassins versants. Cette information sera considérée afin d'évaluer l'importance du rôle joué par ce terme dans les apports aux bassins versants et dans les apports directs aux milieux récepteurs aval.

La composition de l'apport atmosphérique Méditerranéen est dominée par les apports d'origine Saharienne (principalement d'origine naturelle) et les apports Européens très fortement marqués par l'activité humaine (Loÿe-Pilot et al., 1986 ; Chester et al., 1997 Avila et Penuelas, 1999)⁴. En zone côtière

⁴ Avila, A. and Penuelas, J., 1999. Increasing frequency of Saharan rains over northeastern Spain and its ecological consequences. *The Science of The Total Environment*, 228(2-3): 153-156.

Chester, R., M. Nimmo, K. J. T. Murphy and E. Nicolas, 1990. Atmospheric trace metals transported to the Western Mediterranean: Data from a station on Cap Ferrat. 2nd Eros 2000 Workshop, Blanes (Spain), 6-9 Février 1990, Comm. of the Eur. Comm., Brussels., 597-612

la contribution marine doit également être prise en compte. Nous utiliserons une méthodologie adaptée à ces particularités régionales. Les protocoles seront comparables à ceux qui sont développés par C. Guieu et M. D. Loÿe-Pilot pour l'étude des apports atmosphériques à la Méditerranée dans le cadre de programmes internationaux.

Le suivi sera conduit sur les épisodes pluvieux qui totalisent une hauteur précipitée supérieure à un seuil. Les échantillonnages seront réalisés selon le schéma suivant :

i) Collection du dépôt total : Le dépôt atmosphérique total sera collecté à l'aide d'un pluviomètre qui sera exposé en permanence aux retombées atmosphériques. La récolte des échantillons se fera à la fin de chaque épisode pluvieux.

ii) Collection du dépôt humide : Il sera collecté à l'aide d'un pluviomètre « propre » dont l'ouverture se déclenche automatiquement à la première goutte de pluie.

Tous les échantillons récoltés seront filtrés afin d'évaluer l'apport atmosphérique sous forme dissoute et particulaire, puis stockés dans des conditions garantissant la stabilité des solutions vis à des éléments analysés. Les aliquotes destinés à l'analyse des teneurs en pesticides organiques seront notamment congelés à -18°C jusqu'à la phase d'analyse. Le dépôt sec sera calculé par différence entre le dépôt total et le dépôt humide.

Dynamique de contamination des eaux de surface

L'objectif est ici de quantifier les flux de polluants d'origine phytosanitaires au sein du bassin versant et à son exutoire afin d'observer l'évolution des dynamiques de contamination des eaux de surface consécutives aux changements prévus d'utilisation des molécules pesticides sur les bassins étudiés.

Le mode de transport des pesticides sera évalué en distinguant les proportions de matières actives dans les phases liquide et solide (i.e ; matières en suspension $>0.45 \mu\text{m}$).

Les suivis se feront à l'aide d'échantillonneurs automatisés sur la totalité des épisodes ruisselants et en périodes d'écoulements de base. Les suivis seront réalisés à l'exutoire des deux bassins, mais aussi sur des stations intermédiaires à l'exutoire des sous-bassins équipés de limnimètres (voir ci-dessus). Un échantillon moyen par crue et par site de prélèvement sera constitué par mélange d'aliquots des échantillons instantanés. Pour les eaux de crues, les prélèvements seront effectués dans le délai le plus court près la fin de crue. Comme pour les eaux de pluie, les échantillons seront filtrés, puis stockés dans des conditions garantissant la stabilité des solutions.

Dynamique de contamination des eaux souterraines

Les objectifs sont d'une part d'évaluer les flux de polluants organiques d'origines phytosanitaires qui contaminent les eaux souterraines en relation avec ceux des eaux de surface, et d'autre part, d'appréhender

Loÿe-Pilot, M.-D., J.-M. Martin and J. Morelli , 1986. Influence of saharan dust on the rain acidity and atmospheric input to the Mediterranean. *Nature* 321(22 May 1986): 427-428.

Loÿe-Pilot, M.-D., J.-M. Martin and J. Morelli , 1990. Atmospheric input of inorganic Nitrogen to the Western Mediterranean. *Biogeochemistry* 9,117-134.

Ridame, C., C. Guieu and M. D. Loÿe-Pilot , sous presse. Trend in total atmospheric deposition fluxes of aluminium, iron, and trace metals in the northwestern Mediterranean over the past decade (1985-1997). *J. Geophys. Res*

les conditions géochimiques de ces nappes lesquelles peuvent influencer sur le devenir de ces molécules phytosanitaires tant du point de vue des phénomènes de rétention que de dégradation.

Les dispositifs de prélèvements seront constitués de sites comportant 4 flacons de 1L (flacons PET téfloné à l'intérieur) disposés dans la zone de fluctuations des nappes superficielles et reliés à la surface par des capillaires permettant le prélèvement d'eau par aspiration. Chaque site est couplé à un piézomètre pour le suivi des fluctuations des hauteurs de nappes. Il est prévu un prélèvement mensuel sur 1.5 flacons par site en moyenne. La température, le pH et le potentiel redox sont analysés in situ à la collecte des échantillons. Pour le reste, le traitement des échantillons sera similaire à celui des eaux de pluie et de surface.

- DUREE D'OBSERVATION ENVISAGEE, PERIODE DE MISE EN PLACE ET DE VALIDATION :

La durée d'étude envisagée est de 5 à 10 ans en fonction des vitesses d'évolution qui pourront être caractérisées. Une période de mise en place d'un an pour la définition et l'homogénéisation des protocoles, l'installation des matériels sera nécessaire.

▣ STRUCTURE SCIENTIFIQUE RESPONSABLE PRINCIPALE DE L'ORE

(IFR, OSU, UR, UMR, Autres)

Laboratoire d'étude des Interactions entre Sols, Agrosystèmes et Hydrosystèmes (LISAH)
UMR (en création) ENSA – INRA – IRD Montpellier

N.B. A terme, la structure scientifique responsable pourrait être l'IFR Eau et Environnement, qui est en cours de structuration à Montpellier et dont la demande de labellisation sera effectuée en juin 2002.

▣ STRUCTURE GESTIONNAIRE :

(Administration, gestion financière)

Laboratoire d'étude des Interactions entre Sols, Agrosystèmes et Hydrosystèmes (LISAH)
UMR (en création) ENSA – INRA – IRD Montpellier

▣ UNITES IMPLIQUEES ET ORGANISMES ASSOCIES :

HydroSciences Montpellier (HSM), UMR 5569 CNRS-IRD-USTL Montpellier
Institut National Tunisien de Recherche du Génie Rural et des Eaux et Forêts
Institut National Agronomique de Tunis

□ MOYENS MATERIELS ET FINANCIERS

Distinguer les moyens mis à disposition par redéploiement et les moyens nouveaux demandés, en précisant la contribution des organismes impliqués

- EN FONCTIONNEMENT RECURRENT ANNUEL

	Coût total kEuros HT	Soutien acquis kEuros HT	Soutien demandé kEuros HT
Frais de déplacement et voyages	15	5	10
Caractérisation périodique des états de surface des bassins	15	5	10
Enquêtes sur les usages	10	10	
Frais d'analyses des eaux météoritique	30		30
Frais d'analyses des eaux de surface	20	5	15
Frais d'analyses des eaux souterraine	20	5	15
Coûts de renouvellement du matériel (à envisager à partir de la troisième année de fonctionnement)	25		25
Fonctionnement annuel total	135	30	105

n.b. Du fait des difficultés analytiques propres à la détermination des teneurs en produits phytosanitaires organiques, leur analyse sera sous-traitée à des laboratoires spécialisés disposant de l'expérience et des compétences nécessaires et s'inscrivant dans une démarche d'assurance qualité.

- EN EQUIPEMENTS ET INFRASTRUCTURE

Les équipements existants pour les deux sites sont :

➤ *Équipement en France*

Acquisition de données

	Quantité
centrale d'acquisition CAMPBELL CR10X	5
centrale d'acquisition DELTA T LOGGER	4
centrale d'acquisition CR2M	4

centrale d'acquisition OBOE	5
nilomètre SEROSI	6
capteur de pression DRUCK	15
capteur ultrason CR2M	8
paramoteur Pixy	1
Hydrologie	
canal jaugeur Venturi (TECHNIFLOW)	7
pluviomètre à auget basculeur PRECIS MECANIQUE (400 cm ²)	5
préleveur automatique SIGMA MULTI	7
simulateur de pluie (tour, tête Capelec, centrale Mac13R et sonde piézo, 1 pompe)	1
Physique du sol	
densitomètre à membranne	1
infiltromètre à disque	1
TDR TRASE	1
sonde à neutron SOLO 40	1
sonde à neutron CPN CAMPBELL	1
sonde gamma SOLO 40	1
presse à plaque	3
étuve MEMMERT	1
Balances de précision	4
Informatique et Photo	
GPS Garmin Map76	1
ordinateur portable de terrain HUSKY FC486	2
stations de travail (calcul ; SIG)	2
serveurs (données ; Web ; domaine NT)	3
logiciels SIG (Arc/GIS, Arc/view) ; Modélisation ; Développement – programmation ; Bureautique	
réseau de PC et portables	31 PC et 6 port.
salle de ressources pédagogiques avec PC en réseau	11 PC
scanner	2
scanner pour diapositives Canoscan FS2710	1
appareil photo numérique	2
appareil photo	2
<i>➤ Equipement en Tunisie</i>	
Acquisition de données	
station agroclimatologique avec centrale d'acquisition Campbel	2
centrale d'acquisition SERPE IESM avec télétransmission ARGOS	3
centrale d'acquisition THETALOG, DELTA_T Device et sondes	4
Hydrologie	
pluviographe Cédipe SERPE IESM	6
pluviographe PLUVIO 91 SERPE IESM	1
limnigraphe Chloé SERPE IESM	3

limnigraphe SEIBA avec pluviographe	2
limnigraphe mécanique OTT	1
PLUVIO-LIMNI 92 SERPE IESM	2
simulateur de pluie (tour, tête Capelec, centrale Mac13R et sonde piézo, 1 pompe)	1
Physique du sol	
sonde à neutron NARDEUX	1
centrale d'acquisition TDR et multiplexeur IMKo GmbH	1
sondes TDR	18
système mesure humidité TDR TRIME FM3 (IMKO GmbH)	1
Informatique et Photo	
appareil photo numérique NIKON	1
GPS Garmin III	1
tachéomètre laser LEICA TC 805 L	1
distancemètre laser DISTO Mémo de LEICA	1
niveau chantier avec mire dépliant LEICA	1
Ordinateurs portables	2
Divers	
groupe électrogène	1
Véhicule 4x4	1
Véhicule utilitaire	3

Les équipements complémentaires demandés sont :

Site de Roujan

4 Analyseurs in situ automatisés du pH, conductivité, oxygène dissous, température : 25 kEuros HT
5 préleveurs : 27 kEuros HT
2 stations limnimétriques : 6 kEuros HT
Pluviomètre propre : 15 kEuros HT
2 turbidimètres : 18 kEuros HT
1 système de débitmètres à ultrason : 9 kEuros HT

Site de Kamech

2 Analyseurs in situ automatisés du pH, conductivité, oxygène dissous, température : 12.5 kEuros HT
2 préleveurs : 10.5 kEuros HT
1 stations limnimétriques : 3 kEuros HT
Pluviomètre propre : 15 kEuros HT
2 turbidimètres : 18 kEuros HT
1 système de débitmètres à ultrason : 9 kEuros HT

Acquisition Modèles Numériques de Terrain haute définition des sites par télédétection : 61 kEuros HT

En résumé :

	Investissement existant estimé kEuros HT	Investissement nouveau demandé kEuros HT
Matériel d'observation	450	230

□ MOYENS HUMAINS

Organisme d'appartenance, grades, pourcentage d'implication.

- PERSONNELS AFFECTES

Personnel de recherche	Qualification	Implication % du temps de travail
UMR LISAH		
<i>Personnel INRA</i>		
Andrieux P.	IR hydro pédologue	50%
Fabre J.C.	IE base de données	50%
Floure C.	TR SIG	25%
Garnier F.	TR hydrologue	80%
Huttel O.	TR automatisation	50%
Louchart X.	CR hydrochimiste	50%
Moussa R.	CR Hydrologue	50%
Negro S.	TR hydrochimiste	80%
Trotoux G.	TR physique du sol	30%
Voltz M.	DR hydro pédologue	50%
<i>Personnel IRD</i>		
Albergel Jean	DR Hydrologue	50%
Asseline Jean	IE Pédologue	20% (Jusqu'en 2005)
Ayari Hassein	T Cartographe SIG	50%
Ben Younes Louati Mohamed	T Hydrologue	50%
Biarnes Anne	CR Agronome	20%
Collinet Jean	DR Pédologue	20% (Jusqu'en 2005)
Jeanny Brigitte	TC Informaticienne	50%
Jenhaoui Zackia	T Informaticienne	50%
Lamachère Jean Marie	CR Hydrologue	50%
Pépin Yannick	TCE Hydrologue	20%
Richard Jean François	DR Géographe	20%
Zante Patrick	IE Pédologue	20%
UMR Hydrosiences		
Elbaz-Poulichet F.	CR CNRS Géochimiste	20%

Salles C.	MCF U. Mtp. 2 Hydrologue	20%
Tournoud M.G	MCF U. Mtp. 2 Hydrologue	30%
INRGREF-Tunis		
Mougou Raoudah	CR Agro Climatologue	20%
Nasri Slah	CR Hydrologue	20%
Latiri Kawther	CR Agro	20%
Guouider Azzedine	Technicien Agronome	20%
Hajmi Tarreck	Ingénieur Labo des sols	50%
Zrelli Jihène	Technicienne Agro	50%
X Recrutement (*)	AR Agro Climatologue	50%
X Recrutement	AR Télédétection	50%

(*) L'INRGREF est engagé dans deux projets d'ORE, il recrutera à ce titre deux attachés de recherche, l'un spécialisé en agro climatologie et l'autre en télédétection. Ils seront affectés aux deux ORE.

- RECRUTEMENTS DEMANDES

- 1 IE Hydro-pédo à affecter à Tunis (Nouvelle affectation demandée à IRD)
- 1 AI Bases de données (Recrutement ou mobilité INRA)
- 1 TR suivis hydrologiques de terrain (Recrutement ou mobilité INRA)
- 1 ASIN analyses géo chimiques (Recrutement ou mobilité CNRS)

▣ BANQUES DE DONNEES

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, propriété, accessibilité, intégration internationale éventuelle, responsable technique.

La base de données qui sera adoptée est HYSAE (BD Hydrologique Spécialisée pour les Agrosystèmes, et aspects Environnementaux) développée au sein de l'UMR LISAH :

- **données brutes**: fichiers issues des centrale et/ou rédigées sous Excel
- **données élaborées**: stockées dans la structure de la BD
- **structure**: gestion des données issues de bassins versants cultivés expérimentaux, ainsi que des données auxiliaires (matériels, parcellaire, hydrochimie,...)
- **support**: système informatique de gestion de base de données client/serveur (PostgreSQL)
- **accessibilité**: interface web sur l'intranet du labo
- **intégration internationale**: les données d'autres pays méditerranéens y seront intégrées elles sont accessibles par interface Web pour les personnes autorisées
- **propriété** : les parties s'engagent à fournir l'ensemble des données pour la constitution de cette base de données cogérées. Chaque partie s'engage à ne pas publier ou ne divulguer

sans accord et ce de quelque façon que ce soit, les informations scientifiques ou techniques dont elles pourraient avoir eu connaissance d'une autre partie à l'occasion de l'exécution de cet ORE et ce tant que lesdites informations n'auront pas été protégées et sans en avoir reçu l'autorisation de la partie apportant ladite information. Cette disposition est sans effet si la Partie concernée peut apporter la preuve :

- qu'elle avait déjà connaissance desdites informations avant la création de l'ORE
 - qu'elle en a acquis connaissance par un tiers de façon licite,
 - que ces informations ont fait l'objet d'une publication,
 - ou qu'elles sont tombées dans le domaine public ; l'ensemble des données acquises, même si elles ne sont pas publiées, seront considérées comme du domaine du public dans un délai à convenir entre le comité scientifique des ORE et les organismes de recherche participants..
- **responsable technique:** AI bases de données à recruter et JC FABRE, Ing. Etudes conception-développement informatique, en collaboration avec INRA de Rennes (USQARQ, équipe SAS)

▣ INSERTION DE L'ORE DANS LE TISSU DE LA RECHERCHE, (REGIONAL, NATIONAL OU INTERNATIONAL)

- PROGRAMMES, ACI, RESEAUX DE STRUCTURES.

Au plan National :PNRH, ACI Eau, ACI Catastrophes Naturelles, ASS INRA- Cemagref AQUAE.

Au plan International : INCO DC, Programme petite hydraulique ICARDA

- APPARTENANCE à un RESEAU NATIONAL ou INTERNATIONAL D'OBSERVATOIRES

Réseau Bassins Versants de Recherche Européen, Réseau Hydromed, Réseau MED HYCOS, Réseau WADI Hydrology UNESCO, Réseau Friend-AMHY Méditerranée

- ARTICULATION EVENTUELLE AVEC D'AUTRES PROPOSITIONS D'OBSERVATOIRES

Une articulation sera recherchée avec les autres propositions d'ORE focalisées sur l'hydrologie de bassins versants. On citera notamment, mais sans exclusive, la proposition d'ORE émanant de l'IFR CAREN, intitulée « temps de Réponse dans les AgroSystèmes ».

▣ EXPLOITATION ET VALORISATION ATTENDUE DES DONNEES

Laboratoires participant à l'exploitation des données de l'ORE, ou susceptibles d'en bénéficier.

L'exploitation et la valorisation attendus des observations menées dans le cadre d'OMERE peuvent être déclinées suivant les quatre objectifs scientifiques de l'observatoire, mais aussi suivant un objectif pédagogique. Ci-dessous nous détaillons pour chacun des cinq objectifs les thèmes principaux d'exploitation des données et les principaux partenaires concernés.

i) Analyser l'impact de l'occupation du sol et de l'aménagement du milieu sur les régimes et bilans hydrologiques des bassins versants élémentaires méditerranéens

Pour ce thème, le dispositif d'ORE pourra être mis à profit dans le cadre d'une collaboration internationale, intitulée « ELUCOF Effects of Land use changes on floods » soumise pour financement à l'échelon européen et regroupant plusieurs laboratoires Alterra –NL, Centre Commun de Recherche Ispra –UE, Natural Environment Research Wallingford –GB – (Robinson)/ Université d'Utrecht - NL/ Université des sciences agronomiques de Gembloux- B

Enfin on notera que l'ensemble des données hydro météorologiques intéressent l'observatoire Med Hycos qui est aussi un utilisateur potentiel des données.

ii) Evaluer les dynamiques et les intensités respectives des phénomènes d'érosion aréolaire et ravinatoire en relation avec l'anthropisation du milieu

Sur ce thème, les cadres des partenariats futurs exploitant les données collectées sont

- le réseau COST623 Soil Erosion and Global Change qui regroupe plus d'une vingtaine de laboratoires au plan européen.
- le projet PRAD au Maroc en collaboration avec l'IAV Hassan II et la convention de recherches IRD - INGRES en Tunisie pour les activités sur la modélisation de l'érosion au Maghreb.

iii) Analyser les mécanismes d'évolution à moyen et long terme de la qualité des eaux en réponse à un changement de pression polluante par les xénobiotiques organiques utilisés en agriculture.

Sur ce thème, l'exploitation des données pourra être menée dans plusieurs directions :

- vers les laboratoires spécialisés dans l'étude de l'écodynamique des substances polluantes, qui utiliseront les données acquises dans OMERE pour définir la variabilité des conditions d'expression des processus de transfert et biogéochimiques affectant les polluants étudiés et ainsi orienter les expérimentations de laboratoire, et réciproquement vérifier in situ les modélisations de processus déterminées au laboratoire. Les laboratoires partenaires sont à cet égard UMR EGC Paris-Grignon, le laboratoire Sol et Environnement ENSAIA-INRA Nancy, le laboratoire de microbiologie des sols INRA Dijon et l'Université de Rostock (RFA) dans le cadre de plusieurs programmes de recherches récents et en cours (PNRH, MATE, Procope)
- vers des laboratoires spécialisés en écotoxicologie des milieux aquatiques qui utiliseront les données de l'ORE pour définir les contextes de multipollution qui déterminent les processus de toxicité et de

modification de biodiversité. Les laboratoires partenaires sont l'équipe Ecotoxicologie de l'UMR hydrosociétés de Montpellier et UMR Ecologie des Eaux Continentales U. dans le cadre de l'ACI Eau.

- iv) *Développer une structure générique de modélisation hydrologique distribuée en milieu cultivé qui permette la simulation des impacts de scénarios d'aménagement et d'utilisation des sols dans les milieux cultivés.*

L'ensemble des données sera valorisée par le développement d'une structure de modélisation hydrologique distribuée en milieu cultivé et anthropisé qui aborde le couplage des flux d'eau, d'érosion et de polluants. A cet égard l'intérêt des données acquises par l'ORE est double :

- il permet l'observation et la modélisation de processus qu'il est difficile d'analyser sur les chroniques courtes : par exemple les processus à dépassement de seuils comme les crues et phénomènes érosifs extrêmes ou les processus à intensité faible mais déterminante sur le long terme comme les transformations biogéochimiques et le renouvellement des masses d'eaux souterraines.
- il fournit des données structurées permettant d'évaluer la modélisation hydrologique sur le long terme et analyser ainsi sa capacité à prévoir des évolutions liées à des changements d'activités anthropiques.

Sur le thème du développement d'une structure de modélisation hydrologique le partenariat potentiel avec les laboratoires intéressés est déjà structuré dans le cadre d'un programme du MATE et d'un programme de l'ACI Prévention des catastrophes naturelles. Les laboratoires concernés sont des laboratoires du Cemagref Lyon et Antony, de l'INRA Rennes et Laon, du LTHE Grenoble.

- v) *Former des étudiants aux concepts et outils d'analyse et de modélisation de l'organisation spatiale et de l'hydrologie des milieux cultivés.*

Les données acquises dans OMERE et les travaux de recherches qui s'appuient sur elles seront exploitées pour la création de modules d'enseignements et de travaux pratiques et d'atelier de démonstration d'outils dans deux cadres complémentaires :

- sur le plan français au sein de l'école doctorale Terre-Eau-Espace et du DEA associé « science de l'Eau dans l'Environnement Continental et de l'enseignement supérieur agronomique à l'ENSA de Montpellier
- sur le plan international dans un réseau d'enseignement sur le pourtour méditerranéen à partir des relations existantes avec l'Institut National Agronomique de Tunis, l'Institut Agronomique et Vétérinaire de Rabat et l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth.

Ceci n'est bien entendu pas exclusif d'autres initiatives qui pourront être initiées dans le futur.

□ PUBLICATIONS ET THESES DES EQUIPES IMPLIQUEES, CONCERNANT LE DOMAINE SPECIFIQUE DE L'ORE

Liste des publications à comité de lecture les plus significatives sur la période 1998-2002

2002

- Moussa, R.** 2002. On morphometric properties of basins, scale effects and hydrologic response. *Hydrol. Proc.* (accepté).
- Moussa, R., M. Voltz, and P. Andrieux.** 2002. Effects of spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of farmed catchment during flood events. *Hydrological Processes*, 23 (sous presse).
- Nasri, S., J. Albergel, and **R. Berndtsson.** 2002. Hydrological processes in an artificial catchment for water harvesting in the arid region of Tunisia: the traditional system of tabia. *Journal of Hydrology* (accepté).
- Salles C., J., Poesen et D. Sempere-Torres,** 2002: Kinetic energy of rain and its functional relationship with intensity. *J. Hydrology*, 257 (1-4): 257-271
- Tassinari, C., P. Lagacherie, R. Bouzigues, and J. P. Legros.** 2002. Estimating soil water saturation from morphological soil indicators over a pedologically contrasted Mediterranean Region. *Geoderma* (accepté).
- Wassenaar, T., J.-M. Robbez-Masson, P. Andrieux,** and F. Baret. 2002. Vineyard identification and description of spatial crop structure by per-field frequency analysis. *International Journal of Remote Sensing* (sous presse).
- Öhrström, P., M. Persson, **J. Albergel, P. Zante, S. Nasri,** R. Berndtsson, and J. Olsson. 2002. Field-scale variation of preferential flow as indicated from dye coverage. *Journal of Hydrology*, Vol. 257 (1-4) : 164-173

2001

- Cossa, D., **Elbaz-Poulichet, F.,** 2001. Mercury in an acidic river-estuarine system: consequences for the Atlantic Shelf Waters. *Aquatic Geochemistry*, sous presse
- Elbaz-Poulichet, F.,** Morley, N.H., Beckers, J.M., Nomerange, P., 2001a. Dissolved metal fluxes through the Strait of Gibraltar: the influence of the Tinto and Odiel rivers (SW Spain). *Marine Chemistry*. sous presse.
- Elbaz-Poulichet, F.,** Guieu, C., Morley, N.H., 2001b. Trace metal inputs to the Western Mediterranean Sea: a reassessment, *Marine. Pollution. Bulletin*, accepté.
- Lagacherie, P., J. M. Robbez-Masson, N. NguyenThe, and J. P. Barthès.** 2001. Mapping of reference area representativity using a mathematical soilcape distance. *Geoderma* **101**:105-118.
- Louchart, X., M. Voltz, P. Andrieux, and R. Moussa.** 2001. Herbicides runoff at field and watershed scales in a Mediterranean vineyard area. *Journal of Environmental Quality* **30**:982-991.
- Ragab, R., D. Moidinis, **J. Albergel, J. Khouri, A. Droubi, and S. Nasri.** 2001c. The HYDROMED model and its applications to semi-arid Mediterranean catchments with hill reservoirs. 2. Rainfall - runoff model applications to three Mediterranean hill reservoirs. *Hydrology and Earth System Sciences* **5**:554-562.
- Robbez-Masson, J. M.,** J. C. Foltête, L. Cabello, and M. Flitti. 2001. Prise en compte du contexte spatial dans l'instrumentation de la notion de paysage. Application à une segmentation géographique assistée. *Revue Internationale de Géomatique* **9**:173-195.
- Trambouze, W., and M. Voltz.** 2001. Measurement and Modelling of the transpiration of a mediterranean vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology* **107**:153-166.

2000

- Leblanc, M., Morales, J.A., Borrego, J., **Elbaz-Poulichet, F.,** 2000. A 4500 years old mining pollution in Spain. *Economic Geology*, 95, 655-662..
- Elbaz-Poulichet, F.,** Dupuy, C., Cruzado, A., Velasquez, Z., Achterberg, E., Braungardt, C., 2000. Influence of sorption processes by Fe oxides and algal uptake on Arsenic and Phosphate cycle in an acidic estuary (Tinto rivers, Spain). *Water Research*, 34,12, 3222-3230.

- Lagacherie, P., and M. Voltz.** 2000. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional approach. *Geoderma* **97**: 187-208.
- Louchart, X., M. Voltz, and P. Andrieux.** 2000. Dynamique de la mobilisation et du transfert du diuron par ruissellement. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*:475-481.
- Moussa, R.,** and C. Bocquillon. 2000. Approximation zones of the Saint-Venant equations for flood routing with overbank flow. *Hydrology and Earth System Sciences* **4**: 251-261.
- Persson, M., R. Berndtsson, Y. Umegaki, **S. Nasri, J. Albergel, and P. Zante.** 2000. Solute transport and water content measurements in clay soils using time domain reflectometry. *Hydrological Sciences Journal* **45**:833-848.
- Ribolzi, O., **P. Andrieux,** V. Vallès, T. Bariac, and **M. Voltz.** 2000. Contribution of groundwater and overland flows to storm flow generation in a cultivated Mediterranean catchment. *Journal of Hydrology*: 241-257.
- Salles C., J.,** Poesen et G. Govers, 2000: Statistical and physical analysis of soil detachment by raindrop impact: Rain erosivity indices and threshold energy. *Water Res. Research.*,36 (9): 2721-2729
- Salles C.** et J. Poesen, 2000: Rain properties controlling soil splash detachment. *Hydrological Processes*, 14, 271-282.

1999

- Cadet, P., and **J. Albergel.** 1999. Passive transport of phytoparasitic nematodes by runoff water in the Sudano-Sahelian climatic area. *Journal of Hydrology* **214**:91-102.
- Elbaz-Poulichet, F.,** Seyler, P., Maurice-Bourguin, L., Guyot, J.L., Dupuy, C., 1999. Trace element geochemistry in the upper Amazon drainage basin (Bolivia). *Chem. Geol.*, 157, 319-334
- Elbaz-Poulichet, F.,** Morley, N.H., Cruzado, A., Velasquez, Z., Achterberg, E., Braungardt, C., 1999a. Preliminary assessment of trace metal and nutrient concentrations (including metal speciation) in an extremely low pH (2.5) river-estuarine system, the Ria of Huelva (South-West Spain). *Sci Tot Env.*, 227, 1, 73-83.
- Elbaz-Poulichet, F.,** Dupuy C., 1999. Behaviour of Rare Earth Elements at the freshwater-seawater interface of two acid mine rivers: the Tinto and Odiel (Andalucia, Spain). *Applied Geochemistry*, 14, 8, 1063-1072.
- Achterberg, E., Braungardt, C., Morley, N.H., **Elbaz-Poulichet, F.,** Leblanc, M., 1999. Impact of Los Frailes mine spill on riverine, estuarine and coastal waters in southern Spain. *Water Research*, 33, 3387-3394.
- Job, J. O., J. L. Gonzalez Barrios,** and M. Rivera Gonzalez. 1999. Effect of soil moisture on the determination of soil salinity using electromagnetic induction. *Eur. J. Environmental and Engineering Geophysics* **3**:187-1999.
- Salles, C.** et Poesen, J., 1999. Performance of an Optical Spectro Pluviometer in measuring basic rain erosivity characteristics. *J. Hydrology*, 218 (3-4): 142-156.
- Salles, C.,** Poesen, J. et Borselli, L., 1999. Measurement of simulated drop size distribution with an Optical Spectro Pluviometer: Sample size considerations. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 24: 545-556.
- Vila, J. P., V. Wagner, P. Neveu, **M. Voltz, and P. Lagacherie.** 1999. Neural network architecture selection: new bayesian perspectives in predictive modelling. *Ecological Modelling* **120**:119-130.
- Wassenaar, T., P. Lagacherie, J. P. Legros,** and M. Rounsevell. 1999. Modelling Wheat Yield Response to Soil and Climate Variability at the Regional Scale. *Journal of Climate Research* **11**.

1998

- Bouzigues R., Favrot J.C., Chossat J.C., **Voltz M.,** 1998. Effect of the structural organization of stagnic luvisols on drainage outflow. *Canadian Journal of Soil Science*, 78, 631-641.

- Elbaz-Poulichet, F.**, Seyler, P., Maurice-Bourguin, L., Guyot, J.L., Dupuy, C. 1998. Trace element geochemistry in the upper Amazon drainage basin (Bolivia). *Mineralogical Magazine*, 62A. 423.
- Lennartz B., **Louchart X.**, **Voltz M.**, **Andrieux P.** 1998. Diuron and simazine losses to runoff water in mediterranean vineyards as related to agricultural practices. *Journal of Environmental Quality*, 26, 1493-1502.
- Leonard, J.**, **Andrieux, P.**, 1998. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in Southern France. *Catena*, 32, 209-223.
- Perez P., **Albergel J.**, Grouzis M., Diatta, 1998. Rehabilitation of a semiarid ecosystem in Senegal. Part 2. Plot scale experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment Journal*, 70, 19-29
- Salles, C.**, Creutin, J.D. et Sempere-Torres, D., 1998. The Optical Spectro Pluviometer revisited. *J. Atm. Oceanic Techn.*, 15(5): 1215-1222.
- Trambouze W.**, Bertuzzi P., **Voltz M.** 1998. Comparison of methods for measuring actual evapotranspiration in a row-cropped vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 91, 193-208.

Thèses soutenues au sein de l'équipe principale postulante 1999-2002

- Cazemier, D.** 1999. Utilisation de l'information incertaine dérivée d'une base de données-sols. Application à la cartographie des propriétés hydriques à l'échelle régionale, ENSA Montpellier, Montpellier, 177 pp.
- Louchart, X.** 1999. Transfert de pesticides dans les eaux de surface aux échelles de la parcelle et d'un bassin versant viticole. Étude expérimentale et éléments de modélisation. Thèse de doctorat en Science du Sol, ENSA de Montpellier, Montpellier, 263 pp.
- Marofi, S.** 1999. Dynamique des échanges hydrologiques entre réseau de fossés et nappes superficielles dans un bassin versant méditerranéen. Thèse de doctorat, ENSA de Montpellier, Montpellier, 240 pp.
- Colin, F.** 2000. Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires. Cas du bassin versant du Sousson (Gers, France). Thèse de doctorat ENGREF, ENGREF Paris, Montpellier, 226 pp. + annexes.
- Le Forner, S.** 2001. Modélisation hydrologique des échanges surface-souterrain avec réseau de fossés en milieu agricole méditerranéen, Université Montpellier II, Montpellier, 217 pp.
- Wassenaar, T.** 2001. Reconnaissance des états de surface du sol en milieu viticole méditerranéen par télédétection à très haute résolution spatiale. Mémoire de Thèse, ENSA, Montpellier, 228 pp.
- Lagacherie, P.** 2002. Cartographies des sols et de leurs propriétés à un niveau sub-régional. mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, Université de Montpellier II, Montpellier, 45 pp
- Persson M.** (1999): Conceptualisation of solute transport using time domain reflectometry, a combined laboratory and field study. D. Sc. Thesis, Rep. No. 1025, Dep. of Water Resour. Eng., Lund Univ., Lund, pp. 1-60 + 8 append.
- Estrada Avalos J.** (1999), Importance et fonctionnement des petits barrages dans une zone semi-aride du Nord-Mexique. Thèse soutenue en décembre 1999, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc
- Al Hourri R.** (2000), Anthropisation d'un petit bassin versant sahélien : effets sur le ruissellement et l'infiltration. Thèse soutenue en décembre 2000. Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc.
- Dridi B.** (2000) : Impact de aménagements CES sur les ressources en eau de surface dans le bassin versant du Merguellil. Thèse Soutenue CEREG U L P Strasbourg Dec 2000,
- Mansouri T.** (2001): Modélisation spatialisée des écoulements et des transports solides dans les bassins versants des lacs collinaires dans la Dorsale et le Cap Bon (Tunisie). Université de Tunis II (Bourse

IRD). Thèse soutenue à l'Université de Tunis II Fac des Sc. Dpt de Géologie. 380 p.

Askri B., 2002- Contribution à l'étude du processus de salinisation des sols irrigués en zone arides : cas de l'oasis Segdoud. Thèse de doctorat, spécialité Hydraulique, Université de Tunis El Manar, 164 p + annexes.

Thèse en cours utilisant les données de l'un ou l'autre ou des deux bassins

Chahinian Nanée : Optimisation multicritère des modèles hydrologiques - UMR LISAH Montpellier/ Un. Montp II

Hebrard Olivier : Modélisation de l'évapo-transpiration en bassin versant viticole - UMR LISAH Montpellier/ Un. Montp II

Guix Noëlle : Spatialisation du bilan hydrique de la vigne - UMR LISAH Montpellier/ Un. Montp II

Mekki Insaf : Modèle de bilan hydrique d'un bassin versant méditerranéen - UMR LISAH Tunisie/ Un. Montp II- INA Tunis

Gay Deborah : Evaluation de la recharge des nappes superficielles par les petits barrages : approche par traçage isotopique - UMR LISAH Tunisie/ Un. Orsay

Labiadh Mariem : Typologie des ravins et de l'érosion ravinatoire dans la dorsale tunisienne par télédétection et SIG – UMR LISAH Tunisie/ Un. Tunis

Devez Aurélie : Contribution à la caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques – UMR Hydrosiences/ Un. Montp II

FORMAT DES RÉPONSES À L'APPEL D'OFFRES

- Format libre, sous réserve que toutes les rubriques soient documentées
- Le document devra comprendre une fiche-résumé de 3 pages maximum
- Les projets devront faire apparaître très clairement la mise de fonds et /ou de personnels des Organismes à affecter ou déjà affectés, pour les services qui existent.
- Le visa des organismes de tutelle du projet (Organismes de recherche, Universités) sera indispensable, au niveau approprié décidé par les Organismes. Le visa du Directeur d'OSU ou d'IFR sera également requis, le cas échéant.

Date limite de dépôt des dossiers :

Lundi 18 mars 2002

Les dossiers sont à envoyer simultanément :

*** sous forme papier en 3 exemplaires signés**

à

Monsieur Bernard ITIER

Ministère de la Recherche

Direction de la Recherche – CDR 3

1, rue Descartes

75231 – PARIS Cedex 05

*** et par e-mail à :**

michelle.rea@recherche.gouv.fr

Le projet adressé par e-mail comportera, pour faciliter la gestion, deux fichiers séparés :

- un, correspondant au projet,
- un, correspondant à la fiche-résumé de 3 pages maximum