



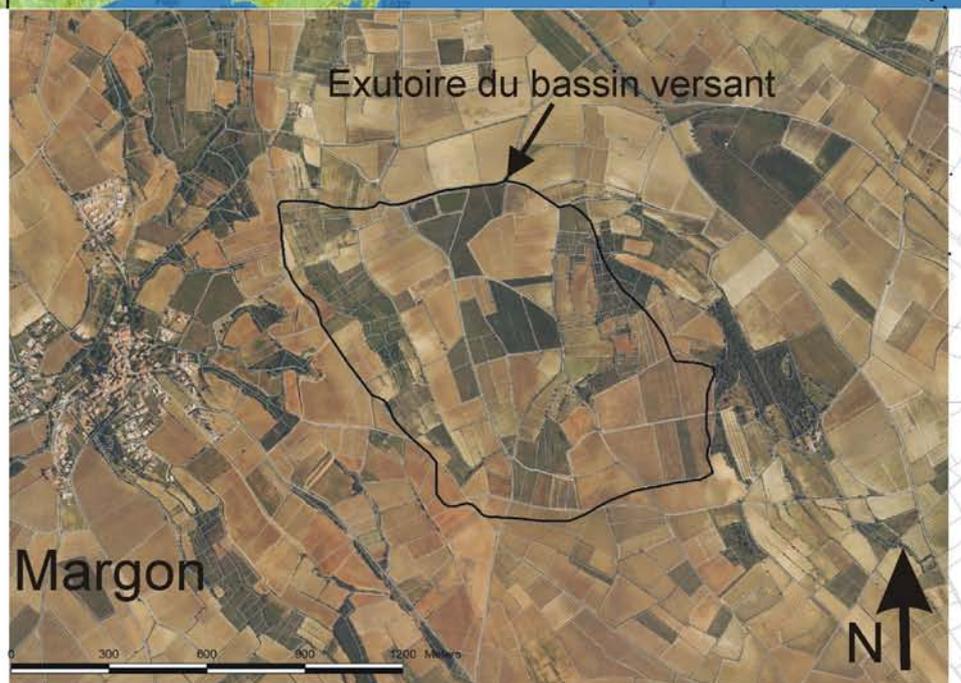
OMERE

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

Le dispositif d'observation sur le bassin versant de Roujan (Peyne, France)

Rédaction collective des membres du consortium
pilotant l'ORE OMERE
Coordination : Guillaume Coulouma
Version mai 2014

Le bassin versant de Roujan - localisation



Sommaire

1- OMERE : L'observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau.....	4
2- Présentation du site.....	6
3- Pratiques et états de surface.....	12
4- Fonctionnement hydrologique du bassin versant.....	14
5- Dynamique de pollution des eaux par les pesticides.....	16
6- Quantification de l'érosion.....	18
7- Mesure de l'évaporation réelle (ETR) par covariance turbulente.....	20
8- Développement de méthodes de spatialisation.....	22
9- La métrologie et les capteurs innovants.....	24
Références significatives utilisées.....	26

1 - OMERE : L'Observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau

1.1 - Un observatoire co-piloté par 4 partenaires tunisiens et français

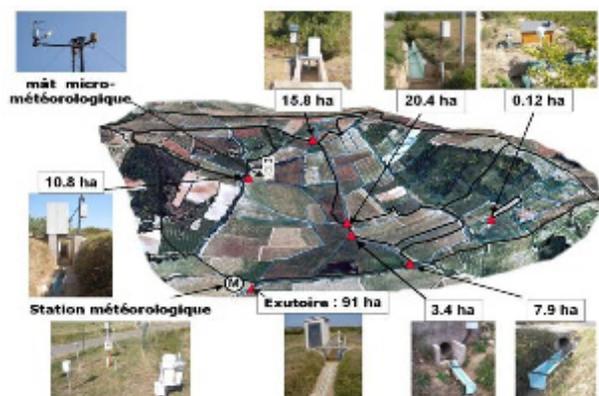


1.2 Progresser dans la compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes cultivés méditerranéens

- 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
- Evaluer les dynamiques et les intensités respectives des phénomènes d'érosion en relation avec l'anthropisation du milieu
- 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.
- 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.

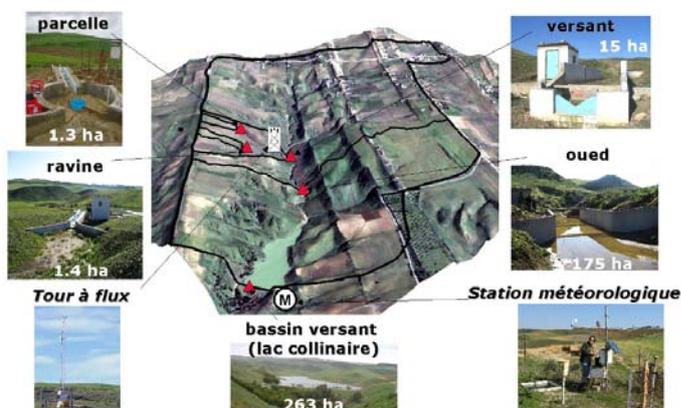
1.3 Deux bassins versants au Nord et au Sud de la Méditerranéen

Bassin de Roujan - France



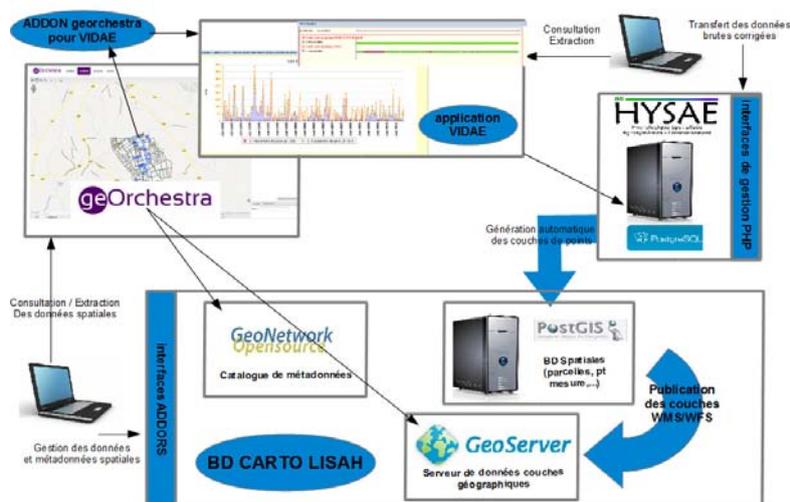
depuis 1992

Bassin de Kamech - Tunisie



depuis 1994

1.4 Un système d'information pour la gestion et diffusion des données

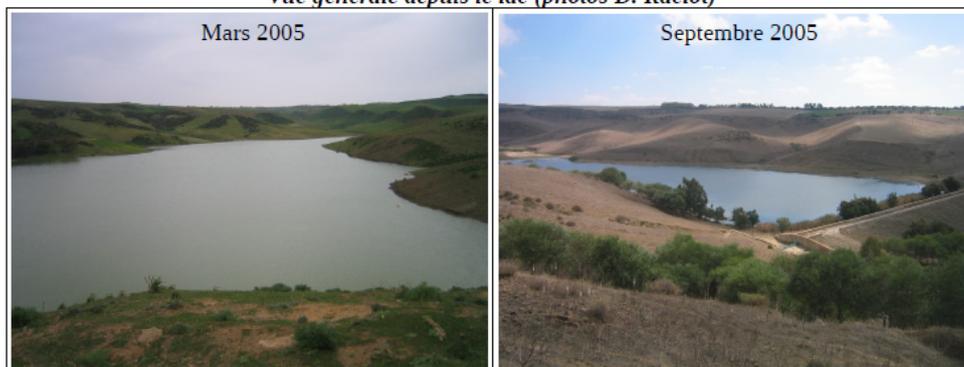


1.5 Un instrument pédagogique

- Formations en France (Montpellier SupAgro, UM2, ...) comme en Tunisie (INAT, ENIT, ENIS)
- Formation doctorale : 16 thèses depuis 2008 dont 9 au Sud

1.6 Le bassin versant de Kamech

Vue générale depuis le lac (photos D. Raclot)



Vue sur un versant de Kamech (photos D. Raclot)



plus d'infos: <http://www.obs-omere.org/>

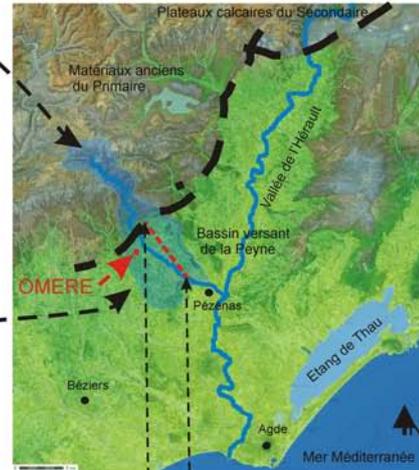
2 - Présentation du site de Roujan

2.1 - Milieu physique

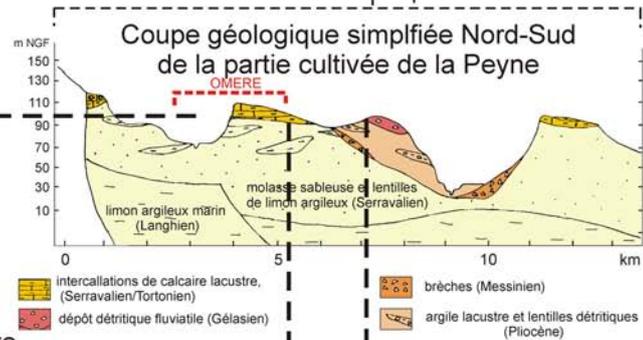
Le milieu physique du bassin versant de la Peyne

Partie amont faiblement cultivée,
maquis et pentes fortes

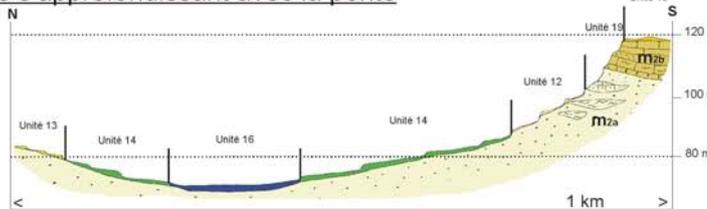
Partie aval cultivée en vigne,
pentes faibles



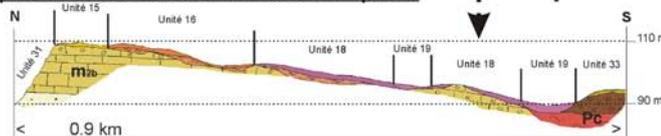
Les matériaux géologiques et leur mode de mise en place successive conditionnent la répartition des sols et de leurs propriétés



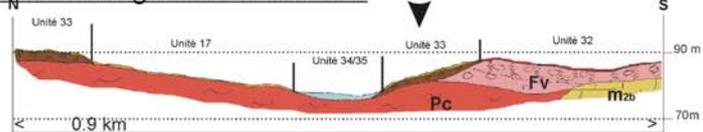
Sols s'approfondissant avec la pente



Sols de propriétés très variables dans l'espace



Sols anciens argileux et caillouteux



Zoom sur le site de Roujan

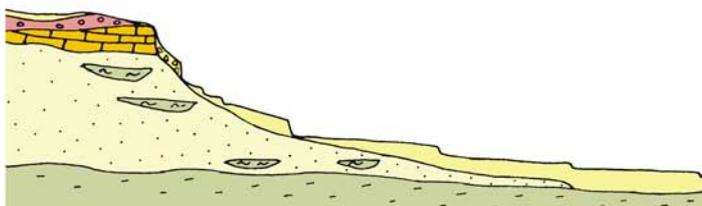


Glacis et dépression, sols limoneux s'approfondissant vers l'exutoire

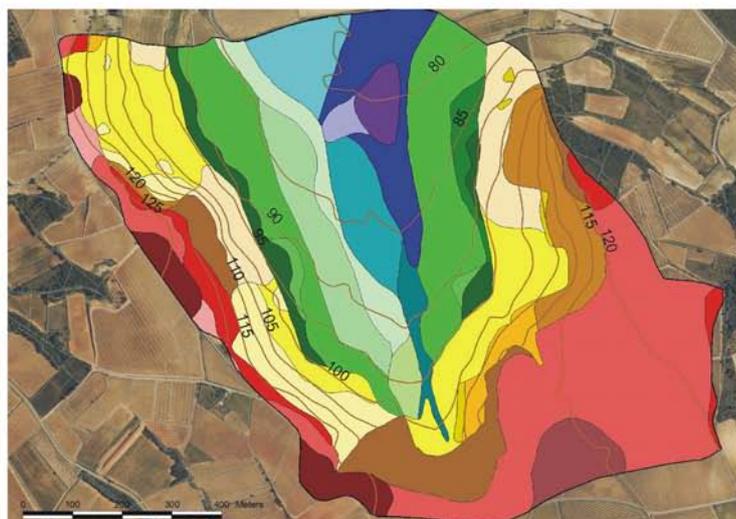
Fortes pentes aménagées, sols limoneux superficiels et affleurements

Plateau, sols caillouteux et argileux

Coupe géomorphologique du flanc ouest



Carte des sols au 1/5000ème du site



Sols caillouteux, limono argileux irrégulièrement calcaires à nappe temporaire

Sols limoneux peu profonds très calcaires avec affleurements de molasse Miocène



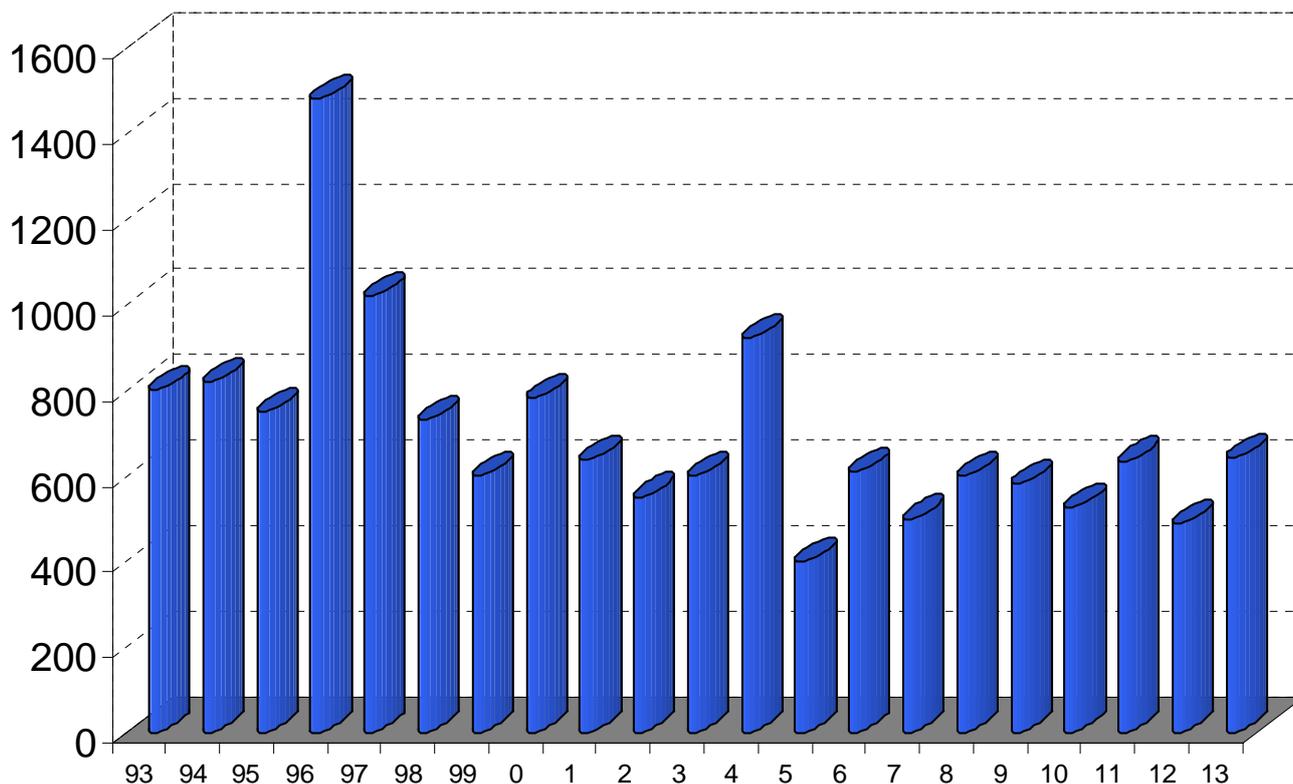
Sols limoneux calcaires profonds à très profonds



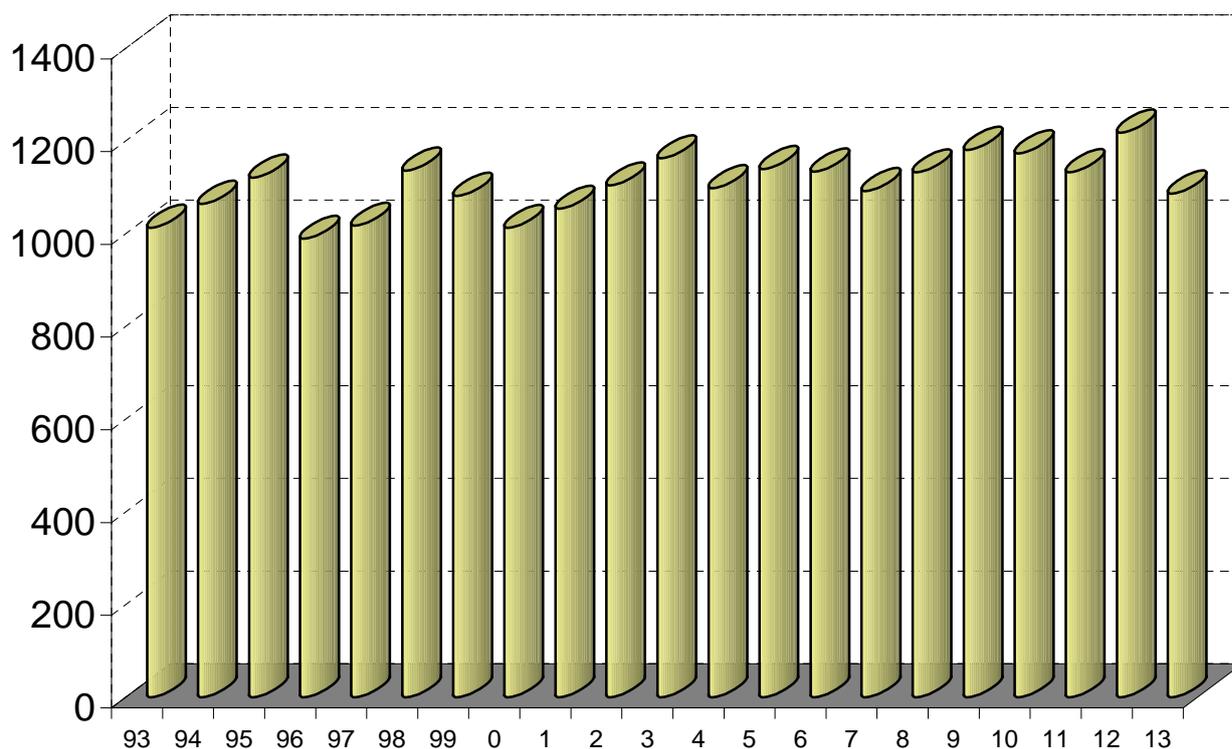
Sols limoneux à argileux très profonds (>3 m) hydromorphes à nappe permanente



2.2 - Climat / débit à l'exutoire / hydrochimie



Précipitations annuelles à Roujan depuis 1992 (mm/ année hydrologique)



Evapotranspirations de référence annuelles à Roujan depuis 1992
(mm/ année hydrologique)

{L'évaporation de référence correspond à l'évaluation
de l'évaporation d'un gazon bien alimenté en eau}

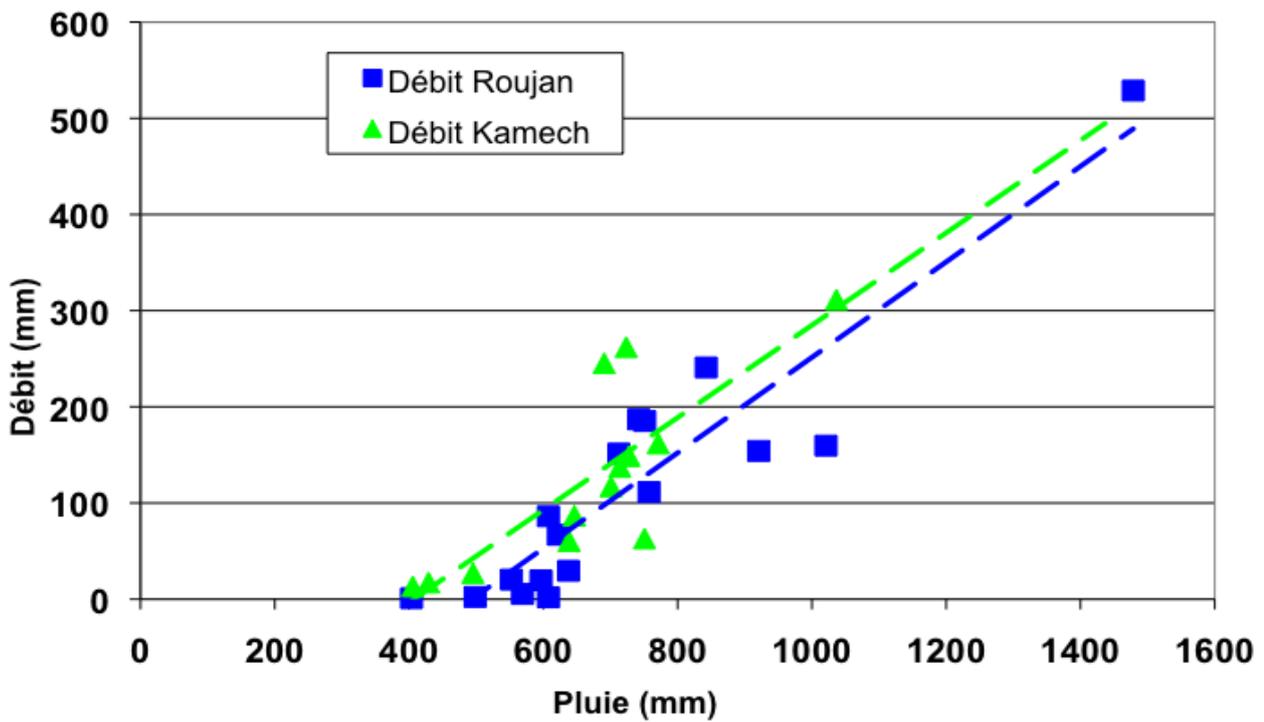


Diagramme Pluie/Débit à l'exutoire des bassins versants D'OMERE (1992-2012)

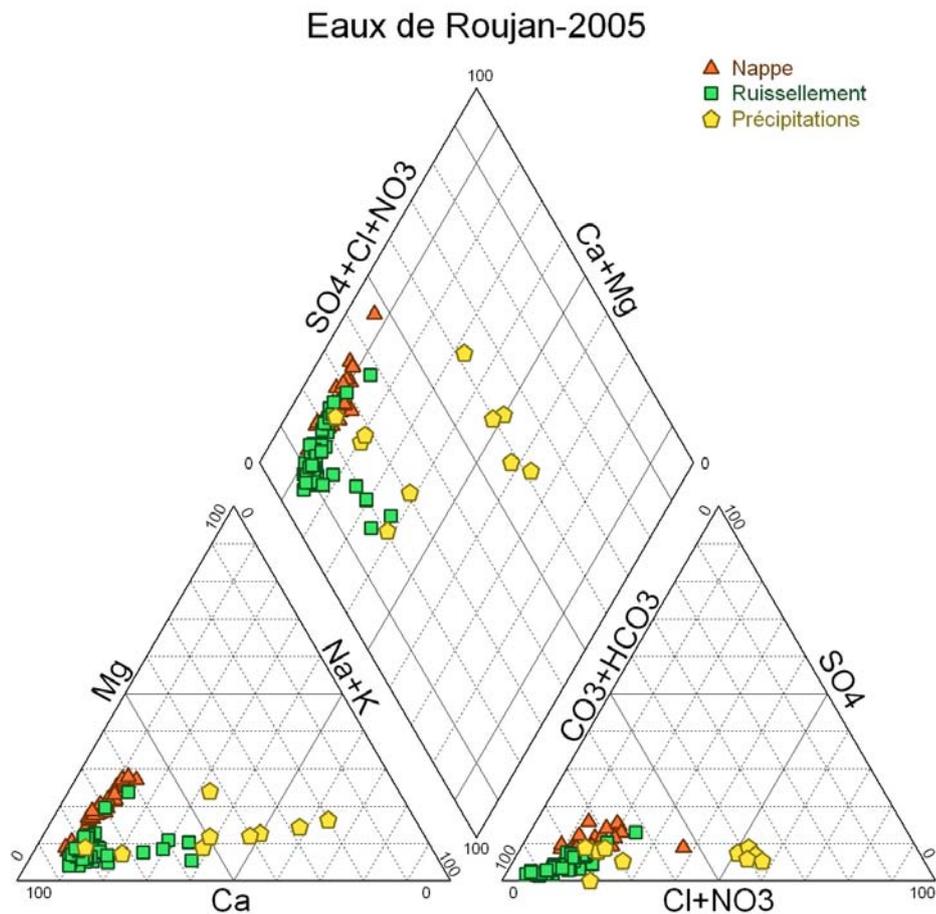
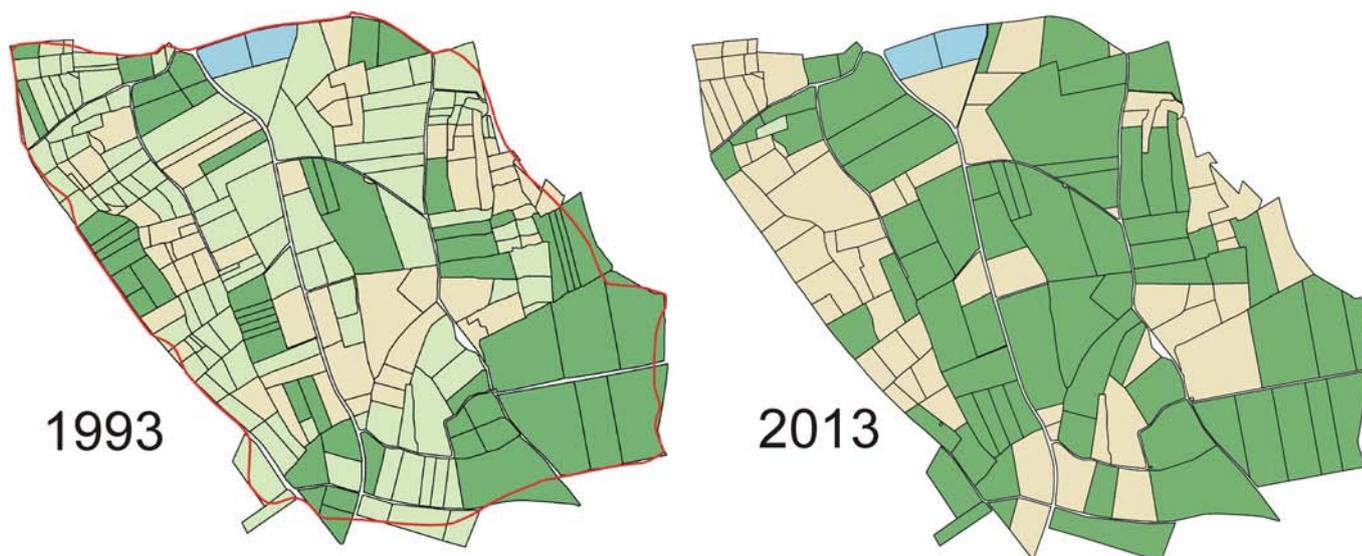


Diagramme de Pimper pour les eaux de Roujan en 2005

2.3 – Occupation du sol et aménagements anthropiques



 Autres cultures et friches

 Vigne palissée



 Vigne gobelet



Ces deux cartes issues de relevés d'occupation du sol sur le site de Roujan montrent l'évolution notable de l'occupation du sol depuis 20 ans. Les vignes taillées et organisées en gobelets ont disparu au profit de vignes palissées propices à la mécanisation. Par ailleurs, les zones de fortes pentes aménagées en terrassettes encore cultivées en 1993 ont été abandonnées. Les vignes occupent aujourd'hui majoritairement les zones centrales.



Les aménagements anthropiques sont nombreux sur le site. Les photos ci-dessus montrent l'exemple d'un fossé ceinturant une parcelle et d'un fossé jouxtant la route centrale du bassin. Plus de 10 km de fossés sont relevés sur l'ensemble du site de 91 ha.

2.4 - Pratiques d'entretien des sols viticoles

Aujourd'hui, la principale pratique régionale d'entretien des sols viticoles consiste à travailler mécaniquement l'inter rang et désherber chimiquement le rang de vigne.



Le désherbage chimique de la totalité de la surface du sol est actuellement en forte régression. Seule la parcelle expérimentale AW6 est encore maintenue en désherbage intégral.

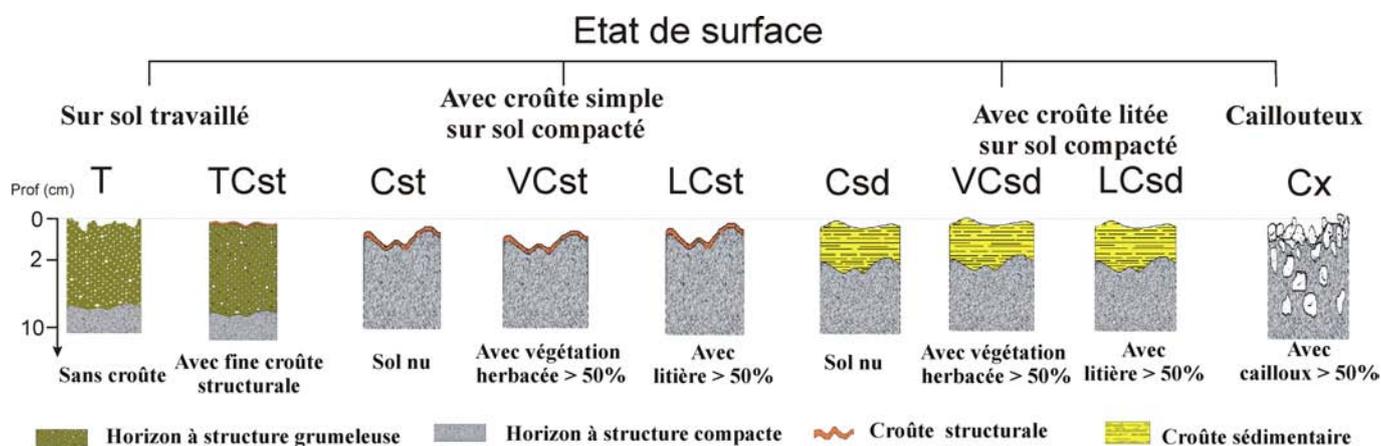


L'enherbement permanent de l'inter rang n'est pas représenté actuellement sur le site mais reste représentatif d'une pratique adoptée en cas de sols à faible portance ou pour contrôler la production. En milieu méditerranéen, cette pratique génère une concurrence hydrique et azotée vis à vis de la vigne.



3 - Pratiques culturales et états de surface

3.1 – Classification des états de surface (EDS) {ref 1,2}

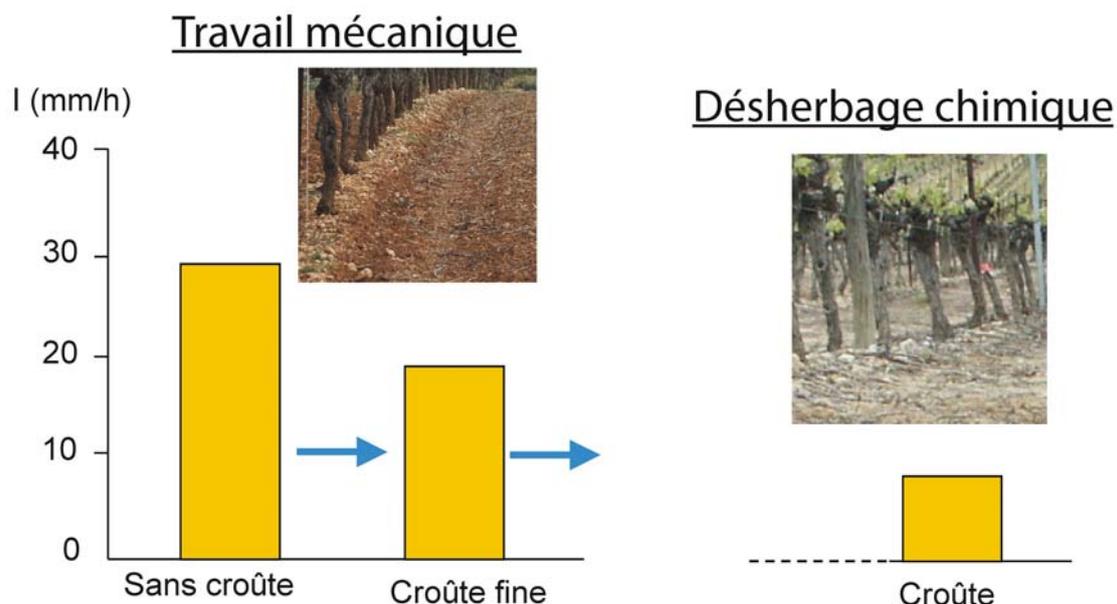


Les états de surface du sol (EDS) incluent différentes caractéristiques structurales, texturales, et de couverture du sol par des éléments minéraux (cailloux) ou organiques (débris de végétaux et couverture végétale). Ils modifient notamment les propriétés d'infiltrabilité et d'érodibilité de la surface du sol et influencent directement le partage entre l'infiltration et le ruissellement lors des événements pluvieux. En milieu cultivé, les EDS évoluent en fonction des opérations culturales, de la pousse de la végétation, des caractéristiques physico-chimiques du sol et des événements de pluie. Les EDS sont donc très variables dans l'espace et dans le temps. Différentes expérimentations ont permis de classer les EDS en milieu cultivé méditerranéen et de leur associer une infiltrabilité en surface du sol.



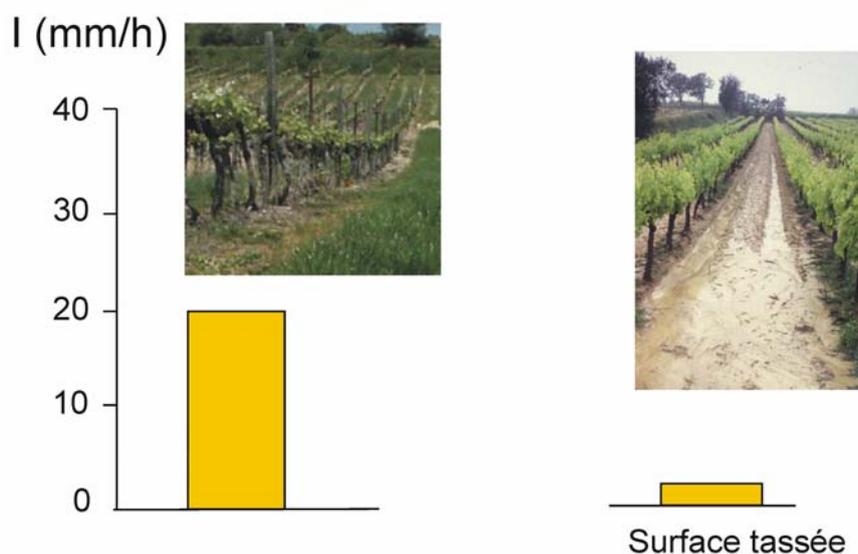
Cartographie des EDS réalisée à l'échelle du bassin versant à une date donnée.

3.2 - Lien entre les EDS et l'infiltrabilité de surface du sol {ref 1}



L'infiltrabilité est maximum en l'absence de croûte en surface juste après un travail mécanique du sol. Les EDS évoluent avec la mise en place progressive d'une croûte, qui s'épaissit au cours de chaque nouvelle pluie. La croûte peut devenir épaisse dans le cas d'un désherbage chimique du sol sans reprise mécanique.

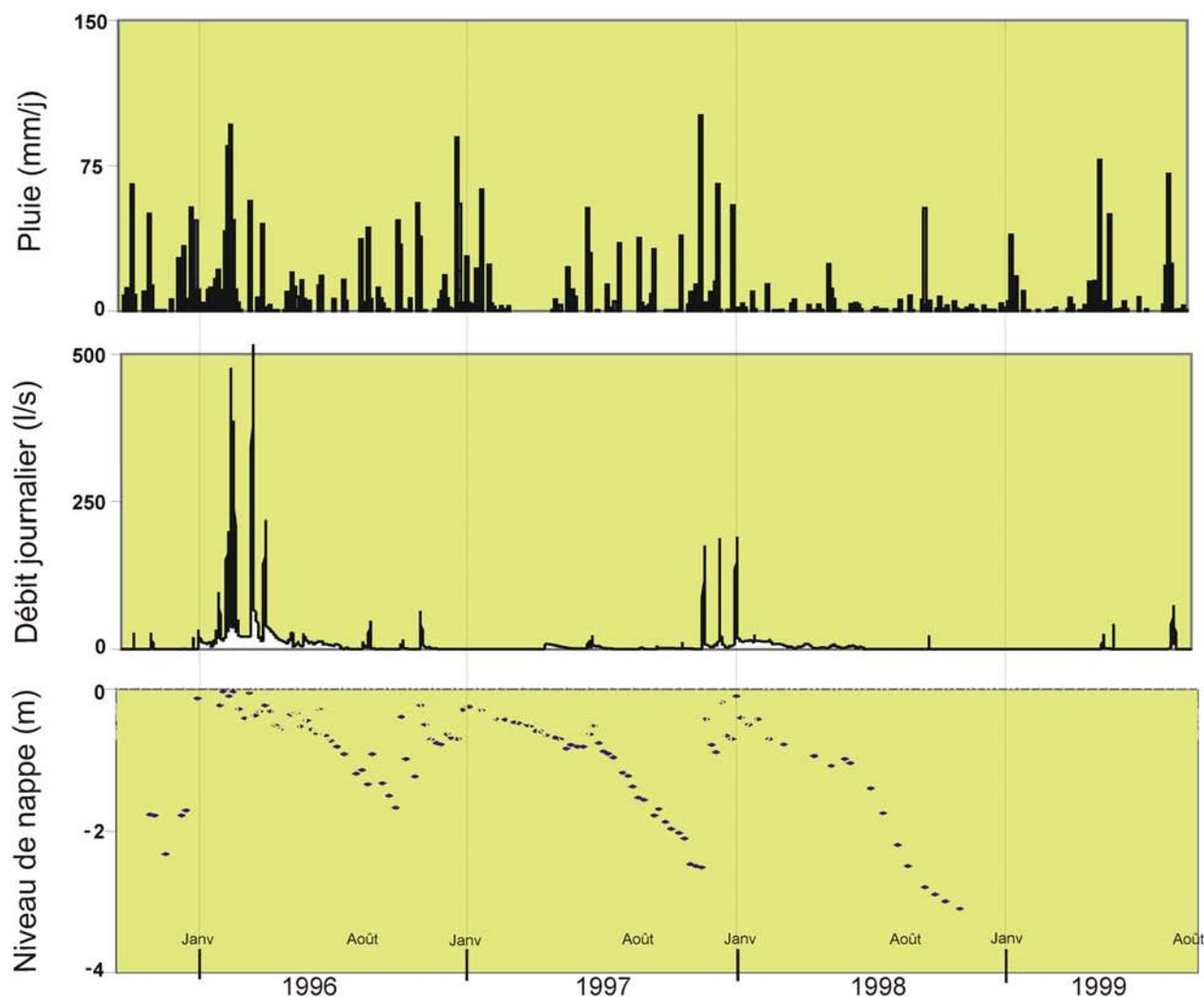
Enherbement



L'infiltrabilité de surface dans le cas d'un enherbement permanent de l'inter rang est inférieure au cas de l'inter rang travaillé mécaniquement mais ne subit pas d'évolution significative après un événement de pluie. Sur une année culturale, l'enherbement maintient une infiltration moyenne plus forte. Par ailleurs, le tassement du sol du aux passages répétés de tracteurs provoque une chute importante de l'infiltrabilité de surface.

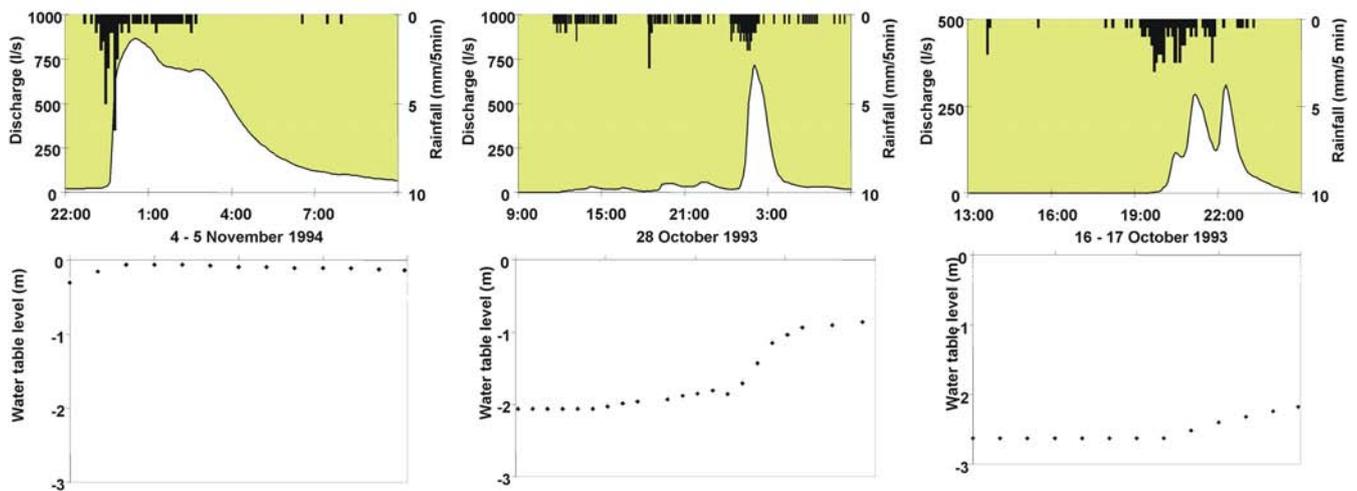
4 – Fonctionnement hydrologique du bassin versant de Roujan {ref 3,4,5,6,7}

4.1 - Pluies, débits et niveaux de la nappe à l'exutoire du bassin versant : exemple de la période 1995-1999 marquée par des extrêmes hydroclimatiques



On observe : i) une forte variabilité intra-annuelle des pluies caractéristique du climat méditerranéen ii) une réponse hydrologique à l'exutoire du bassin qui dépend des intensités de pluie et des conditions initiales d'humidité iii) un débit de base en hiver lorsque la nappe est haute, et une absence d'écoulement lorsque la nappe est basse.

4.2 – Exemples de trois crues caractéristiques de l'exutoire du bassin versant



a. High water table.

Evènement pluvieux où le niveau de la nappe est haut suite à une recharge hivernale occasionnant un écoulement important à l'exutoire du bassin

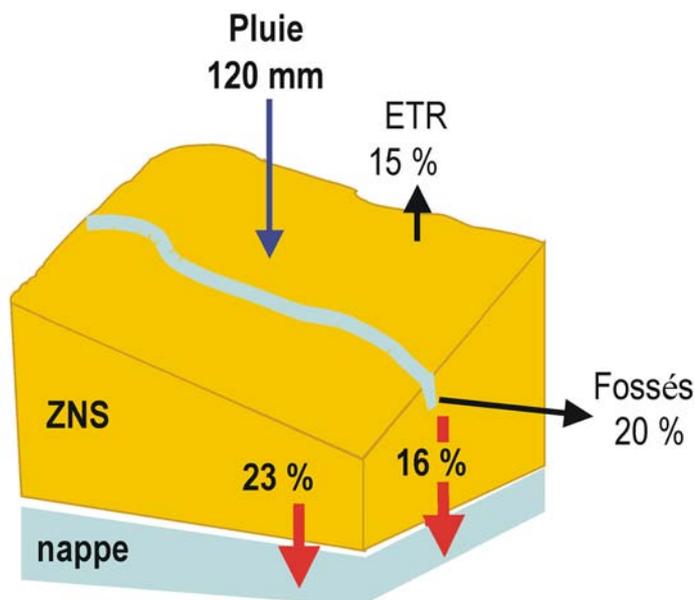
b. Transient event.

Evènement pluvieux automnal illustrant la recharge de la nappe avec un niveau bas de la nappe en début de crue et un niveau haut en fin de crue

c. Low water table.

Evènement pluvieux automnal en condition de nappe basse occasionnant une faible crue et ne permettant pas la remontée de la nappe

4.3 – Exemple d'un bilan hydrologique au cours d'un évènement pluvieux {ref 5}



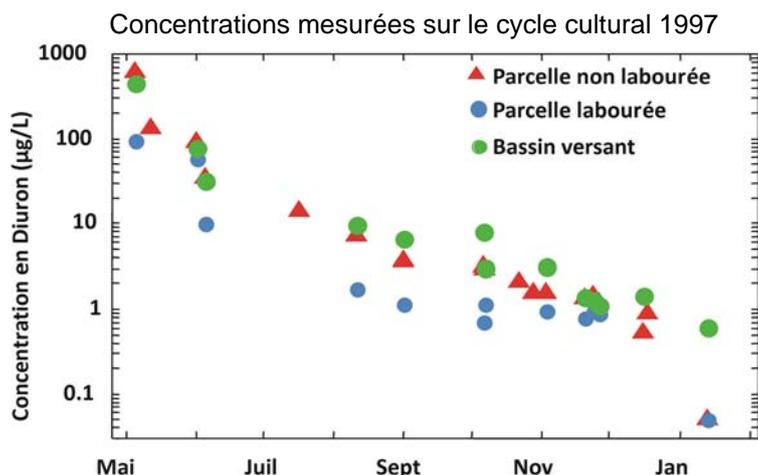
Le bilan hydrologique de l'évènement pluvieux automnal significatif de novembre 2005 permet de montrer :

- que le réseau de fossés a un rôle important en favorisant l'infiltration vers la nappe
- que la recharge de la nappe via le réseau de fossé est du même ordre de grandeur que la recharge par drainage classique de la zone non-saturée.

5 - Dynamique de pollution des eaux par les pesticides

Depuis son démarrage, un objectif spécifique du bassin versant de Roujan a été l'étude de la dynamique des contaminants d'origine agricole dans un contexte méditerranéen. L'accent a été mis sur les pesticides en raison de leur fort usage en viticulture qui utilise près de 20% du tonnage en pesticides vendus en France alors qu'elle ne couvre que 5% de sa surface agricole utile. Les suivis effectués ont concerné des produits organiques de synthèse, essentiellement des herbicides en raison de leur fréquente détection dans les eaux de surface et souterraine dans la région, et des métaux et métalloïdes, largement utilisés dans les préparations fongicides comme le cuivre ou des préparations acaricides jusqu'en 2001 comme l'arsenic.

5.1 – Processus de contamination des eaux par un herbicide : le diuron {ref 8,11}

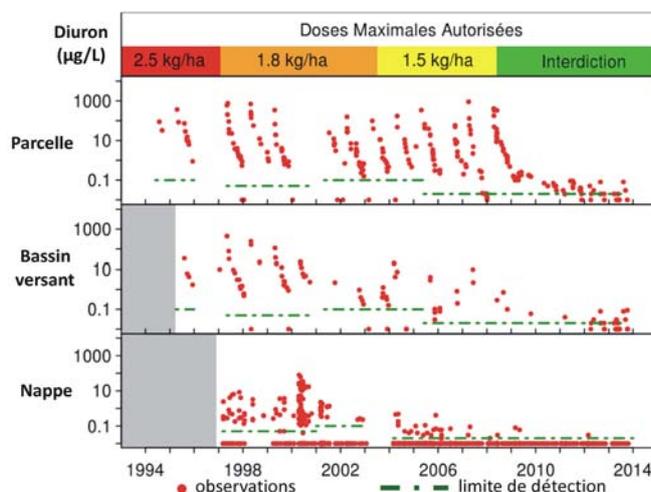


□ On constate la similitude d'évolution des concentrations entre les échelles parcellaires et celle du bassin liée à la dissipation lente de la molécule dans les couches de surface des sols traités.

□ La contamination des eaux à l'exutoire du bassin est essentiellement liée au ruissellement Hortonien parcellaire, après dilutions par du débit de base peu pollué et du ruissellement provenant de parcelles non traitées.

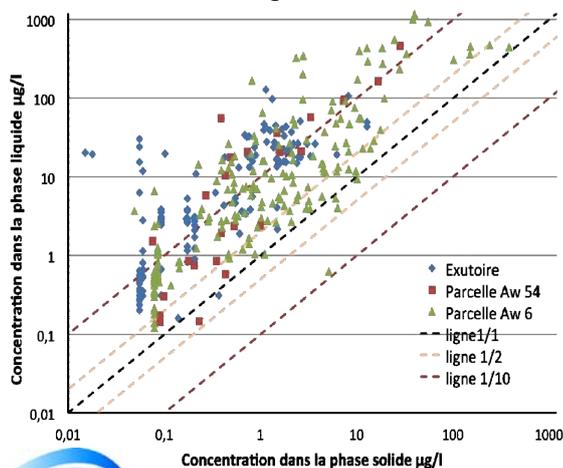
Observation de la contamination des eaux de surface et souterraines en relation avec les changements réglementaires en matière d'épandage de diuron

A l'échelle parcellaire seul l'arrêt de l'usage de la molécule provoque une diminution progressive des fuites. A l'échelle du bassin et de la nappe centrale, la diminution se produit préalablement, mais en lien avec une diminution des surfaces traitées qui a été concomitante des limitations d'usage.

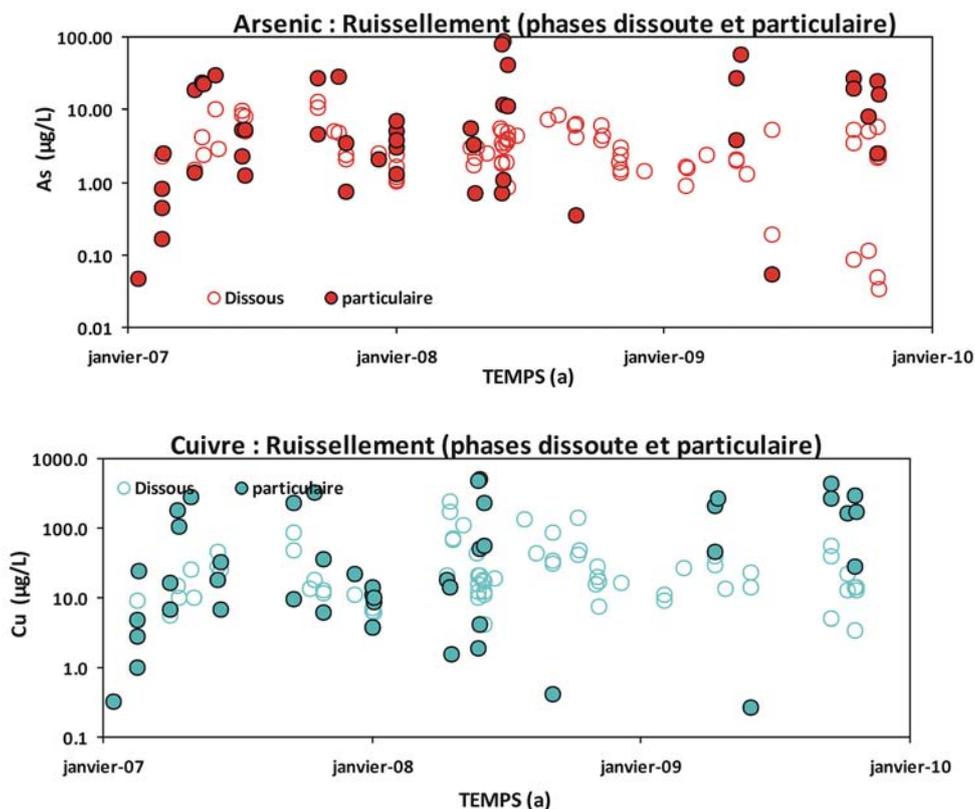


Distribution du diuron transporté entre phases liquide et solide dans les écoulements de surface.

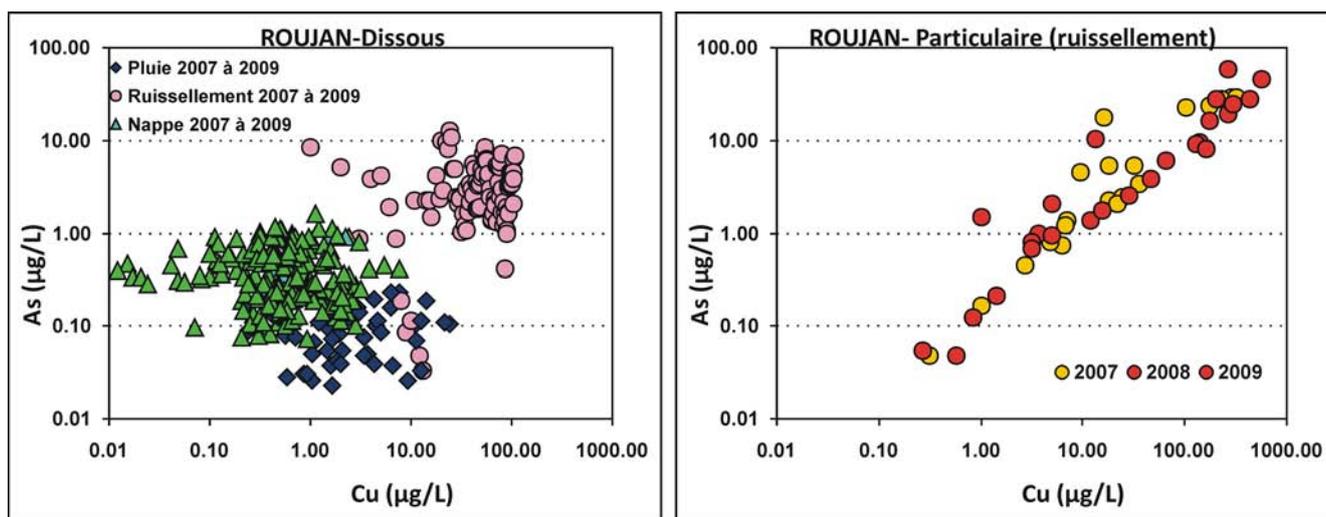
Le diuron est majoritairement exporté en phase liquide sur l'ensemble des eaux de ruissellement à différentes échelles.



5.2 - Processus de contamination des eaux par un métal, le cuivre, et un métalloïde, l'arsenic. {ref 9,10}



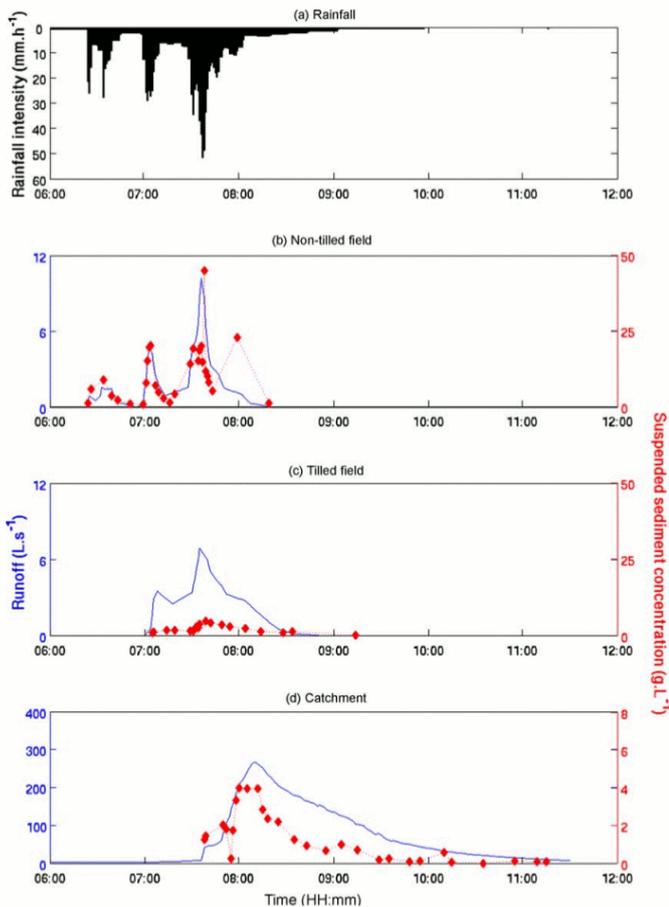
Une contamination chronique des eaux de surface par le cuivre et l'arsenic est constatée. Elle ne montre pas de saisonnalité comme la contamination par les pesticides organiques, car elle est consécutive à une accumulation importante de ces éléments dans le sol. Ainsi, l'arrêt de l'usage de l'arsenic en 2001 ne minore pas la contamination les années suivantes. Par ailleurs, le transfert particulaire de ces éléments est à l'origine des pics de teneurs, en liaison avec les évènements les plus érosifs.



La relation entre teneurs en cuivre et arsenic varie en fonction du compartiment hydrique du bassin observé. L'eau de pluie présente des concentrations très faibles et les eaux de ruissellement sont les plus contaminées. On note une relation quasi-linéaire entre les teneurs en cuivre et arsenic sur la phase particulaire du ruissellement.

6 - Quantification de l'érosion

6.1 - De la parcelle au bassin versant {ref 15}

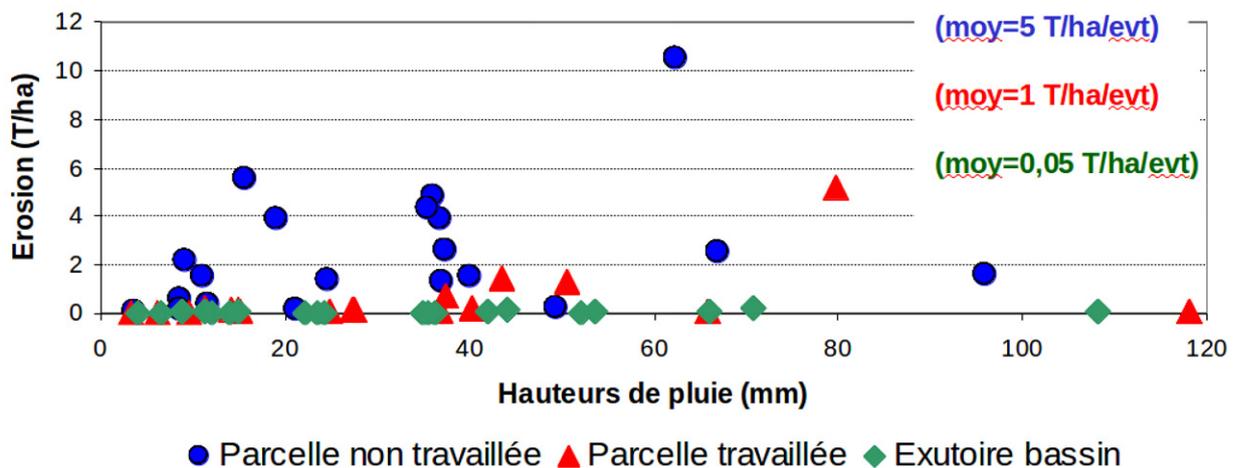


□ Impact des pratiques d'entretien des sols à l'échelle parcellaire

L'analyse d'une série d'événements érosifs mesurés de façon concomitante sur une parcelle non travaillée désherbée chimiquement, une parcelle désherbée par travail du sol et l'exutoire du bassin versant de Roujan a permis de montrer qu'à l'échelle parcellaire la pratique de désherbage chimique conduit à des flux érosifs nettement plus importants que la pratique de travail mécanique du sol

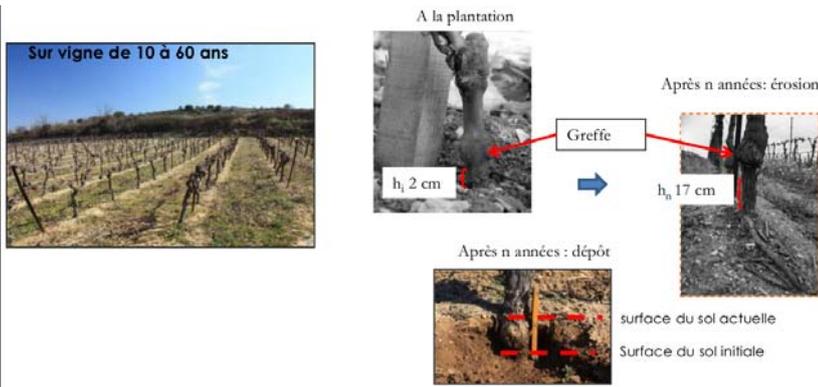
□ Effet d'échelle

La majeure partie des sédiments quittant les parcelles n'arrive pas à l'exutoire. Le taux d'érosion parcellaire est de l'ordre 10 T/ha/an alors que le taux d'érosion à l'exutoire du bassin versant de Roujan est de l'ordre de 0,3 T/ha/an.



6.2 - Quantification des redistributions de sol sur le long terme (~100 ans)

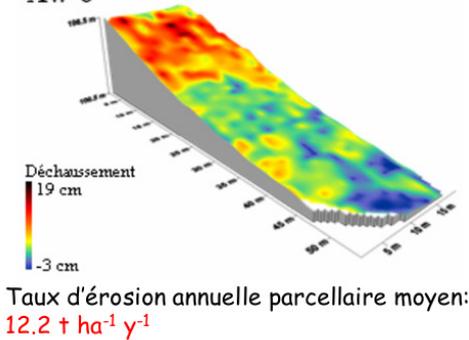
- par déchaussement de pieds de vigne {ref 14}



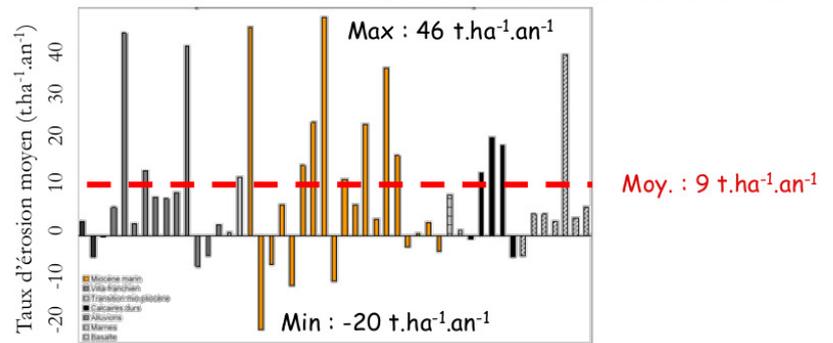
Des cartographies fines basées sur la méthode du déchaussement de pied de vigne ont été mises en oeuvre sur plusieurs parcelles de Roujan et ses environs. Cette méthode présente l'avantage de fournir une vision de la variabilité régionale des taux d'érosion moyen terme à l'échelle parcellaire, ainsi qu'une image de la redistribution de sol au sein des parcelles.

Spatialisation et intégration spatiale parcellaire (P6 Roujan)

AW-6



Variabilité des taux d'érosion moyens parcellaires (50 parcelles Peyne)



- par simulation au sein de Roujan pour 100 année en condition stationnaire {ref 12,13}



Cette modélisation a été réalisée grâce à Landsoil, modèle distribué combinant érosion hydrique et aratoire. Sur le scénario présenté, le modèle montre une forte redistribution intra-parcellaire du sol liée à une prédominance de l'érosion aratoire (60%) par rapport à l'érosion hydrique (40%), et une exportation nette au niveau de l'exutoire du bassin de 0,31 T/ha/an.

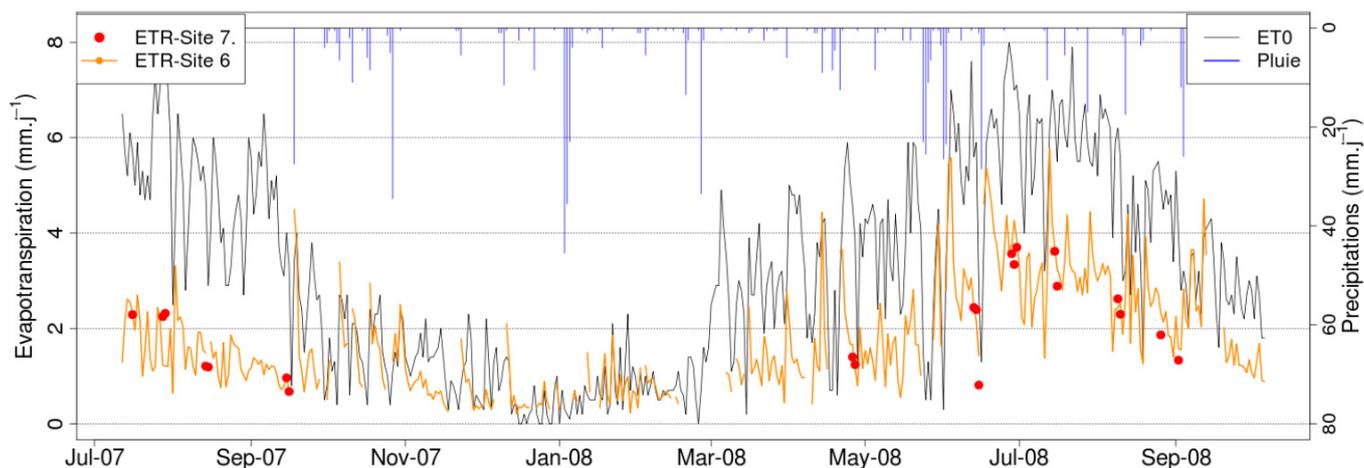
7 - Mesure de l'évaporation réelle (ETR) par covariance turbulente {ref 16,17,18,19}

La technique des covariances turbulentes permet de mesurer les flux échangés entre l'ensemble sol-végétation et l'atmosphère : flux de quantité de mouvement, de chaleurs sensible et latente (ETR), de dioxyde de carbone (photosynthèse nette le jour, respiration la nuit). Il s'agit de mesures continues (pas de temps horaires ou infra-horaires) et spatialement intégrées : surface échantillonnée de quelques centaines de mètres carrés (parcelle agricole) à quelques dizaines d'hectares (petit bassin versant) selon la hauteur des instruments.

Les dispositifs de mesure par covariances turbulentes (« tours à flux ») installés sur les bassins versants de l'ORE OMERE, Roujan et Kamech, ont notamment permis de montrer la pertinence de ces mesures sur parcelles hétérogènes et leur capacité à établir des chroniques annuelles d'ETR. Ils ont permis de valider des méthodes d'estimations de l'ETR à partir d'images satellites dans l'IR thermique. Une méthode d'analyse et de correction de l'effet du relief sur les mesures par covariances turbulentes a de plus été mise au point.



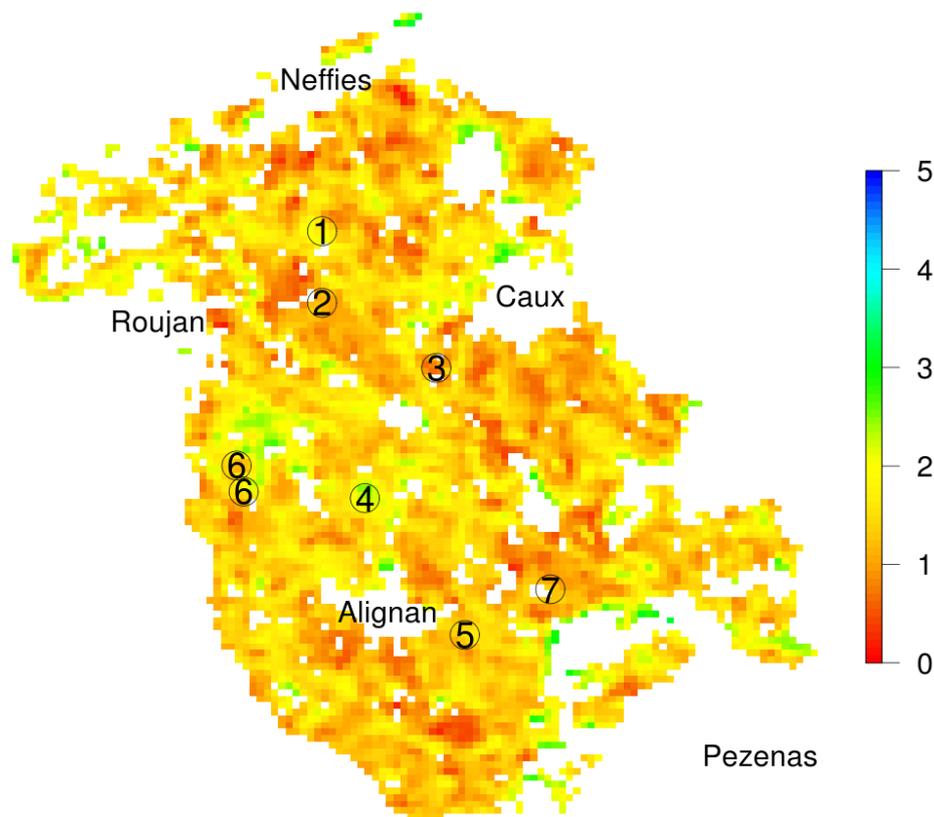
Vue du BV de Roujan depuis la "tour à flux"
(hauteur : 6.2 m, footprint \approx 12 ha)



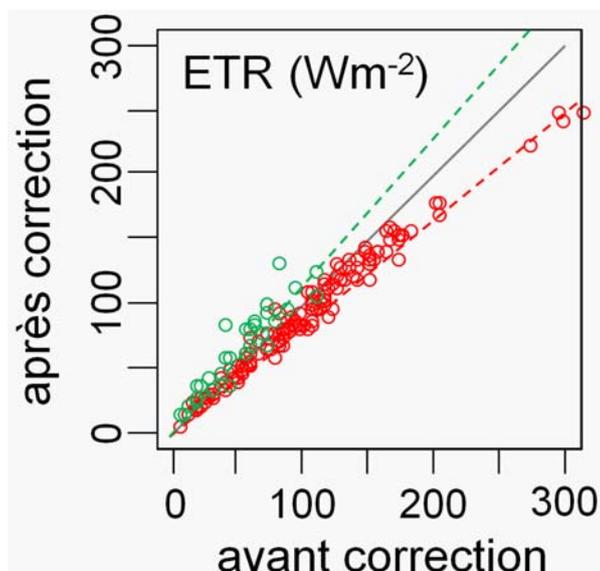
Chronique d'ETR mesurée sur le BV de Roujan.

Ligne noire : évapotranspiration de référence, ligne orange : ETR mesurée, ronds rouges : évapotranspiration estimée à partir d'image satellites.

Evapotranspiration le 15 septembre 2007 (mm.j^{-1})



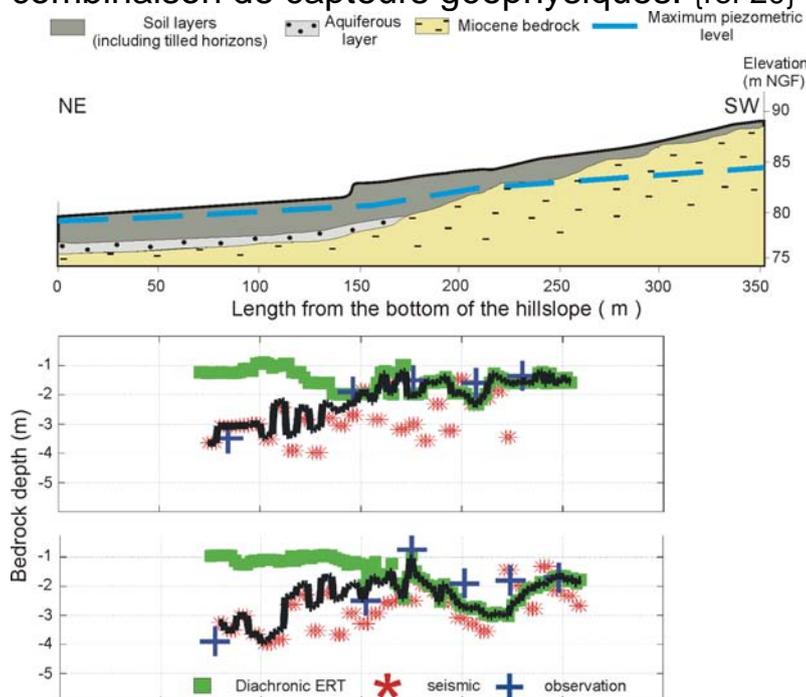
Cartographie de l'évapotranspiration sur la basse vallée de la Peyne, avec la localisation des parcelles de validation.
Seules les parcelles de vigne sont représentées.



ETR mesurée par covariances turbulentes en conditions de relief collinaire :
correction de l'effet de la pente selon la direction du vent.
Cercles verts : vent ascendant, cercles rouge : vent descendant.

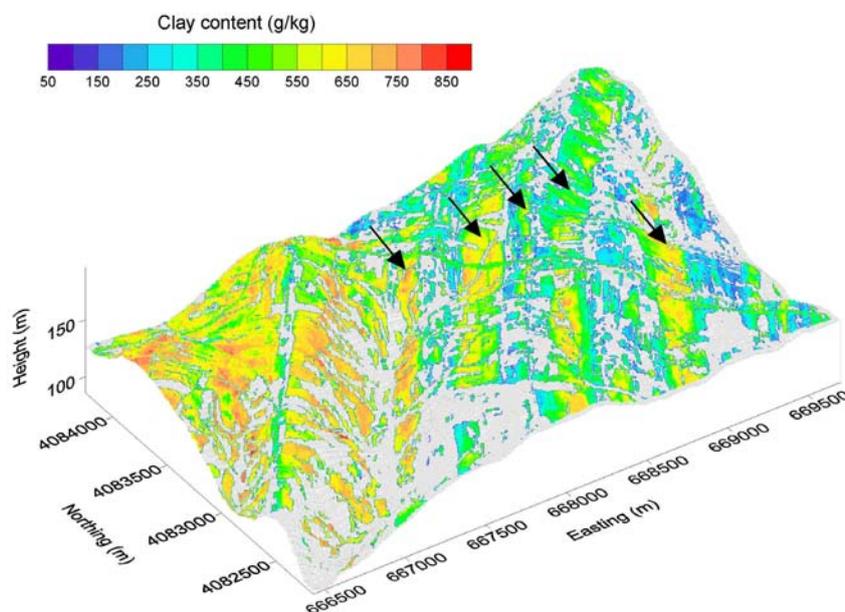
8 - Développement de méthodes de spatialisation de propriétés d'intérêt hydrologique

8.1 - Détermination de la profondeur d'apparition du substratum (trait noir) par une combinaison de capteurs géophysiques. {ref 20}



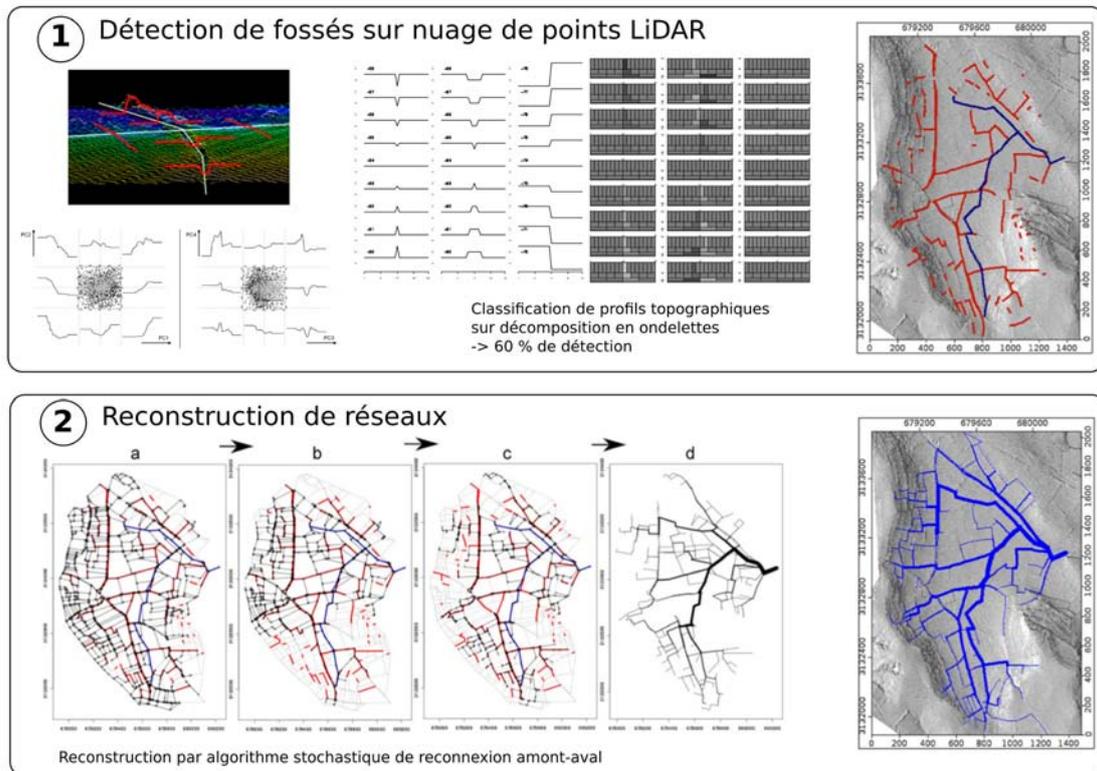
L'exemple sur une toposéquence de Roujan montre l'intérêt de combiner l'analyse des ondes de surface avec la résistivimétrie diachronique, méthodes basées sur des principes physiques très différents. La résistivimétrie est performante si le substratum est proche de la surface alors que la sismique est efficace en bas de versant avec un substratum profond.

8.2 - Spatialisation des taux d'argile des horizons superficiels des sols sur le bassin versant de Kamech à partir d'imagerie hyperspectrale. {ref 21}



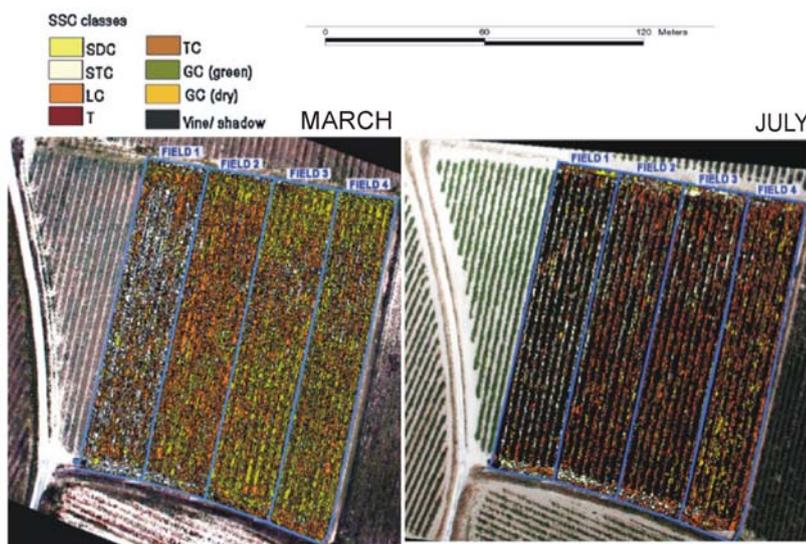
La forte résolution spatiale (5m) et la grande précision des estimation ($R2cv = 0.80$) permet de saisir les variations rapides de taux d'argile liées aux alternances entre affleurements marneux et gréseux. Au delà de la surface du bassin de Kamech, cette information est disponible sur 300 km² englobant le bassin Versant du Lebna.

8.3 - Spatialisation du réseau de fossés du bassin versant de Roujan à partir de levés topographiques LiDAR {ref 22,23}



Les mesures par LiDAR aéroporté multi-échos permettent la détection d'environ 60 % du linéaire de fossés du fait de la forte couverture végétale des fossés. Une procédure de reconstruction d'un réseau plausible par reconnexion des biefs de fossés détectés par LiDAR a été développée.

8.4 - Cartographie fine des états de surfaces à partir d'images de proxy-détection {ref 24,25}



La méthode développée, qui repose sur la combinaison de prises de vue par une vecteur léger (drone Pixy©) et des traitements d'images de type objet et multi-temporel, permet une identification fine des états de surface et de leur évolution au sein des parcelles de vigne dans des conditions de conduite de la vigne très variée.



9 - La métrologie et les capteurs innovants



Le BV est équipé de 5 sous stations de mesure de ruissellement avec préleveurs totalisateurs et séquentiels. La station de l'exutoire récupère et synchronise par liaison radio l'ensemble des mesures des 5 sous stations et les renvoie au laboratoire par le réseau téléphonique. Cette station est équipée de deux capteurs de niveau : un Nilomètre et un capteur radar pour la mesure de débit. Pour la qualité des eaux, des échantillons sont prélevés séquentiellement par un échantillonneur 24 flacons et un capteur cumulatif de teneur en polluants hydrophiles POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler) est placé dans la zone d'écoulement d'eau. Un dispositif de mesure de la conductivité et turbidité de l'eau est opérationnel en continu.

Capteur cumulatif passif POCIS en aval de la station de l'exutoire. Il est récupéré chaque mois pour extraction des cumuls de pesticides en laboratoire.



Capteurs visibles sur la photo :
Capteurs niveau d'eau : Nilomètre et Radar (0-1500 l/s)
Qualité de l'eau : Conductivité et turbidité (0-4000 TU)

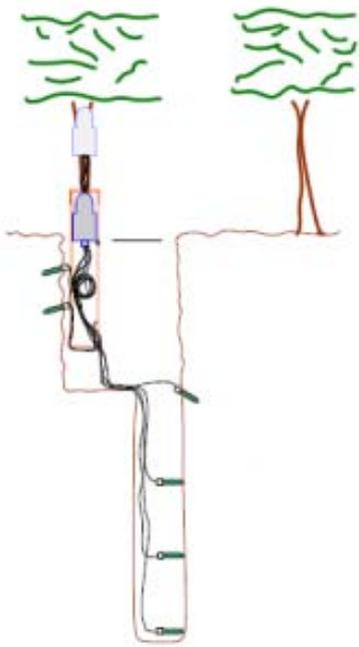
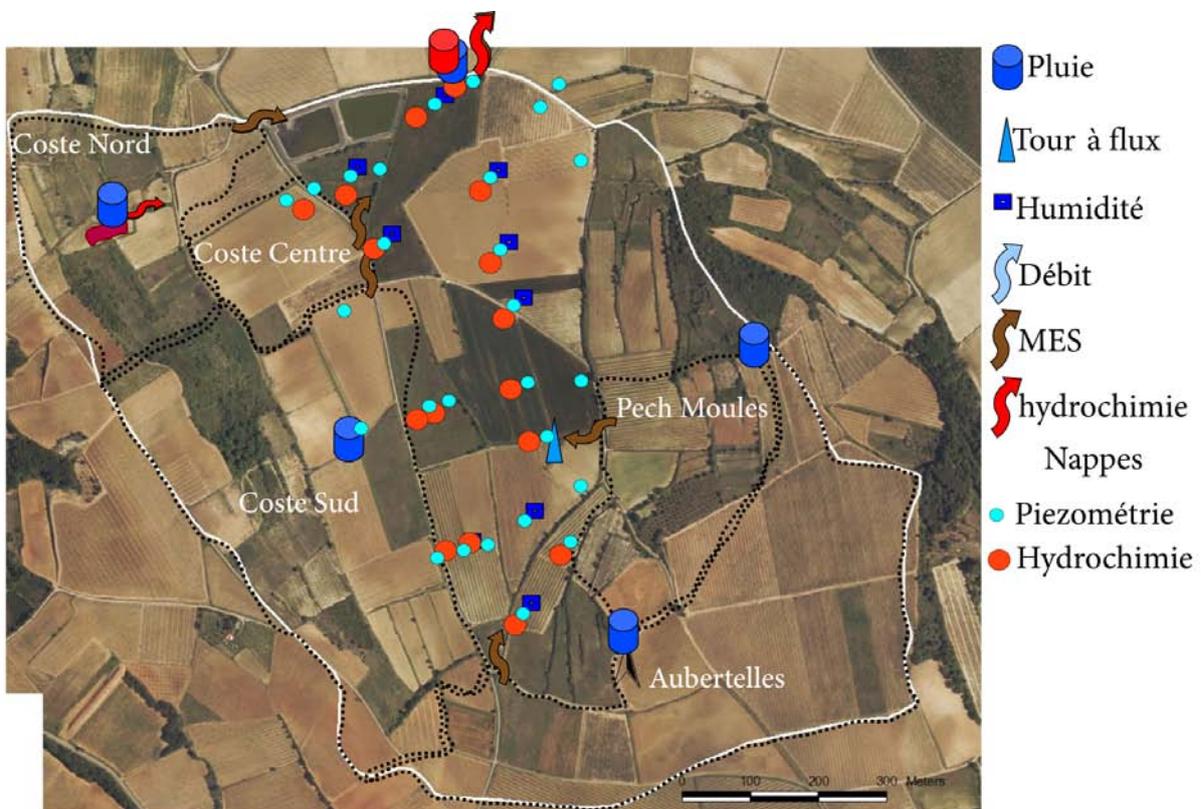


Schéma descriptif du dispositif

Un nouveau réseau de mesure en continu de l'humidité du sol est installé sur le site en 5 points de mesure répartis sur le bassin. Chaque site comprend 6 profondeurs de mesure (de -15 cm à -200 cm). Un dispositif de mesure classique par sonde à neutron permet de valider le réseau. Chaque site renvoie l'information collectée via un réseau local radio centralisé à l'exutoire par télétransmission GPRS au laboratoire.



sonde neutron Campbell 503DR



Carte générale du dispositif de mesure sur le site de Roujan au 15 mai 2014

Références significatives utilisées pour la conception du livret

3 - Classification des états de surface (EDS)

- [1] Leonard, J., and Andrieux, P. 1998. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in southern France. *Catena*, 32:209-223.
- [2] Hebrard, O., Voltz, M., Andrieux, P., and Moussa, R. 2006. Spatio-temporal distribution of soil surface moisture in a heterogeneously farmed Mediterranean catchment. *Journal of Hydrology*, 329:110-121.

4 - Fonctionnement hydrologique du bassin versant de Roujan

- [3] Chahinian, N., Moussa, R., Andrieux, P., Voltz, M. 2005. Comparison of infiltration models to simulate flood events at the field scale. *Journal of Hydrology*, 306:191-214 (doi:10.1016/j.jhydrol.2004.09.009).
- [4] Colin, F., Moussa, R., Louchart X. 2012. Impact of the spatial arrangement of land management practices on surface runoff for small catchments. *Hydrological Processes*, 26:255–271 (<http://dx.doi.org/10.1002/hyp.8199>).
- [5] Dagés, C., Voltz, M., Bsaibes, A., Prévot, L., Huttel, O., Louchart, X., Garnier, F., Negro, S. 2009. Estimating the role of a ditch network in groundwater recharge in a Mediterranean catchment using a water balance approach. *Journal of Hydrology*, 375: 498-512 (doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.07.002).
- [6] Hallema, D.W., Moussa, R., Andrieux, P., Voltz, M. 2013. Parameterization and multi-criteria calibration of a distributed storm flow model applied to a Mediterranean agricultural catchment. *Hydrological Processes*, 27:1379-1398 (doi: 10.1002/hyp.9268).
- [7] Moussa, R., Voltz, M., Andrieux, P. 2002. Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *Hydrological Processes*, 16:393-412 (doi: 10.1002/hyp.333).

5 - Dynamique de pollution des eaux par les pesticides

- [8] Louchart, X., Voltz, M., Andrieux, P. & Moussa, R. 2001. Herbicide transport to surface waters at field and watershed scales in a Mediterranean vineyard area. *Journal of Environmental Quality*, 30, 982-991.
- [9] Ribolzi, O., Valles, V., Gomez, L. & Voltz, M. 2002. Speciation and origin of particulate copper in runoff water from a Mediterranean vineyard catchment. *Environmental Pollution*, 117, 261-271.
- [10] Elbaz-Poulichet, F., Seidel, J.L., Devèze, A., Casellas, C., Voltz, M., Andrieux, P., Moussa, R. 2003. Variability of trace element in a Mediterranean stream (la Peyne)-Relations to discharge, pH and agricultural practices. *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS Publ. no. 278 , 410-416.
- [11] Voltz M., Louchart, X., Andrieux, P, Lennartz, B., 2003. Processes of pesticide dissipation and water transport in a Mediterranean farmed catchment. *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS Publ. no. 278 , 422-428.

6 - Quantification de l'érosion

- [12] Ciampalini, R., Follain S., and Le Bissonnais, Y. 2012. LandSoil: A model for analyzing the impact of erosion on agricultural landscape evolution. *Geomorphology*, 175-176:25-37.
- [13] David, M., Follain, S., Ciampalini, R., Le Bissonnais, Y., Couturier, A., Walter, C. 2014. Simulation of medium-term soil redistributions for different land use and landscape design scenarios within a vineyard landscape in Mediterranean France. *Geomorphology*, 214:10–21

- [14] Paroissien, J.B., Lagacherie, P., Le Bissonnais, Y. 2010. A regional-scale study of multi-decennial erosion of vineyard fields using vine-stock unearthing–burying measurements. *Catena*, 82:159-168.
- [15] Raclot D., Le Bissonnais Y., Louchart X., Andrieux P., Moussa R., Voltz M. 2009. Soil management and scale effects on erosion from fields to catchment in a Mediterranean vineyard area. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134: 201-210.

7 - Mesure de l'évaporation réelle (ETR) par covariance turbulente

- [16] Galleguillos, M.; Jacob, F.; Prévot, L.; French, A. & Lagacherie, P. 2011. Comparison of two temperature differencing methods to estimate daily evapotranspiration over a Mediterranean vineyard watershed from ASTER data. *Remote Sensing of Environment*, 115:1326-1340
- [17] Galleguillos, M.; Jacob, F.; Prévot, L.; Lagacherie, P. & Liang, S. 2011. Mapping daily evapotranspiration over a Mediterranean vineyard watershed. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 8:168-172.
- [18] Montes, C.; Lhomme, J.-P.; Demarty, J.; Prévot, L. & Jacob, F. 2014. A three-source SVAT modeling of evaporation: Application to the seasonal dynamics of a grassed vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 191:64-80.
- [19] Zitouna-Chebbi, R.; Prévot, L.; Jacob, F.; Mougou, R. & Voltz, M. 2012. Assessing the consistency of eddy covariance measurements under conditions of sloping topography within a hilly agricultural catchment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 164:123-135.

8 - Développement de méthodes de spatialisation de propriétés d'intérêt hydrologique

- [20] Coulouma, G., Samyn, K., Grandjean, G., Follain, S., Lagacherie, P. 2011. Combining seismic and electric methods for predicting bedrock depth along a Mediterranean soil toposequence. *Geoderma*, 170:39-47.
- [21] Gomez, C., Lagacherie, P., & Coulouma, G., 2012. Regional predictions of eight common soil properties and their spatial structures from hyperspectral Vis-NIR data. *Geoderma*, 189-190:176-185.
- [22] Bailly, J.; Lagacherie, P.; Millier, C.; Puech, C. & Kosuth, P. 2008. Agrarian landscapes linear features detection from LiDAR: application to artificial drainage networks. *International Journal of Remote Sensing*, 29(12):3489-3508.
- [23] Bailly, J.; Levavasseur, F. & Lagacherie, P. 2011. A stochastic algorithm to reconstruct artificial drainage networks from incomplete remote sensing delineations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13:853-862.
- [24] Corbane, C., Raclot, D., Jacob, F., Albergel, J., Andrieux, P. 2008. Remote sensing of soil surface characteristics from a multiscale classification approach. *Catena*, 75:308-318.
- [25] Corbane, C., Jacob, F., Raclot, D., Albergel, J., Andrieux, P. 2012. Multitemporal analysis of hydrological soil surface characteristics using aerial photos: a case study on a Mediterranean vineyard. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18:356–367 (doi: 10.1016/j.jag.2012.03.009).

Accès à la liste complète des articles, thèses et HDR liés à OMERE :
www.obs-omere.org/index.php?page=biblio&lang=fr

Livret coordonné par Guillaume Coulouma
avec notamment les contributions de
F.Colin, A.Dubreuil, O. Huttel, P.Lagacherie,
J.Molénat, R.Moussa, L.Prévot, D.Raclot,
J.L.Seidel, et M.Voltz.

Crédit photos : P.Andrieux, J.L.Belotti, G.Coulouma, O.Huttel,
M.Lhoste, et L.Prévot



OMERE

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