AMMA-CATCH

Analyse Multidisciplinaire de la Moussen Africaine Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologiqu

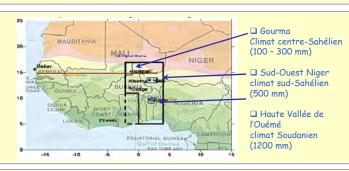
Observatoire régional dédié à la documentation de l'impact des changements globaux (environnement, climat) sur le cycle hydrologique, dans le système de Mousson Ouest Africaine.

Domaines d'activité : cycle de l'eau, bilan d'énergie, dynamiques des couverts végétaux, ressources en eau, modélisation, télédétection

Une stratégie expérimentale multi-échelle

3 sites de méso-échelle (10⁴-10⁵ km²) étagés le long du gradient éco-climatique ouest-africain

- ☐ Plus de 40 réseaux ou instruments coordonnés, plusieurs centaines de capteurs déployés
- ☐ Des observations de l'échelle intra-saisonnière à pluriannuelle

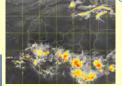


Carte d'identité

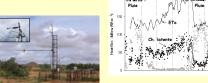
- Observatoire de Recherche en Environnement depuis 2002
- Service d'Observation de l'INSU depuis 2005
- OSUs de rattachement : OSUG, OREME, OMP
- Acteurs : LTHE, HSM, GET, impliquant 40 collaborateurs
- Partenaires : IRD, INSU, Dir. Générale de l'Eau, Univ. d'Abomey Calavi (Bénin) ; Univ. A. Moumouni, INRAN, Dir. Ressources en Eau (Niger) ; IER, Univ. de Bamako (Mali)

Disdromètre





Végétation, flux de surface et bilan d'énergie



Flux (eddy correlations) et bilan d'énergie sur couverts typiques

Flux turbulents journaliers sur jachère durant 2 cycles saisonniers (Juin 2005 -Juin 2007)(Niger)



hémisphér aues et mesures de biomasse



Pluviographe

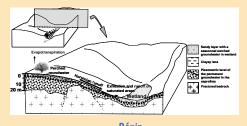
Vers une compréhension du fonctionnent hydrique des bassins versants

(ici champ de mil, Niger)

Mare temporaire

zone sahélienne sur grés

base



Bénin zone soudanienne sur socle métamorphique

Genèse des écoulements : du bassin élémentaire à la méso-échelle



Origine de l'écoulement de Mesure des débits

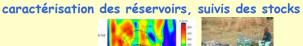
←du drain primaire en sortie d'un bas-fond à l'exutoire du bassin d éso-échelle

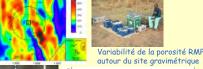
Interactions Surface-Souterrain: Suivi de l'humidité

de la zone non saturée (TDR et

sonde neutron)

piézomètres pour le suivi des niveaux de nappe





Variations des stocks souterrains par gravimétrie

Base de données : http://www.amma-catch.org



















Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais (OHM-CV)

Questions scientifiques

- Prévisibilité des épisodes de pluies extrêmes
- 2. Réponse des surfaces et interfaces continentales
- 3. Impact sociétal et adaptation
- Evolution des extrêmes au XXIème siècle

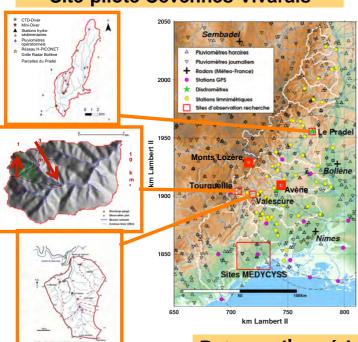
Partenariat:

CNRM, Ecole des Mines d'Alès, UMR ESPACE, GéoSciences Montpellier, HydroSciences Montpellier, IFSTTAR, IRSTEA, Laboratoire de Météorologie Physique, Laboratoire d' Informatique de Grenoble, LTHE, UMR PACTE

Hellenic Center for Marine Research (Grèce), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (CH), Université de Padoue (Italie), Université Polytechnique de Catalogne (Espagne), Université de Wageningen (Pays Bas)

DSO/Météo-France, DTG/EDF, SPCGD, SCHAPI

Site-pilote Cévennes-Vivarais



Météorologie GPS Radars et réseaux pluviométriques Granulométrie des pluies et éclairs

Super-sites hydrologiques

- Le Pradel (0.2 43 km²)
- Avène (10 55 km²)
- Tourgueille (1 10 km²)
- Valescure (0.3 3.9 km²)

Réseaux hydrométriques Hydrométrie sans contact

Mobilité

Retours d'expérience pluri-disciplinaires Modélisation sur épisodes extrêmes en Méditerranée



Sciences Humaines

Etudes de

processus

Atmosphère

Surfaces et

Continentales

Interfaces

Intégration d' échelles

et Sociales

Couplages

Assimilation

Etudes intégrées

Prévision hydrométéorologique distribuée à l'échelle régionale

Vulnérabilité et adaptation

Tendances

Diffusion des données

Données de recherche : sur demande aux responsables des expérimentations

Longues séries et

archive

histor



Données et produits élaborés à partir des données opérationnelles : via le SEVnOL (Système d' Extraction et de Visualisation des données de l'Observatoire en Ligne)

Site Internet: http://www.ohmcv.fr









MultiScale Environmental Changes

MSEC













Animateur du réseau: C. Valentin, IRD Responsables nationaux: O. Sengtaheuanghoung, NAFRI, Laos, A. Boosaner, NPD, Thailand, Tran Duc Toan, SFRI, Viêt-Nam

Contexte. La saturation des plaines et deltas d'Asie du Sud-Est induit des pressions de plus en plus fortes sur les terres de moyenne montagne.

Quels sont les effets des Questions. change-ments d'usages des terres in situ et à l'aval, sur les différents processus érosifs (rejaillissement, en nappe, en ravines, aratoire, glissements de terrains), sur la qualité des sols (C org., structure, profondeur, ...), sur la partition ruissellement/infiltration, sur les chemins de l'eau, l'alimentation des nappes, les crues, la qualité des eaux (physique, chimique et bactériologique), la biodiversité (enherbement, macrofaune des sols) l'enracinement?



Bassin de Huay Ma Nay, Thaïlande

Grès argileux ; P ann. 1.150 mm ; pente moy. 12% ; soja et arbres fruitiers → maïs intensif ; 5 bv emboîtés : 10 ha, 12 ha, 30 ha, 93 ha, 121 km² ; suivi hydro pluvio, MES et terres de fond ; lac de retenue collinaire.



surface. Laos. Patin et al. 2012

Journal of Hydrology, 426, 79-

Effet du recrû sur le niveau de base, Laos . Ribolzi et al., 2008.

Tomographie X de surface. Laos. Ribolzi et al., 2011. Geomorphology, 127



Etiage et crue , Laos



Historique. Un dispositif de suivi multiéchelles à long terme a été mis en place depuis 1998 le long d'un gradient pluviométrique et d'une trajectoire de systèmes agronomiques, depuis celui de défriche-brûlis sans intrants au Laos jusqu'au système intensif mécanisé en Thaïlande, en passant par la culture manuelle du manioc au Viêt-Nam.





Bassin de Houay Pano, Laos

Argilites, schistes ; P ann. 1.350 mm ; pente moy. 40% ; riz pluvial → teck ; 4 bv emboîtés : 0,6 ha, 19 ha, 62 ha, 10 km² ; suivi hydro pluvio, MES et terres de fond ; 3 transects piézométriques et de mesures géophysiques hebdomadaires de résistivité électrique.



Simulation de pluie. Viêt-Nam. Jouquet et al. 2012. *Applied Soil Ecology*, 61, 161-168



Effet du remplacement du manioc par le fourrage sur l'alimentation en eau de la nappe. Viêt-Nam.



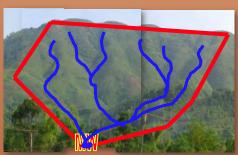
Intervenants français expatriés : Thaïlande: H. Robain, Y. Le Troquer ; Laos: O. Ribolzi, C. Hartmann , A. Pierret,, J.-L. Maeght, N. Silvera, T. Henry des Tureaux, Viêt-Nam: D. Orange, E. Rochelle-Newall, J.-L.

Janeau

Viet-Nam: D. Orange, E. Rochelle-Newall, J.-L

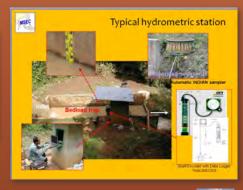
Principaux autres intervenants: Bioemco: T. Bariac, S. Huon, M. Lointier, A. de Rouw, C. Valentin; LSCE: E. Mouche, C. Mugler

Objectifs - (i) le suivi des impacts sur les transferts hydriques et sédimentaires et sur la qualité des sols et des eaux des changements d'usage des terres, (ii) l'expérimentation à différentes échelles de différentes variables de forçage (pratiques agricoles, simulation de pluie) sur les processus hydrologiques et érosifs, (iii) le développement de modèles hydrologiques et d'érosion, (iv) la formation ou la consolidation des communautés scientifiques nationales dans le domaine de l'hydrologie et de l'érosion des petits bassins versants ; (v) l'accueil et la d'étudiants, (vi) formation des recommandations aux pouvoirs publics de ces trois pays.



Bassin de Dong Cao, Viêt-Nam

Schistes; P ann.1.650 mm; pente moy. 33%; manioc → fourrage et plantations; 3 bv emboîtés: 0.8 ha, 5 ha, 50 ha; suivi hydro pluvio, MES et terres de fond.



transects de résisti-

vité électrique

Effet du remplacement du soja par le maïs sur l'augmentation de l'érosion, Thaïlande. Valentin et al., 2008









Hydrosystèmes méditerranéens de montagne : hydrologie, érosion, végétation et flux géochimiques

Laboratoires responsables

Unité de Recherche, ETNA, Irstea Grenoble Responsable secteur Draix : Nicolle Mathys LTHE Grenoble Responsable, secteur Bléone : Michel Esteves

ISTO Orléans IPG Strasbourg EMGR Irstea Grenoble

Edytem Chambéry MATIS IGN Paris Ladyss Paris Réserve géologique de Haute-Provence

Laboratoires associés, membres du GIS Draix

UMR Tetis Montpellier HHLY Irstea Lyon Géophen Caen L.G.P. Meudon ISTERRE Grenoble

Problématique scientifique

L'objectif scientifique de l'ORE Draix-Bléone est de caractériser les réponses hydrologiques et sédimentaires des hydrosystèmes méditerranéens de montagne aux aléas météorologiques. De l'échelle locale à celle du petit bassin versant (de quelques m² à quelques km²), l'enjeu porte sur l'amélioration des connaissances et la compréhension des processus élémentaires et de leurs interactions. Il s'agit de mieux prédire ces réponses très fortement non linéaires. A l'échelle du grand bassin versant (quelques dizaines à quelques centaines de km²), l'enjeu concerne les conditions du transfert des flux liquides, solides et dissous. Il s'agit notamment d'identifier les facteurs déterminants dans les réponses, en particulier aux phénomènes extrêmes, et de quantifier les rôles respectifs de ces processus et facteurs. L'importance des couplages entre les processus étudiés nécessite une approche pluridisciplinaire afin d'envisager une modélisation du comportement des bassins versants. Le Groupement d'Intérêt Scientifique "GIS Draix" qui s'est constitué autour de ce site il y a une dizaine d'années permet par sa composition de mener cette approche pluridisciplinaire.

Stratégie d'observation

Sur le secteur de Draix-Le Bru<mark>squet, cinq petits b</mark>assins versants, de 0.0013 à 1.08 km², de taux de végétation variés, sont instrumentés, permettant l'étude et la quantification des écoulements et des phénomènes érosifs et de ruissellement, en fonction de la taille du bassin et de la végétation. Les mesures d'entrée sortie (pluies en différents points des bassins, débits et transports solides aux exutoires) initiées il y a une trentaine d'années sont maintenant complétées par des mesures dans les différents compartiments du système (versants, sol, sous-sols, lits). Les processus de formation des crues sont entre autre abordés par le biais du traçage géochimique, incluant l'analyse isotopique (oxygène-18) et chimique (ions majeurs, carbone organique total) des eaux des ruisseaux, des pluies et des eaux du sol. Cette analyse s'appuie et complète l'information sur l'état hydrique des sols obtenue en continu à l'aide de capteurs humidimétriques et tensiométriques.

Dans le cadre de l'extension à la Bléone, cinq bassins versants, de 20 à 900 km², ont été équipés pour des mesures en continu des débits et des charges en sédiments fins : stations limnigraphiques avec

mesure des MES (préleveurs et turbidimètres). Des campagnes de traçage des sédiments ont été réalisées dans le cadre du projet ANR STREAMS

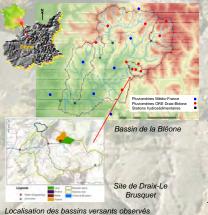




Schéma des stations de mesure placées aux exutoires des petits bassins

Bassin	Surface km²	Altitude min - max	Observé depuis
Roubine	0.0013	850 - 885	1983
Moulin	0.0880	850 - 925	1988
Francon	0.77	851 - 1045	1983
Laval	0.86	850 - 1250	1984
Brusquet	1.08	800 - 1260	1987
Bouinenc à Draix	22.0	819 - 2280	2008
Galabre à Robine	20.0	735 - 1910	2007
Bléone à Prads	63.5	1040 - 2930	2007
Bès au Pérouré	165.0000	830 - 2740	2007
Bléone à Malijai (EDF)	897.0000	430 - 2930	2007









Caractéristiques des bassins

Série d'échantillons concentrés en MES

Paramètres mesurés

Pluies, Débits, Matières en Suspension (MES) (tous bassins), Dépôts après crues (petits bassins) – Transport solide par charriage (Trappe à sédiments – Suivis de galets marqués, PIT-TAG) - Paramètres climatiques (vent, température, humidité, rayonnement) - Taille et vitesse des hydrométérores (spectropluviomètres) - Paramètres hydrologiques et hydrodynamiques (4 stations) - Températures du sol à différentes profondeurs et expositions (2 stations) - Suivi des écoulements dans le sol : forages profonds et piézomètres superficiels - Suivi des potentitels électriques spontanés (20 électrodes) - Suivi isotopique mensuel des pluies GNIP (Global Network for isotopes in precipitation, de l'AIEA depuis février 2004) - Etat de remplissage des ravines et lits des cours d'eau (Chaines d'érosion, topographie, levés Lidar, survols drone) - Localisation, forme et évolution des mouvements de versants - Épaisseur et répartition du manteau d'altération - Suivi photographiques - etc.



galets radio-identifés (PIT-TAG)

Simulation de pluie (Ecoupref) sur le



Banque de données

Suivi des processus d'érosion par comparaison de levés Lidar terrestre

Les données "de base" ou données continues de précipitations, de débits, les données évènementielles d'érosion (dépôts et MES) recueillies depuis 1984 sont archivées dans une base de données locale (Irstea Grenoble). Les données des stations climatiques et des stations de bilan hydrique sont archivées sous la même forme. Les données spécifiques issues des travaux de recherche des équipes sont critiquées et archivées par ces équipes (données sur la caractérisation des sols et formations superficielles, données géochimiques, données sur la matière organique, données d'ablation, etc...). Une base de données de l'ORE consultable via internet est en cours d'élaboration (Projet BDOH d'Irstea). En attendant, les séries chronologiques (pluie, débit, transport solide, températures du sol, données climatiques) peuvent être obtenues auprès d'Irstea ou du LTHE sous forme de fichiers. Des annuaires synthétiques sont disponibles sur le site Web de l'ORE... http://oredraixbleone.cemagref.fr/





Données hydro-géophysiques: champ de résistivité

électrique et carottages géotechniques profonds

Trappe à sédiments pour la mesure en continu du charriage

Expérimentations de contrôle de l'érosion par la végétation

Programmes de recherche en cours

- Programme Irstea : thème de recherche Rivage, Axe Aléas gravitaires, Processus de formation et de déclenchement des aléas naturels → E2Co, 3 projets : transport solide par charriage, traçage colorimétrique des MES, granulométrie des pluies Rhytmme (Risques Hydrologiques en Territoires de Montagne Mediterranéens
- Plan Durance Multi-Usages et projet FEDER Génie-bio R-Osmed (Mistral) Soutien du Labex Osug@2020









ObsErA: an Observatory of Erosion in the Antilles





P. Allemand³, C. Clergue¹, O. Crispi⁴, C. Delacourt², C. Dessert¹, C. Gorges¹, P. Grandjean³, T. Kitou⁴, E. Lajeunesse¹, A. Limare¹ & P. Louvat¹

1. Institut de Physique du Globe de Paris, France, 2. Institut Universitaire Européen de la Mer, Brest, France, 3. Université Claude-Bernard, Lyon, France, 4. Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe

Rationale

The Earth surface evolves under the action of geological, chemical, physical, biological and anthropogenic processes involving a wide range of time and length scales (from the meter and the second up to the thousand of kilometers and the million years). These processes control the evolution of soils, the shape of landscapes and the coupling between climate, tectonics and erosion. Understanding them requires to monitor experimental catchments over durations long enough to capture all the time scales involved. The Observatory of Erosion in the Antilles (ObsErA) was created in january 2011 by the CNRS-INSU to address these problematics. It is operated by the Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) and involves a team of 12 permanent technicians, engineers and researchers belonging to 3 different institutes: IPGP and the Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (OVSG), the University of Bretagne Occidentale (UBO) and the Laboratoire des Sciences de la Terre de l!Université Lyon1

Objectives

- to study and quantify the chemical and physical erosion, their feedbacks and their influence on the geological cycle, the carbon cycle and the environment (soil development, rivers chemistry, ...) in the peculiar context of a tropical volcanic island,
- to promote the development of new instruments and methods (including new isotopic tracers) for monitoring sediment transport by rivers and slope processes and characterizing
- to investigate how extreme events (heavy rains and tropical storms, earthquakes, ...) may influence the long term denudation rate and the morphology of reliefs.

Basse-Terre Island, Guadeloupe archipelago

- Tropical climate: high temperatures (24-28°C), average annual precipitation rate! 2000 mm/v
- · Torrential hydrologic regime: flash floods frequent during the rainy season (june to january)
- Erosion rates: between 800 and 4000 T.km-2.y-1 [Gaillardet et al., 2011]
- Lithology: andesitic lava and pyroclastic flows, aged from 0 to 2.8 My [Samper et al., 2007]



8 Field sites belonging to 3 different catchments:

- precipitation suspended load - flow discharge - chemistry
- turbidity
- conductivity

•Sites 2 & 3

- flow discharge
- chemistry
- suspended load

Site 4 (forest parcel)

- soil chemistry
- biomass and biodiversity
- stem flow
- litter fall

·Sites 5. 6. 7 & 8

- aerial imaging - lidar

Data access:

data can be downloaded on https://morpho.ipap.fr/Obsera

>- precipitation & discharge Discharge (m3/s) 0:00 12:00 0:00 0:00 12:00 0:00 > turbidity & conductivity ■ Conductivit (NTU) Turbidity (mS/cm) 20-12:00 12:00 0:00 0.00 0.00 0.00 □ Ca O DOC △ Silica ¬river chemistry measurements of pH, conductivity, major elements. dissolved and particulate organic and inorganic carbon, ... from water samples collected either automatically or by an operator. discharge (m3/s)

Biochemical cycles: the Bras-David Forest parcel - site 4



Suspended load: Lisst Streamsside

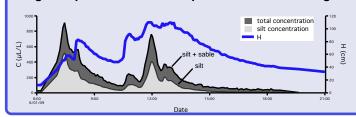
concentration and granulometry of suspended particles deduced from the multi-angle forward scattering of a red

- volumetric concentration in 32 size classes
- Sauter mean diameter
- water depth in the river

Operating range :

- size range : 2 to 380 μm
- volumetric concentration range: 10-4 to 1 g/l
- up to 1 measurement every 5 minutes

high temporal resolution suspended load monitoring



2009

High resolution imaging

Remote controled drone helicopter equiped with

- · high resolution camera
- · on-board flight control system
- · programmable autopilot



Bed of the Capesterre river

- a) General view of the bed.
- b) Digital Elevation Model
- c) and e) river bed in 2008.
- d) and f) same places in 2009.

Green stars = boulders which have not moved,

blue stars = largest boulder taken away during the floods

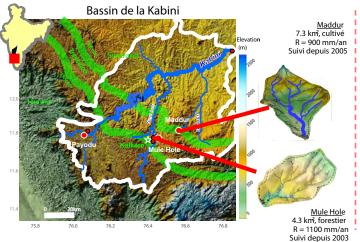
red stars = largest boulders deposited by the flood.

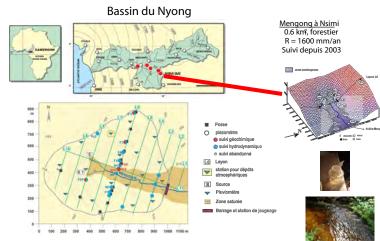
Knowleade of both the size of the transported sediments and the hydrograph provides important informations on the dynamics of sediment transport.

Bassins Versants Experimentaux Tropicaux (BVET): rivière Kabini (Inde) et fleuve Nyong (Cameroun

L'ORE BVET vise à acquérirdes chroniques limatiques hydrologiquest biogéochimiques milieutropica pourétablirdes bilans d'altérationet d'érosion dans cetterégion du monde et quantifie l'impact de l'agricultureur les flux hydrologiquest biogéochimiquest et composéde deux chantiers l'un situé dans la forêt tropical drumide du Sud Cameroun l'autreau sud de la péninsul en de

http://bvet.omp.obsnip.fr/index.php/fre





ParamètresMétéorologiques

Site	Instrument	Paramètre	Depuis	Fréquence
Moole Hole + Maddur	station météo CIMEL	pluie, température, humidité relative, directi et vitesse du vent, radiation globale	07-07-2003 on 05-08-2004	Journalier et horaire
Nsimi	Station Météo Davis Instrument Vantage Pro 2	pluie, température, humidité relative, directi s et vitesse du vent, radiation globale, évapotranspiration	on 2003	Journalier et horaire

Humidité des sols (suivis hors ORE BVET par partenaire)

Mesures sur 50 parcelles du bassin de la Berambadi,



Paramètres Hydrologiques













Suivi mensuel des puits bassin de la Berambad(partenaire)



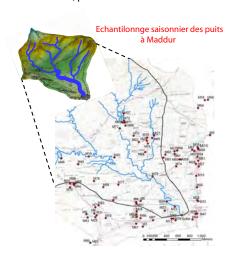
Niveaux des rivières

ı	Station	Bassin	Instrument	Depuis	Fréquence
	Mule Hole (exutoire)	Mule Hole	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	01-08-2003	10 min
	Maddur (exutoire)	Maddur	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	30-06-2004	10 min
	Nugu Hole (Rampura)	Nugu Hole	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	03-06-2004	10 min
	Mengong	Nsimi	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	2003	10 min
	Messam	Nyong	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	2003	10 min
	Pont So'o	Nyong	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	2003	10 min
	Olama	Nyong	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	2003	10 min
	Mbalmayo	Nyong	Lisimètre automatique(Thalimède OTT)	2003	10 min

ParamètresGéochimiques

Mesuresponctuelledes profils (6 profondeurs) "humidit des sols et de la températur par Enviros cartoute des 15 min Mesures des profils d'humidit de sol sur des parcelles au cours de campagnes tillisant 5 tubes d'accesavec Aquapro

Composition chimique des eaux de surface, souterraines pluies



Parameter	Instrument	Detection limit	Routine precision	Geostandard
рН	WTW	-	0.1	-
Conductivité	WTW	1 μS/cm	1%	-
Alkalinité	Mettler Toledo DL50 titrateur	~50µeq/L	5%	-
Autres anions	Chromatographie ionique	e < 1μmol/L	5%	ION 915
Cations	ICP-OES Thermo or SAAF 400 Perkin Elmer or ICP-MS Agilent (pluies)	100 ppb	10% 5% 10%	ION 915 SLRS-5
Silice	Spectrophotomètrie	~50µmol/L	10% 5%	PERADE 20, ION 915, RAIN 97
COD	Shimadzu TOC 5000	< 1mg/L	5%	PERADE 20









Préleveur automatique pour les crues éclairs





























Environmental Hydro-Geochemical Observatory Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement

http://ohge.u-strasbg.fr

The Strengbach watershed (Vosges Mountain, France)

- Area : 80 ha

- Elevation: 880-1150 m omsl

 Climate: temperate oceanic mountainous (Rainfall: 1400 mm/yr Snowfall: 4-5 months/yr)

 Mean annual runoff: 850 mm Outlet discharge: 5-250 L/s Bedrock: Hercynian poor granite

Soils: brown acidic to ochreous podzolic soils serie

Forest: 90 % of area (spruces, beeches)

- Saturated area (near outlet)

- No direct human activity

catchment







Interests and advantages of the experimental Strengbach

- One of the oldest equipped granitic sites in the world with a meteorological, hydrological and geochemical data record since 1986.
- Well defined geological, petrological, ecological and hydrological
- Include in regional (REALISE), nationa (RBV)I and international (CZEN, SoitTreC) networks
- >Pluridisciplinary researches (geophysics, geochemistry, ecology, hydrology, modelisation...)
- Ideally suited site for testing new geochemical tracers, and numerical models of biogeochemical cycles.



Measurement since 1986

Meteorological data (T°, Hum, wind direction) 6 rain gauges distributed on the site Stream flow recorder (limnigraph)
Study of soils, rock, minerals, soil solutions, vegetation...

Water samples are collected and analysed each two weeks

Spring waters Stream waters Rain/snow Soil solutions Throughfall

≈ 600 samples of waters / year

Objectives

- Sources and processes explaining geochemical signatures of waters and soil solutions (atmosphere-water-soil-rock interactions / role and impact of vegetation)
- Hydrological functioning, water pathways and residence time
- Response of ecosystem to recent perturbations and global changes (acid rain, forest management, climatic variations...)
- Development of new geochemical tracers for studying and dating the water/soil/plant transfers, the weathering profile formation...
- Development of coupled models



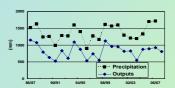


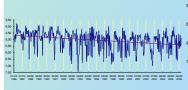


Since 1986, the decrease of rain acidity (figure 1) involved a decrease of acidity in the Strengbach stream

(figure 2).

The magnesium (figure 3) and calcium (figure 4) exportation decrease as well at the outlet. Figure 5 illustrate the clear correlation between the sum of catiosn concentration evolution and the pH variations since 1986.





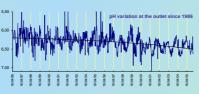
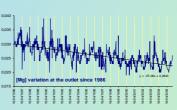
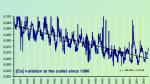
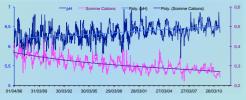


Figure 2 : pH variation at the outlet of the Strengbach since 1986 A clear decrease is observed











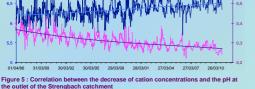












The soils from the Strengbach watershed are acidic







JURASSIC KARST



Marc STEINMANN, Sophie DENIMAL, Jacques MUDRY

Laboratoire de Chrono-Environnement, UMR 6249, Université de Franche-Comté-CNRS, 16 route de Gray, F-25030 Besançon Cedex marc.steinmann@univ-fcomte.fr; sophie.denimal@univ-fcomte.fr; jacques.mudry@univ-fcomte.fr

Franche-Comté Conseil régional

1. Contexte & objectifs

(JK) vise à dispositif "Jurassic KARST" caractériser l'évolution à long-terme de la chimie des eaux karstiques du massif du Jura, fortement influencée par la végétation et les sols situés dans la zone d'infiltration (Fig. 1).

Ce massif est dominé par des formations carbonatées s'étageant entre 300 m d'altitude au NW et 1300 m au SE (Fig. 2). La température moyenne y diminue avec l'altitude en même temps que les précipitations annuelles augmentent (11 °C et 1000 mm/an au NW, 5 °C et 2000 mm/an au

couverture végétale suit ce gradient La climatique et on retrouve des forêts dominées par des feuillus au NW et des forêts de résineux au SE (Fig. 2). Les sols reflètent cette évolution ce qui, à terme, se répercute sur la chimie des eaux des hydrosystèmes karstiques.

L'objectif du dispositif JK est de voir comment l'évolution du climat et du forçage anthropique modifie la chimie des eaux karstiques aux différentes altitudes.

2. Processus

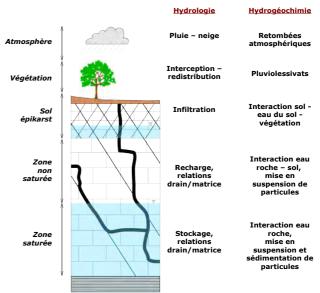


Fig. 1 : Approche multi-sites permet de caractériser l'ensemble de la variabilité des processus et paramètres de surface et souterrains

3. Approche multi-sites dans le massif du Jura

Particularités:

- suivi multi-sites aux échelles spatiales 'emboîtées' de 1 m à
- · comparaison de sites de basses et hautes altitude
- · climat océanique à montagnard

Jura = laboratoire naturel sur formations carbonatées :

- altitude de 200 à 1400 m
- température moyenne de 11 à 5 °C
- pluviométrie de 1000 à 2000 mm/an
- enneigement de 0 à 1 m/an
- végétation : prairies, feuillus (basse alt.), résineux (haute alt.)

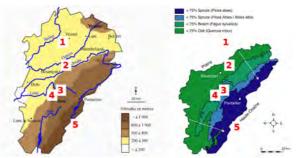


Fig. 2:5 sites karstiques sur un transect nord-sud de 80 km

Fig. 3:

Les sites du dispositif JK. Pour l'instant seulement les sites 4 et 5 sont suivis, les autres sites seront intégrés en fonction des financements

Font de Champdamoy 120 km², alt. 230 m

Intégration dans Jurassic Karst prévue pour 2013

- · suivi par la ville de Vesoul depuis 1966 (chimie et pesticides)
- ì limnigraphe

2 Fourbanne 37 km², alt. 330 m

suivi 2002 – 2005

Remise en service prévue pour 2014

· 3 seuils hydrométriques

Cussey 5/ Lison 1 m2, alt. 430 m

suivi 2006 - 2010

Remise en service prévue pour 2014

- 1 pluviomètre
- 4 lysimètres

Fertans < 1 km², alt. 530 m suivi depuis 2009

- 1 pluviomètre 1 lysimètre
- suivi d'une source et d'un carottage (matrice microfracturée)
- 1 seuil
- hydrométrique
- 2 préleveurs auto
- 2 sondes CTD 2 fluorimètres



Source du Doubs 30 km², alt. 950 m

Intégration dans Jurassic Karst en cours

- 1 seuil
- hydrométrique
- suivi par DREAL et ARS depuis 1979

Installation en cours :

- 1 sonde CTD + turbidité + oxygène dissous + nitrates
- 1 préleveur auto





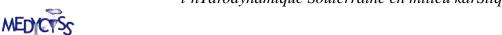
HydroSciences Montpellier UMR 5569 CNRS-IRD-UM2-UM1

L'Observatoire Méditerranéen MEDYCYSS

Observatoire Multi Echelle de la DYnamique des Crues et de l'hYdrodynamique Souterraine en milieu karStique.

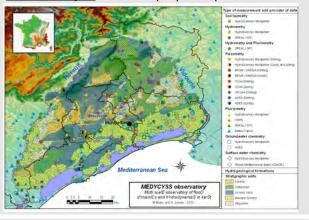






Un territoire

- Contexte hydrogéologique: Karst périméditerranéen entre Hérault et Vidourle – Impact anthropique sur la ressource (AEP Montpellier).
- Contexte hydrologique: 3 bassins hydrologiques en interaction avec le karst.
- Contexte climatique : Variabilité des précipitations, pluies cévenoles.



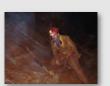
Observer

Réseau de suivi en continu:

Piézomètrie - température - conductivité en forages et dans le réseau karstique (106 points) Débits (36 stations hydrologiques)

Précipitations (187 pluviomètres), Humidité du sol (6 stations)

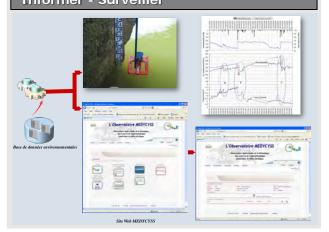
Hydrochimie: 196 points de mesure de la chimie des eaux souterraines 114 points de mesure de la chimie des eaux superficielles







Informer - Surveiller



RÉFÉRENCES

Bailly-Comte V., Borrell V., Jourde H., Pistre S. (2012). A conceptual semidistributed model of the Coulazou River as a tool for assessing surface water-karst groundwater interactions during flood in Mediterranean ephemeral rivers, Water Resources Research, 48, W09534, 14 pp.
Bicalho C.C., Batiot-Guilhe C., Seidel J.L., Van-Exter S., Jourde H. (2012). Geochemical evidence of water source

Resources Research, 48, W09534, 14 pp.

Bicalho C.C., Baiot-Guilhe C., Seided J.L., van-Exter S., Jourde H. (2012). Geochemical evidence of water source characterization and hydrodynamic responses in a karst aquifer, Journal of Hydrology, 451, 206–218.

Cousteau M. Bouvier C., Borrell V., Jourde H. (2012). Flood modelling with a distributed event-based parsimonious rainfall-runoff model: case of the karstic Lez river catchment. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1119–1133.

Jazayeri M., Jourde H., Massonnat G. (2011). Influence of the observation scale on permeability setimation at local and regional scales through well tests in a fractured and karstic aquifer (Lez aquifer, Southern France). Journal of Hydrology, 403 (3–4), 321-336.

Bailly-Comet V., Martin J.B., Jourde H., Screaton E.J., Pistre S., Langston A. (2010). Influence of pressure transfer and water exchange between matrix and conduits on karst spring hydrographs. Journal of Hydrology, 386,(1–4), 55-66.

Fleury P., Ladouche B., Conroux Y., Jourde H., Dierniger N. (2009). Modelling the hydrology inclosing of a karst aquifer under active water management—the Lez spring. Journal of Hydrology, 365, 235-243.

Bailly-Comet V., Jourde H., Diers S. (2009) Conceptualization and classification of groundwater-surface water hydrodynamic interactions in karst watersheds. Journal of Hydrology, 376, 456-462.

Bailly-Comet V., Jourde H., Boesch A., Pistre S., Baitof Guilhe C. (2008). Time series analyses for karst/river interactions assessment. Case of the Coulazou River (Southern France). Journal of Hydrology, 349, 98-114.

Maréchal J-Ch., Ladouche B., Dörfliger N. & Lachassagne P. (2008): Interpretation of pumping tests in a mixed flow karst system. Water Resources Research, 44, W05401, 18p.

Bailly-Comet V., Jourde H., Roesch A., Pistre S., (2008). Mediterranean flash flood transfer through karstic area.

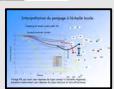
Environmental Geology Journal, 34, 605-641.

Comprendre

1. Caractérisation multi-échelle de l'hydrodynamique souterraine des aquifères karstiques







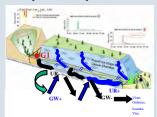
2. Identification du rôle des différents comportements du karst dans les écoulements. Couplages hydrodynamique/hydrochimie







3. Compréhension des processus hydrologiques rapides lors des crues éclairs dans des bassins versants à forte composante karstique

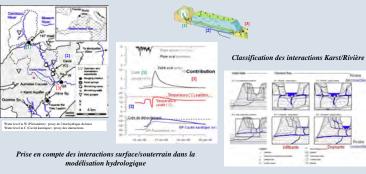


<u>Problématique</u>: Influence des interactions karst/rivière sur la propagation et l'intensité des crues de surface

Intérêt du site : Dispositif miniature caractéristique de nombreux fleuves périméditerranéens



Analyse des proxies hydrodynamiques et hydrochimiques

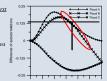




Analyse du signal



Modification de l'énergie de l'onde de crue entre l'amont et l'aval ⇔Atténuation ou augmentation de l'énergie (eau de la crue)











OBSERVATOIRE BAGET REALIPSE ABBILITY REALIPSE AB

Le bassin versant du Baget







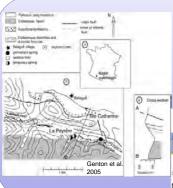


Responsable: A. Probst Comité de pilotage: J. Clobert, D. Labat

Jean-Luc Probst Contact:

anne.probst@ensat.fr

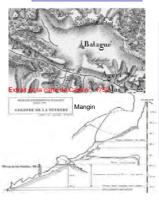
Le site dans son ensemble



Le basin versant du Baget (Pyrénées, Ariège) est un écosystème montagnard de moyenne montagne (Alt.= 1000 m). Situé près de Balaqué à 10 km à l'Ouest de Saint Girons, le Baget est un affluent du Lez (affluent du Salat se jette dans la Garonne). Son bassin (13,25 km²) est drainé par l'écoulement karstique du Baget et alimenté en partie par l'écoulement de surface du ruisseau Lachein (débit spécifique: 36 l.s-1.km-2).



L'historique



Dès 1968, ce site expérimental a été fortement équipé. Il comprend un exutoire principal, trois trop-pleins, trois piézomètres dont deux installés à l'intérieur du gouffre, une perte souterraine. Ce bassin karstique fait l'objet d'un suivi exceptionnel depuis paramètres 1968 pour certains hydroclimatiques, notamment la T° de l'air, les précipitations et les débits du ruisseau à l'exutoire du bassin versant. paramètres géochimiques paramètres géochimiques (pCO₂, compositions chimique et isotopique des hydrobiologiques et écologiques (invertébrés, notamment crustacés) ont également été acquis au cours de cette période de 40 ans par le Laboratoire Souterrain de Moulis (aujourd'hui Station d'Ecologie Expérimentale).



Les objectifs scientifiques



Les suivis prévus - les « pistes CRITEX à creuser »

Ce bassin sensible aux conditions limites de drainage de surface est intégré au RBV et candidat à devenir un SOERE pour un suivi écosystémique (hydrologique, hydrogéochimique et écologique) en moyenne montagne dans le Sud-Ouest de la France où les changements climatiques auront un impact significatif dans les années à venir tant sur la biodiversité que sur le fonctionnement des écosystèmes.

L'objectif est ici de suivre sa réponse aux changements climatiques et aux perturbations anthropiques en analysant les changements biotiques potentiels en relation avec les changements des paramètres abiotiques (hydroclimatiques, physico-chimiques) de l'écosystème et de ses différents habitats.

Pour suivre la réponse d'un tel système complexe aux changements globaux, il est nécessaire d'intégrer la réponse des différents niveaux d'organisation dans les différents compartiments afin de prendre en compte les constantes de temps et la sensibilité des milieux. Pour cela en complément des paramètres hydrochimiques, plusieurs paramètres biogéochimiques, indicateurs biologiques (ou modèles biologiques) et fonctions biologiques et biogéochimiques sont proposés pour un suivi à long terme à différents niveaux de la chaîne trophique, incluant les milieux terrestres et aquatiques, de surface et souterrains.



✓cycles hydro-biogéochimiques des éléments, notamment carbone et azote (organiques et inorganiques; ✓la diversité biologique au travers de certains modèles terrestres (collemboles des sols, lichens), et aquatiques (microorganismes, invertébrés, poissons); ✓le rôle de cette biodiversité sur le fonctionnement de l'écosystème, notamment sur les cycles biogéochimiques des éléments

Suivis lichens

bioindicateurs qualité des dépôts/ biogéochimie-Pmm

Invertébrés benthiques champignons



Sols, grottes

-Suivis microarthropodes bioindicateurs propriétés hydriques et MO / physicobiogéochimie sols

-suivi de l'infiltration en zone épikarstique (quantité, cinétique) en instrumentant une grotte située sous la grotte de Sainte Catherine d'appareils géophysiques

Ruisseau Exutoire (et ponct.

mont) : T°, majeurs, MES, COP, COD, pCO2, ²H, ¹⁸O, ¹³C, ¹⁵N, 34S - Sonde en continu (T°, pH, NO3, Turb, O2) : eau, sédiments

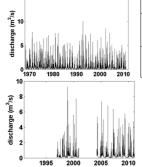


Exutoire Invertébrés poissons: bioindicateurs qualité eau

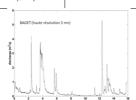


Les suivis hydrochimiques

Existant						
Date début	Sites	Situation géographique	Fréquence	Paramètres mesurés selon modèles	Paramètres dérivés	
Depuis 1968 à aujourd'hui	Exutoire	BV Baget à	Continu	Débit, précipitations, (pas depuis 1995) T° air		
Entre 70 et 2000	Exutoire, 3 trop pleins, 3 piézomètres et perte souterraine	Moulis (Ariège, Pyrénées)	Suivis annuels ou campagnes éparses	Débit, T° eau pCO ₂ , compositions chimique et isotopique (¹³ C, ¹⁸ O, ² H) des eaux		
Entre 1910 et 1990	Grottes	Moulis, Ariège, Pyrénées	Données historiques et campagnes éparses	Inventaires communautés d'invertébrés cavernicoles.	Richesse spécifique	
Entre 70 et 1990	Exutoire	BV Baget à Moulis (Ariège, Pyrénées)	Suivi annuel (1985- 1986) ou campagnes éparses	Crustacés (abondance, fréquence), type et chimie des écoulements	Densité, Richesse spécifique, Relation diversité – caractéristiques habitats	



Données journalières 25/4/1968 - 12/01/2011 Données semi-horaires 18/12/1996 15h00 - 09/12/2000 23h30 (30-mn) 11/03/2004 16h30 - 13/01/2011 9h00 Données haute résolution 17/02/2010 14h57 - 13/01/2011 9h51 (3-mn)



Applications des analyses multi-échelles (analyse spectrale, analyse en ondelettes, analyse multifractale, analyse DFA: Mise en évidence de comportement de loi d'échelle (Labat et al. 2011)



Partenariat









Gestion des données /site web

En cours de construction http://www.ecolab.obs-mip.fr/bveb











- mesures gaz (WP2: hydrogéodésie, WP3, WP4, WP8), traçage artificiel. ✓ Evaluer la circulation spatiale de l'eau dans la « zone gruyère »? Accéde à l'eau « inconnue » ? (ré) activer des puits, mesures isotopiques, traceurs
- inertes (WP6 par des techniques MSR, ERT, WP7 et WP8) ✓ Accéder à la composition de l'eau en continu en re stème karstique? alcalinité, pH, nitrates

L'instrumentation

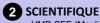






INSTITUTIONNEL

- BRGM
- Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises
 - Université de Toulouse : UPS, INPT
 - CNRS-INEE et INSU
 - Tous les partenaires du SOERE



- UMR SEE (Moulis) UMR GET (OMP Toulouse)
- UMR EDB (UT3-CNRS-ENFA Toulouse)
- Tous les partenaires du SOERE RBV





BREO FdV-LSBB









Aix∗Marseille

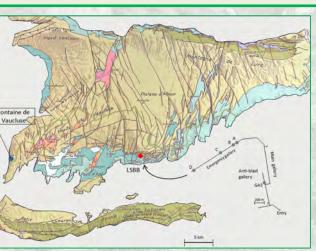
Bassin de Recherche, d'Expérimentation et d'Observation de Fontaine de Vaucluse – LSBB

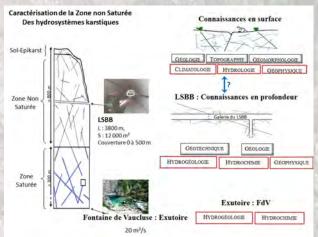
Membre des SOERE H+, RBV, RESIF et du SO KARST

Spécificités: Zone Critique – Zone Non Saturée – Système carbonaté – Multi-échelles – Interdisciplinaire

- Echelles de FdV
- Système de BV emboités de 1 à 1130 km²
- Accès à la ZNS via réseau spéléologique
- Altitudes entre 84 et 1912 m
- Longues chroniques de données acquises
- Echelles du LSBB
- Echelles métriques à hectométriques
- Accès unique et privilégié à la ZNS non hierarchisée
- Galeries de 4 km et 12000 m² entre 0 et 519 m de prof. & 54 Ha en surface
- Site sécurisé (protégé), dans une zone faiblement anthropisée
- Accès facilité à énergie, réseau, fibre optique, synchronisation GPS, ...

- Zone pressentie pour test et survol de drones proposé par le pôle PEGASE







Recherche: Hydrologie – Hydrogéologie – Hydrochimie Hydrogéophysique – Géophysique – Physique

- · Ressources : Gestion active des aquifères karstiques, Fonctionnement des hydrosystèmes carbonatés, Dynamique des processus thermo – hydromécaniques et chimiques des réservoirs carbonatés.
- Interactions fluides-milieux : Flux à l'interface sol atmosphère, Dynamique des interactions eau-gaz-roche, Processus et couplages thermo-hydromécaniques et chimiques, Représentativité et spécificités des processus aux différentes échelles
- Ondes et environnement radiatif : Sismologie, Electromagnétisme, Particules Gamma, Neutrons, Muons, WIMPs.
- Métrologie haute sensibilité : Interférométrie optique et atomique, Densitométrie muons, Magnétométrie, Sismométrie, Gravimétrie, Inclinométrie ...
- En émergence : Vivant, Chimie, Géographie, Histoire contemporaine.

Données existantes - suivis actuels

Échelle de FdV

- 140 ans chronique de débit
- Chroniques d'hydrochimie à FdV (1981-1982, 1995-1996, 199-200, 2003-actuel)
- Débits et hydrochimie sur 10 sources
- Données de mises en charge dans les goufres

Echelle du LSBB

Hydrodynamique - hydrochimie

- 2003 – actuel : hydrodynamique et chimie sur points d'écoulement ZNS (5 points de 2003 à 2008, jusqu'à 60 points depuis 2008) + données météo.

Géophysique - hydrogéophysique

- Mesures passives en continu :
- sismologie, magnétométrie, inclinométrie,
- Campagnes et suivis saisonniers :

Mesures passives : gravimétrie

Mesures actives : sismique, RMP, électrique,

électromagnétique HF (radar) et BF (EM-31, EM-34),

- Suivis d'épisodes pluvieux HF ERT

L'équipe en place :

Implication forte

6 enseignants chercheurs (UMR EMMAH)

ingénieurs LSBB + Directeur Participation sur projets

- 1 ingénieur en analyse hydrochimique (EMMAH)
- 1 ingénieur en instrumentation électronique (IN2P3)

Membres des tutelles (INSU, UAPV, UNS, AMU)

et des partenaires (UPPA, ...)

Perspectives:

- Synergie forte entre EQUIPEX CRITEX, EQUIPEX MIGA, T2D2M, ...
- Dépôt d'une ANR Jeune Chercheur sur les thématiques CRITEX
- Poursuite du développement du site LSBB au cœur du BREO ...







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

Un Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la Recherche en Environnement



Un observatoire Nord-Sud en cogestion

HydroSciences Montpellier UMR 5569 (CNRS, IRD, UM2, UM1) Institut National Tunisien de Recherche du Génie Rural et des Eaux et Forêts Institut National Agronomique de Tunisie LISAH Montpellier UMR 1221 INRA - 144 IRD - Montpellier SupAgro

Problématique scientifique

La région méditerranéenne est soumise depuis toujours à de fortes contraintes sur le plan hydrologique (crues extrêmes, sécheresses prolongées). L'accroissement rapide et permanent de sa densité de population entraîne une intensification des modes d'utilisation des sols et une évolution de la gestion des espaces cultivés. L'influence à long terme de ces changements et des modifications climatiques en cours sur les régimes d'écoulement et d'érosion, sur la disponibilité et la qualité des ressources en eau, reste incertaine. Cela est dû notamment à l'insuffisante connaissance des interactions entre processus à dynamiques rapide et lente (e.g. phases de crues / phases de récession; érosion ravinaire / érosion diffuse; transformation / transfert de polluants) et entre organisation spatiale de l'espace cultivé et processus hydrologiques. Dans ce cadre, les thèmes de recherche spécifiques, développés à partir du dispositif de l'ORE OMERE, sont actuellement :

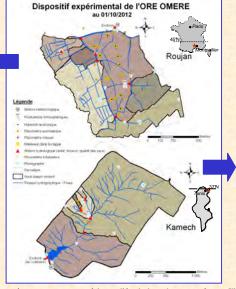
- Observer et comprendre l'impact des activités agricoles sur les flux de masse dans les bassins versants élémentaires méditerranéens: régimes hydrologiques,
- Observer et comprendre les intensités et vitesses d'évolution quantitative et qualitative des ressources en eau et en sol en fonction de changement d'utilisation des terres, Appuyer le développement d'approches de modélisation des flux en milieu cultivé par l'acquisition de jeux de données de test de modèles incluant des périodes longues d'observation et un nombre significatif d'évènements climatiques intenses,
- Fournir des bases scientifiques, des références et des outils de diagnostic à l'ingénierie agri-environnementale des paysages cultivés.

Stratégie d'observation et paramètres mesurés

L'observatoire OMERE s'appuie sur la comparaison de deux hydrosystèmes, 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 dispositif expérimental concerne le suivi conjoint des apports atmosphériques, écoulements de surface et souterrains en eau, matières solides et polluants, et de la variation spatiale et temporelle des activités agricoles. Il a pour originalité de se situer en milieu agricole et de procéder aux mêmes types d'observations avec des protocoles identiques sur les deux rives de la méditerranée.



Le bassin versant de Roujan est situé dans l'Hérault en France. La viticulture y est prédominante. L'intensification date de plusieurs décennies et s'accompagne de forts processus de pollution des eaux par les produits de traitement agricole. Les mesures actuelles de préservation de la qualité des eaux conduisent à une évolution forte des pratiques culturales : modification des techniques d'entretien du sol avec arrêt du désherbage chimique total des sols et de l'utilisation de certaines molécules (ex. triazines, diuron, As). Ces modifications devraient avoir un impact sur les bilans érosifs et permettre une restauration de la qualité des eaux.





Le bassin de Kamech est situé sur le Cap Bon en Tunisie. supporte une activité de type polyculture - élevage. Une intensification progressive des activités agricoles y est en cours: occupation complète de l'espace par des champs cultivés, augmentation de la proportion de cultures intensives (maraîchage, pois chiches, petit pois...), apparition de l'irrigation pour les construction d'un potit barrage quargentation de avec la construction d'un petit barrage, 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.

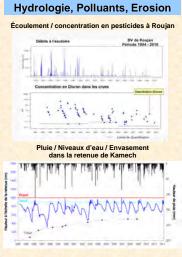
Les paramètres mesurés concernent : (i) la géométrie du milieu récepteur et caractérisant l'évolution de sa surface, (ii) des conditions hydrologiques et climatologiques dont les flux d'évapotranspiration, les débits des rivières et les niveaux des nappes phréatiques, (iii) l'érosion des sols et la qualité des eaux de pluie, de surface et de nappe (éléments majeurs, traces, organochlorés...). L'historique des données remonte à 1992 pour Roujan et 1994 pour Kamech.

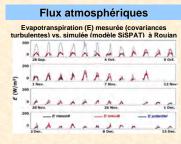
Base de données

La base de données utilisée pour le stockage des données est la BD HYSAE (BD Hydrologique Spatialisée pour les Agrosystèmes, et l'Environnement). Elle est couplée à une interface cartographique de visualisation et d'interrogation accessible par le Web appelée VIDAE (coll. ORE Agrhys). Les exemples ci-dessous illustrent la forte irrégularité intra et inter-annuelle des flux d'érosion et de pesticides et le besoin de longues chroniques d'observation pour percevoir les tendances à long terme pour s'affranchir des fortes variations événementielles.

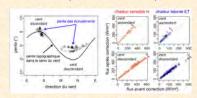
Occupation du sol et états de surface (EdS) Relevés d'occupation du sol à Kamech







Flux surface-atmosphère sur colline : influence de la direction du vent (ascendant vs. descendant) à Kamech.



Programmes de recherches s'appuyant sur l'observatoire

L'ORE OMERE est le support de plusieurs activités de recherches en collaboration avec des partenaires français et internationaux. En 2012, ces programmes sont : Nationaux: Observatoire ORE, ANR Digisol-Hymed, ANR Landsoil, Pari scientifique INRA, Laccave INRA, GESSOL SP3A, PNTS, Tosca, Mistral-Sicmed Lebna, CRITEX (via RBV) Bilatéraux: JEAI Jasmin AIRD, conventions DGACTA (Dir. des Sols et CES), conventions INRGREF, convention INAT, convention CNT, convention DGRE Internationaux et Réseaux: CRP D1 20 10 AIEA, UE EXPEER, Allenvi SOERE RBV, Mistral-Sicmed R_OSMed

















rimzitouna@live.fr (INRGREF) WEB:

lisah.fr/omere















L'ORE AgrHyS: Temps de réponse dans les AgroHydroSystèmes

Un observatoire de la zone critique dans un contexte de fortes pressions anthropiques (élevage intensif)

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

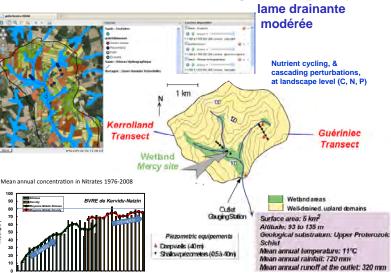
- Temps de transfert de l'eau / Processus de recharge
- Temps de réponse aux changements climatiques et anthropogéniques
- Cycles biogeochimiques majeurs (C, N, P) : rôle des "hot spots" (zone humide, haie) ; Emission vers l'air ; réactivité des sols, émissions vers l'eau.
- Influence des apports massifs d'origine agricole sur les stocks, les processus, l'érosion chimique?



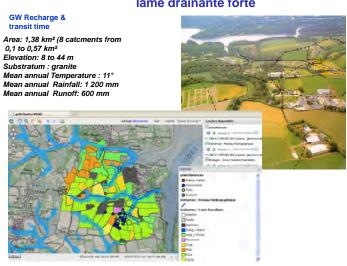


2 SITES complémentaires

NAIZIN-KERVIDY: Schiste, élevage intensif (porcin)



KERBERNEZ: Granite, élevage laitier lame drainante forte



Suivis et capteurs



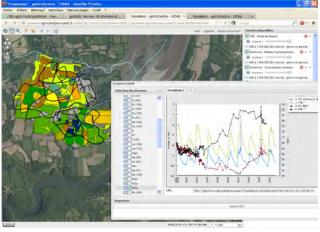
100			10 mg	PB	
Suivi hydro	logique et clin	Suivi hydroc	himique		
type de mesure	Méthode	fréquence	Analyse	fréquence	
hauteur (débit) T' du cours d'eau + T' zone hyporhélique	capteur automatique (flotteur) 2 sonde s Pt 100	1 min	DOC + DIC + Anions majaura Piotal, PO4, St, MES NH4, NO2, Nictal dissous Specirophotomètre UniVisible (n sits) NO3, COC COT Turbidmitre (Porsel)	1 /gr + crue 1 / 3/x + crue 1 / /gr + crue 15 min	0
battement de nappe + T*	9 capteurs automatiques + meaure manualle	15 min 1 / trimestre	Anions majeurs + COD et éléments en trace	1 / trimestre	
. température air & sol . rayormement net . vitesse et direction du vent . plule . hygrométrie	capteurs automatiques	1/641/jr	Esu de cluie Anions et calions majeurs	1/mols	
	type de mesure haudeur (didni) T' du cons d'esse + T' zone hyporbelique stationneré de rappe + T' lampérature sir à soi -representation de -representation de -representation de -representation de -representation de -	Type of mounts Milchole hadre (800) This man flow The same hyperholes The same manuals The same same same The same	Anabor (800) The count files The count	Type of measure Michode Dréquence Audy ve Doi: - Des Aday ve Doi: - De	Type de mourer Méthode fréquence Analyse fréquence 19 manuel 19 ma

KERBERNEZ - KERRIEN	Suivi hydro	Suivi hydrologique et climatique		Suivi hydroch	himique
Point de mesure	type de mesure	Méthode	fréquence	Analyse	fréquence
4 stations limnimétriques	hauteur (débit)	mesure manuelle	1 à 2 / mois	Anions et cations majeurs	1 à 2 / mois
3 stations limnimétriques	hauteur (dibit)	3 capteurs automatiques (Sotteur)	6 min	Anions et cartions majeurs Anions majeurs + callons majeurs et éléments en trace	1 à 2 / mois 2 / an (hautez eaux- bassez eaux)
1 station limnimátrique (Exutoire E30)	hauteur (débit) T° du cours d'eau + T° zone hyporhélique	capteur automatique (Sotteur) 2 sonde s Pt 100	6 min	Anions cations majeurs Anions majeurs + cations majeurs et éléments en trace	1 à 2 / mois 2 / am (hautex eaux- basses eaux)
9 piázomětnes	battement de nappe + T*	7 capteurs automatiques + mesure manuelle	15 min 1 / mals	Anions majeurs Anions majeurs + cations majeurs et éléments en trace	1 à 2 / moix 2 / an (hautez eaux- bassez eaux
22 piézométres	battement de nappe + T*	9 capteurs automatiques + mesure manuelle	15 min 1 / trimeatre	Anions majeurs + cations majeurs et éléments en trace	2 / an (hautez eaux- bazzez eaux
1 station météo	. température air & sol . rayonnement net . vitesas et direction du vent . pluie . hygrométrie	capteurs automatiques	1/bà1/p	Eau de pluie Anions et cations majeurs Anions majeurz + cations majeurz et éléments en face	1 / mois 2 / an (haudez enze- bazzez esux
4 stations de mesure en continu de l'humidité du soi	Profil d'humidité du sol jusqu'à 3 m de profondeur	25 capteurs capacitifs (environcer)	30 min		

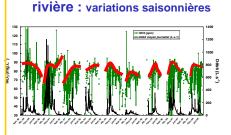


Bases de données Portail geosas

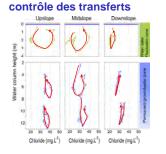
(http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/)

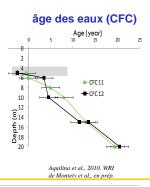


Exemples de résultats



Nappes: dynamique COD





Molenat et al., J. of Hydrol. 2008 Morel et al., Hydrological processes 2010 Rouxel et al., 2011 Hydrol. Processes

ORACLE / Bassin Versant de l'Orgeval observatoire pérenne et site de recherche depuis 1962

Représentatif des grands ensembles sédimentaires agricoles anthropisés sous climat océanique tempéré Multi-observations (hydrologiques, hydrogéologiques, physico-chimiques, biodiversité...)
Multi-échelles (km² à 1800 km²)

ORACLE (1800km²) à 70 km à l'Est de Paris est constitué des bassins versants du Grand Morin et du Petit Morin et du sous-bassin de l'Orgeval (104km²)







UN OBSERVATOIRE DE BASSINS EMBOITES

L'ensemble des compartiments hydrologiques d'ORACLE est suivi *via* un réseau de mesure complet : stations limnimétriques (sous-bassin et réseau de drainage), piézométriques, pluviométriques et d'humidité des sols. Ce dispositif est doublé d'une station météorologique et d'un réseau de mesure de la qualité des eaux de surface, de pluie et de la nappe. Ainsi, les exutoires de chaque sous-bassins sont suivis.

UN PARC INSTRUMENTAL patrick.ansart@irstea.fr









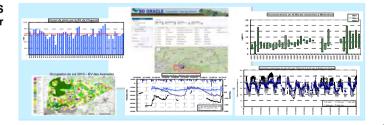






UNE BASE DE DONNEES julien.peschard@irstea.fr alain.querin@irstea.fr

http://bdoracle.irstea.fr



UNE PLATEFORME PEDAGOGIQUE ET UN RESEAU FEDERATEUR

Une plateforme pédagogique

Universités Paris VI, Paris XI, AgroParisTech, EPHE, etc.

Un réseau fédérateur de recherche



AgroParisTech













UNE RECHERCHE COORDONNEE

A travers les objectifs d'ORACLE, des projets de recherche interdisciplinaires sont élaborés chaque année. Ils s'appuient sur 50 ans de travaux scientifiques, sur une équipe technique travaillant sur l'antenne Irstea de Boissy-le-Châtel et Antony. Chaque nouveau projet enrichit la base de métadonnées et la bibliographie du site. Dans ces projets, sont impliquées différentes équipes de recherche, mais aussi des opérationnels, acteurs de l'environnement (SAGE 2 Morin, Météo France, les collectivités locales, les agriculteurs, etc.).

UNE COORDINATION ET ANIMATION SCIENTIFIQUE gaelle.tallec@irstea.fr



UN GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE : LE GIS ORACLE https://gisoracle.cemagref.fr

8 établissements signataires: Irstea, CNRS, UPMC, INRA, MINES Paris Tech, Météo France, DRIEE IdF, AgroParisTech

UNE STRATEGIE DE RECHERCHE

Un observatoire interdisciplinaire vers une gestion intégrée du territoire

			Observations sur ORACLE					
		Processus de transfert d'eau	Processus biogéochimiques	Facteurs de contrôle	Caractérisation du milieu			
	Processus de transfert d'eau	Modèle Hydrologique						
Modé	Processus biogéochimiques		Modèle Biogéochimique					
délisation	Facteurs de contrôle			Paramètres du modèle biogéochimique	Site de remédiation des polluants			
	Caractérisation du milieu			Site de remédiation des polluants	Paramètres du modèle hydrologique			
Processus écologiques Bio				ersité				
	Processus sociaux		Sciences h	umaines				

Une plateforme Captiven : projet de développement des partenariats entre PME et laboratoires dans le domaine de la métrologie environnementale.



OBSERVATOIRE AURADÉ

Le bassin versant du Montoussé





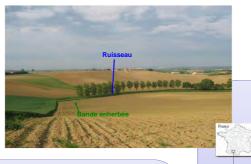
Responsable: J.L. Probst

Comité pilotage: A. Probst, J.M. Sanchez-Perez, R. Teisserenc

Contact: iean-luc.probst@ensat.fr



L'historique



Suivis hydrochimqiues mis en place en 1982 par la Société AZF, aujourd'hui Grande Paroisse Azote (GPN), pour suivre l'impact des pratiques agricoles sur l'évolution des teneurs et des flux de nitrates. Ce BV a donc 30 ans d'existence et de séries de données, notamment hydroclimatiques (précipitations, débits), hydrochimiques (nitrates et phosphates) et agronomiques (pratiques culturales, rendement, quantités de fertilisants épandus et de pesticides).

Depuis 2004, il est géré par les chercheurs d'EcoLab en partenariat avec GPN (convention jusque 05/2011). De 2001 à 2007, ce BV faisait partie du réseau national des BV des GRAPPE (Groupes Régionaux d'Action contre la Pollution par les produits Phytosanitaires dans l'Environnement), notamment des 4 BVs du GRAMIP (GRAPPE Midi-Pyrénées). A ce titre, nous disposons aujourd'hui de 7 années de suivi des teneurs en pesticides dans les eaux du ruisseau, données auxquelles s'ajoutent depuis 2008 les mesures d'EcoLab.

lité de ce BV expérimental agricole: lien étroit étroit avec l'Association des Agriculte d'Auradé, et avec l'ensemble des partenaires socio-économiques et politiques de la région (CA 32, CG 32, CACG, GPN, Arvalis, Adasea, GPN) ainsi qu'avec les agences nationales (ONEMA, Agence de l'Eau). L'ensemble des acteurs présents sur ce site permet à la fois de développer en harmonie de la recherche fondamentale, du R&D et de faire de la gestion opérationnelle pour améliorer la qualité les sols, des eaux, des sédiments et préserver la santé des écosystèmes.



Les questionnements scientifiques

Impacts des activités agricoles et des changements climatiques sur la qualité des eaux, des sols, des sédiments et des écosystèmes aquatiques sur : l'érosion mécanique et chimique des sols, les flux d'eau et de carbone, les transferts de polluants. Il s'agit donc

-d'établir les bilans des flux de matières (polluants, nutriments) en réponse aux fluctuations climatiques et aux pressions anthropiques,

-de comprendre les mécanismes qui règlent leurs transferts, de modéliser ces bilans et ces mécanismes de transfert,

de déterminer l'impact des polluants sur le vivant en allant de l'organisme à la communauté.

D'un point de vue opérationnel, il s'agit de :

suivre l'impact des dispositifs et des mesures agri-environnementales sur la qualité des eaux et des milieuxaquatiques

-d'établir des scénarios en réponse à des changements climatiques ou de pratiques et enfin,

-de déterminer des indicateurs biologiques pertinents de l'état de santé des écosystèmes aquatiques.

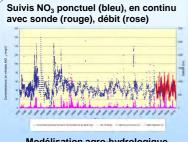


Les suivis hydrochimiques

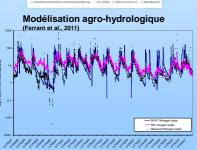
- Intensité des précipitations et composition chimique (chaque évènement)
- Composition chimique des solutions de sols à différentes profondeurs (évènementiel)
- →mesures ponctuelles (horaires en crue, hebdomadaires le reste du temps) :
- anions, cations, alcalinité, silice dissoute, COD, MES, COP
- →mesures occasionnelles (campagnes annuelles ou crues): ETM, pesticides, diatomées, invertébrés benthiques, biofilms



Des réponses de la recherche

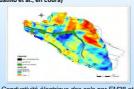


Pesticides: rôle des crues



Impacts des fertilisants N sur CO₂ altération (Perrin et al., 2008)

Conductivité électrique des sols

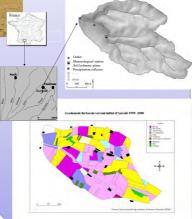


Conductivité électrique des sols par EM38 et EM31 -18 profils de résistivité électrique le long de transects (CESBIO-EcoLab-GET).

Enrichissement en métaux dans les MES

100 Ni Cu Zn Pb As Cd

Le site dans son ensemble



Le BV expérimental du Montoussé à Auradé

(Gers, 328 ha) est représentatif des BV gascons. C'est un sous-affluent de la Save, affluent rive gauche de la Garonne (BV: 1110 km2) où sont effectués les mêmes suivis depuis 2006 (station Larra). Il appartient à l'ensemble géomorphologique des Coteaux de Gascogne et draine un bassin versant molassique. L'occupation des terres est majoritairement agricole (94%) avec des rotations blé-tournesol.



Les « pistes CRITEX à creuser »

-Circulation et temps de résidence de l'eau, contribution des lentilles sableuses, réserve en eau du bassin (RÚ sols, eau souterraine): WP2, WP6, WP8 -Bilan amont–aval des vitesses d'érosion mécanique et chimique (érosion/sédimentation=sediment delivery

Ratio, dissolution/précipitation des carbonates): WP4

-Histoire du parcellaire et impact sur la géomorphologie et hydrodynamique actuelle : WP5, WP6

-Épaisseur des sols, des formations superficielles, topographie et microtopographie des sols et de la molasse (inversion des reliefs, déplacements?): WP5, WP6

-Vitesse d'altération des silicates et cycle du carbone : mesures en continu silice, alcalinité, DOC, POC, majeurs

-Rôle des zones humides et des bandes enherbées sur les transferts : WP8 (traceurs inertes, isotopes)

-Cvcle de l'azote : WP1 (cf. station CESBIO), WP8

Émission atmosphérique des gaz (N2O, CH4...): WP4, WP8

Retombées atmosphériques de polluants organiques, azotées : WP4



L'instrumentation







Partenariats



et INSTITUTIONS

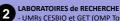
Association des Agriculteurs d'Auradé

ONEMA et ADEME

GPN et AKKA Technologie

- CNRS-INEE et INSU, IRSTEA, INRA - Université Toulouse : UPS, INPT, UT1, UT2, ENFA

- Tous les partenaires du SOERE



- UMRs CESBIO et GET (OMP Toulouse), - UMR LEREPS (UT1-ENFA-UT2 Toulouse)

- UMR EDB (UT3-CNRS-ENFA Toulouse)

- Unités ADBX et REBX (IRSTEA Bordeaux-Cestas)

- Unité SAS (AgroCampus Ouest- INRA Rennes) - Tous les partenaires du SOERE RBV











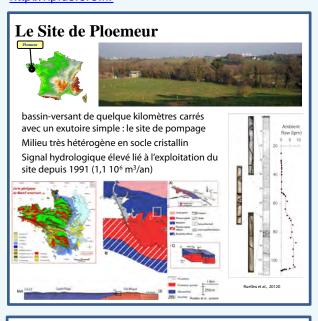


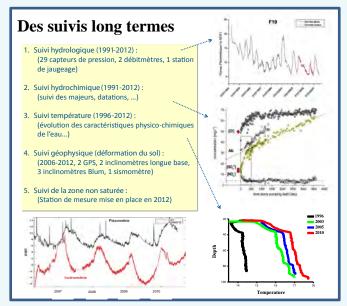




Le site observatoire de Ploemeur : suivis long-terme et expérimentations

O. Bour, N. Lavenant, T. Le Borgne, T. Labasque, L. Longuevergne, L. Aquilina, R. Hochreutener, J. Gimenez, V. Vergnaud, C. Petton, P. Davy Geosciences Rennes - OSUR, CNRS et Université Rennes 1, Rennes, France, (Olivier.Bour@univ-rennes1.fr / Téléphone: +33-2-23236510) http://hplus.ore.fr/







Une infrastructure disponible

Une soixantaine de piézomètres ou forages de

Cinq cabanons ou galeries sécurisés et alimentés en électricité pour les suivis long terme

100 m de profondeur dont 3 forages carottés

Des sites de suivis ou d'expérimentation

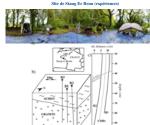
complémentaires













Base de données

Site Google Earh disponible Géologie du site, Géophysique de subsurface, diagraphies de forage

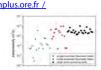
Données météo, station de jaugeage, suivi zone non saturée

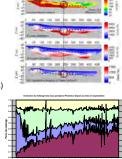
Piézométrie (depuis 1991), essais de pompage, données deflowmétrie Hydrochimie (en partie depuis 1991, majeurs, datation, isotopes...)

Déformation de la surface du sol (inclinomètres longue base, inclinomètres Blum, GPS, sismomètre)

Propriétés de transport (essais de traçages)

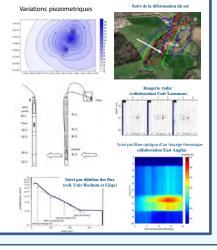
Etc...http://hplus.ore.fr /





Des expériences innovantes menées avec des équipes extérieures

- 1. Suivi géodésique d'un essai de pompage (Mai 2006, ANR Hydrogéodésie) en coll. avec Univ. Montp 2, IPG Strasbourg, Brest, Le Mans
- 2. Imagerie du transport d'un traceur salin en milieu fracturé par imagerie radar (2010 - 2012) (coll. C. Dorn, N. Linde, UNIL, Lausanne)
- 3. Traçages thermiques en milieu fracturé (2011 au 2013): (utilisation d'une fibre optique, collaboration T. Read, V. Bense, East Anglia, UK)
- 4. Propriétés de transport des milieux fracturés (2011-2013) : (collaboration P. Kang, MIT, USA)
- 5. Tests de traçages et Mesures des vitesses d'écoulement en milieu fracturé (2010-2013) (collaboration P. Janin, S. Brouyère, Univ. Liège, A. Englert, Univ Bochum)
- 6. Etc.....(Tests de traçages réactifs (push-pull), essai de pompage et expérience de tomographie inclinométrique, Imagerie géophysique du milieu...).



om, C., N. Linde, T., Le Borgne, O. Bour and M. Klepikova, Inferring transport characteristics in a fractured rock aquifer by combining single-hole GPR reflectionitioning and tracer lest data, accepte à Walter Resources Research.

refrys, Ge Dereuty, PS Bour O., Labasque, T. and Aquillian, L. Corribbution of age data to the characterization of complex aquifers, Journal of Hydrology, Volumes 464–44.

September 2012, Pages 54-68

pikosa, M., T. Le Borgne, O. Bour and P. Davy, A methodology for using borehole temperature-depth profiles under ambient, single and distilions to estimate finature hydraulic properties, sourned of hydrology 407, pp 145–152. doi:10.1016/j.lyhdrol.2011.07.018, 2011 mr. C. Linde N. Le Borgne T., O. Bour and L. Baron (2011) Single-hole GPR reflection making of solute transport in a granitic aquifer. Geophys-

Druillenner C., letsch G., Bour O., Tarits C., Tymen G., Alcade G., Aquilina L. - Hydrogeological and geochemical control of the variations of 2 ord rock aquifer: insights into the possible role of fracture-matrix exchanges. Applied Geochemistry. Volume: 25 Issue: 3 Pages: 345-356, 2010

wels H., Ayraud V., Aquiline L., Molenat J., 2010 - The fate of nitrogen and sulphur in hard-rock aquifers as shown by sulphate-isotope tracing. A

S. (Bo-13). G. Moreau, O. Bour, O. Gopal, G. Martes, instant of penth of going discontinuins on barment applier recharge. In example from Pioceneu (Births formatics) of Applier Georphics, V70, V71, pp. 61-618, 66 to 10.1016/j.jeppeep.000.911.01070, 2010 Boy, P. Longouverger, L. Boudin, F. Jacob, T. Lyard, F. Lubes, M. Florich, N. Emoult, MF. Modelling strong-beric and induced non-fold oceanic loading contributions under gravity and tile inseruments; Journal of Geodynamics, 46 (86), 132-188, 00; 10.1016/j.jep. 2009.00.9022, 2009.

and, V, Aquilin L, Labasque T, Pauwell H, Molenti L, Pierson-Williaman A-C, Darrad, V, Bourlin C, Tarist C, Le Corre P, Fourre E, Merot P, Davy mpartmentalization of physical and chemical properties in hard-rock aquifers deduced from chemical and groundwater age analyses, AppliedGeochemistry Volume 2

sues-yp.pose-21/17, AMS
Beigne T, Dis W. M.S. Riley, P, Gouze, A Pezard, A. Belghoul, G. Lods, R. Le Provost, R.B. Greswell, P.A. Ellis, E. Isakov, B.J. Last, Comparison of alternation and intendiational foliation of intendiation of inten

Example, private view of the discrete and continuous descriptions. IAH-5P Volume promotion of the discrete and continuous descriptions. IAH-5P Volume proundwater in fractured nocks; Kasayı, Land Sharp J.M. editors, pp 437-450, 2000. Per of Conformation of the discrete and continuous descriptions. IAH-5P Volume proundwater in fractured nocks; Kasayı, Land Sharp J.M. editors, pp 437-450, 2000. Per of Conformation of the discrete and processes studies: Point-like structured on well, meteorological and Inputiosignical platforms, Groundwater(HG), pp 743-748, 2006.

seaso un tess, internationale and improdigated pattorms, incomposited pages pp. 14.5-148, 40.00
Belgreit, D. Boar, D. Fallett and P. Caudh, Assessment of preferential flow path connectivity and hydraulic properties at single-borshole and cross-borstactured aquiller, J. of Hydroi, 328 (12.); p. 347-359, 2006
Fractured aquiller, J. of Hydroi, 328 (12.); p. 347-359, 2006
Belgreit, T. J. P. Bullet, O. Bour and P. Caudh, Cross-Borshole flowmeter tests for transient heads in heterogeneous aquillers, GroundWater, 44 (3), p. 444eau, F., Dauteuil, O. Bour, O. and P. Gavrilenko, GPS measurements of ground deformation induced by water level variations into a granitic aquifer (French Brittan

rita c., Aquillina L., Ayraud V., Pauwels H., Davy P., Touchard F. and Bour O, Oxido-reduction sequer quifer (Pleameur area, France), AppliedGeochemistry, Volume 21, Issue 1, p 29-47, 2006.

Borgne, T., Bour, O., de Dreury, J.R., Davy P. and F. Touchard, Relevance of a mean equivalent flow model for fractured crystalline aquifers: insights from a sca tempretation of pumping tests, Water Resour Res. 40(3), W03512, doi: 10.1029/2003WR002436, 2004

Le Site Expérimental Hydrogéologique de Poitiers

Gilles Porel, Jacques Bodin

(gilles.porel@univ-poitiers.fr, jacques.bodin@univ-poitiers.fr)

Caractéristiques générales :

- aquifère carbonaté (Dogger) captif, de 100m d'épaisseur (de -30m à -130m à partir de la surface du sol),
- niveau piézométrique moyen = -20m
- 32 puits (diamètre 8 pouces) de 130m de profondeur + 4 forages carottés (diamètre 4 pouces) dont deux obliques
- capacité de pompage dans les puits : de 5 à 70 m³/h
- pour les expériences, site sécurisé pour le matériel

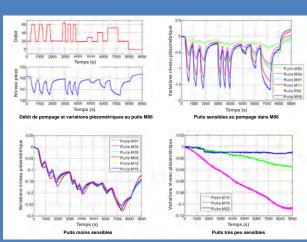




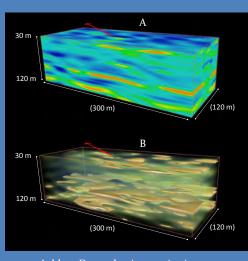
82 m

Spécificités:

- <u>écoulements préférentiels</u> : conduits karstiques subhorizontaux
- perméabilité multiple (conduits karstiques / fractures / matrice
- <u>transferts de pression très rapides (jusqu'à 20m/s)</u> entre les
- hétérogénéité spatiale hydrochimique (pH, majeurs, sélénium)



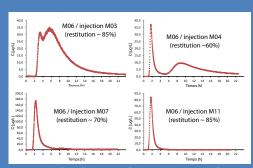
Expérience de pompage à débit variable sur le puits Mo6



A. bloc 3D pseudo-vitesses sismiques ; B. extraction / seuillage des faibles vitesses [Mari and Porel 2008, Mari et al. 2009]

Base de données disponible :

- structure géologique du réservoir : stratigraphie/lithologie sur deux forages carottés, diagraphies en rayonnement Gamma, imagerie acoustique, caméra haute résolution ;
- propriétés pétrophysiques des roches carbonatées : mesures de porosité et de perméabilité en laboratoire sur des échantillons de carottes ;
- structure des écoulements dans les forages : diagraphies température-conductivité, débitmétrie heat-pulse ;
- dynamique de la nappe en conditions d'écoulement « naturel » et/ou forcé : tests de pompages et chocs hydrauliques ;
- · expériences de traçage (fluorescéine) en écoulement forcé



- Audouin, O., Bodin, J., Porel, G., Bourbiaux, B., 2008. Flowpath structure in a limestone aquifer: multi-borehole logging investigations at the hydrogeological experimental site of Poitiers, France. Hydrogeol. J., 16 (5), 939-950

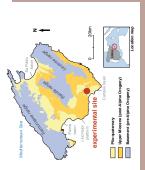
- Bernard, S., Delay, F., 2008. Determination of porosity and storage capacity of a calcareous aquifer (France) by correlation and spectral analyses of time series. Hydrogeol. J., 16 (7), 1299-1309.

 Bodin, J., Ackerer, P., Boisson, A., Bourbiaux, B., Bruel, D., De Dreuzy, J.-R., Delay, F., Porel, G., Pourrpak, H., 2012. Predictive modelling of hydraulic head responses to dipole flow experiments in a fractured/karstified limestone aquifer: Insights from a comparison of five modelling approaches to real-field experiments. J. Hydrol. , 454 (1-2), 82-100.
- Bourbiaux, B., Callot, J.-P., Doligez, B., Fleury, M., Gaumet, F., Guiton, M., Lenormand, R., Mari, J-L., Pourpak, H., 2007. Multi-scale characterization of an heterogeneous aquifer through the integration of geological, geophysical and flow data: a case study. Oil & Gas Sci. Technol. Rev. IFP, 62 (3), 347-37.
- Chatelier, M., Ruelleu, S., Bour, O., Porel, G., Delay, F., 2011. Combined fluid temperature and flow logging for the characterization of hydraulic structure in a fractured karst aquifer. J. Hydrol., 400 (3-4), 377-386.
 De Dreuzy, J.-R., Bodin, J., Le Grand, H., Davy, P., Boulanger, D., Barrais, A., Bour, O., Gouze, P., Porel, G., 2006. General Database for Ground Water Site Information. Ground Water, 44 (5), 743-748.
 Delay, F., Kaczmaryk, A., Ackerer, P., 2007. Inversion of Interference hydraulic pumping tests in both homogeneous and fractal dual media. Adv. Water Resour., 30 (3), 314-334.

- Mari, J.-L., Porel, G., 2008. 3D seismic imaging of a near-surface heterogeneous aquifer: A case study. Oll & Gas Sci. Technol. Rev. IFP , 63 (2), 179-201.
 Mari, J.-L., Porel, G., Bourbiaux, B., 2009. From 3D seismic to 3D reservoir deterministic model thanks to logging data: the case study of a near surface heterogeneous aquifer. Oll & Gas Sci. Technol. Rev. IFP , 64 (2), 119-131.
 Riva, M., Guadagnini, A., Bodin, J., Delay, F., 2009. Characterization of the Hydrogeological Experimental Site of Poitiers (France) by stochastic well testing analysis. J. Hydrol., 369 (1-2), 154-164.

Mallorca Experimental site: Example of characterisation and monitoring in Campos.

P. Pezard, S. Gautier, C. Garing, P. Gouze, H. Perroud, V. Hebert, G. Henry, M. Geereart, R. Leprovost, G. Lods...



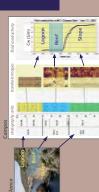
In order to develop a strategy for the quentitative analysis and description of fluid flow and salt transport in coastal carbonate aquifers, a new test site has been developped since 2003 in the context of the ALANACEEC project.

seas-force, with a salt wedge running more than 15 km inland.
The field (S = 114 m x 87 m) has been diffield by a serie of 17 boreholds of 100 m deep, separated by short distances ranging from 2,5 m to 100 m, 7 boreholds being peritely cored, MC2 borehole have been fully studied as the effective one. The site is located in the South East part of Mallorca, 6 km away from the pr



The geological structure of the site is that expected for a **Miocene reef**, with lagoonal and platform-like structures at the top, larstified refal constructions in the middle and slope deposit at the base, Similar structures are exposed along the oasta clabo Blanco a 100 medershiph clift.

The high heterogeneity of the formation has a major im



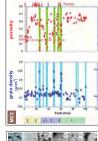
Characterization

Core analyses

MC2 has been studied in great details, with more than 100 large-scale **thin-sections** and 116 **plugs** measured. Some specific zones in MC10 and MC11 were also studied with thin sections, measurements on plugs and X-Ray sections, measurements on plugs and X-Ray microtomography images.

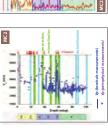
The diagenetic and petrophysical studies reveal a low degree of dolomitization (<5%),

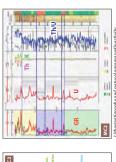
and some highly recoyalized zones. The potnosities amy grome, 2% to 25% and the fundation factors from 3 to 110 (with an average cementation index of 35.6). The compressional and shee weddette, measured both dry and stutnets, span from 3350 to 6465 m/s (Vp.), and from 1140 to 3185 m/s (Vol.), remeability measurements, empiry from 0.06 to 26400 m/D allow to detext other cementation weeks.



Borehole geophysics

Full mm-scale borehole imaging and geophysical measuren gammaray) were systematically recorded in each borehole.





High resolution seismic imaging displays the architecture of the majo

Seismic

neusciences.

CHICS

To evaluate the impact of the climatological and antropogenic boundary conditions on the freshwater/saltwater interface and study the dynamic and geochemical evolution of the mixing zone. Long-term monitoring

Hydrodynamical high-frequency borehole MC8 1

The continuous monitoring of the conductivity shows seasonal variations of the conductivity with increasing values from spring to autum nand decreasing values in winter. The variations are higher at 70 m depth than at 60 m depth.

Geochemical

Multi-level water sampling in boreholes A for chemical water analysis in laboratory

Since 2011 a Westbay completion was installed in MC2, allowing the multi-level stampling of the pore water. The major elements were analyzed and geochemical modeling was performed using PHREEQC. In 2012, the in The groundwater was regularly sampled from 40 to 100 m depth in the boreholes in 2005 and 2008.

Regular borehole geophyskal measurements of the properties of the full was conducted in MC2 and MC8 from 2003 until now. During that period, the recorded profiles of the full of conductivity does not show any noticeable changes, apart from slight seasonal variations.

Time-laps e logging: evolution with time of the fluid electrical conductivity and pH (MC2, MC8)

Geophysical

The results highlight the presence of microbiological activity which correlated with a pH acidification which

situ pH and dissolved oxygen was measured on the field and the TOC was also analyzed.

A new tool have been developped during the ALIANCE project t measure the dispersivity at the vicinity of the borehole.

CoFS (Controled Fluid Injection Sonde) is a new downhole push-pull instrument to perform pressure and salinity controlled fluid injection experiments in small diameter boreholes. It permits periodic

water injection or abstraction at insulated levels in the well and flush in/flush out tracing experiments in order to scan reservoir dispersivity, using water conductivity or fluoresceine as a tracer.

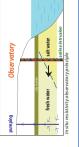
MC2 (94 m deep)

Hydrogeophysical testing (dispersivity)



The in situ electrical resistivity observatory was installed in 2005 in borehole MC9 and calibrated. The automatisation of the system started in 2008.

Downhole observatory: high frequency monitori the electrical resistivity of the rock in borehole MC9



Identification of the micro-organisms present in the 1 impact on the local geochemistry of the groundwater



A"natural laboratory" to study saltwater intrusion in coastal carbonates

Further studies

time after flush start (s)



Indo-French Centre for Groundwater Research

CEntre Franco Indien de Recherche sur les Eaux Souterraines

- Les sites d'Hyderabad Inde -EHP Choutuppal & Maheshwaram





Maréchal Jean-Christophe, Boisson Alexandre, Guihéneuf Nicolas, Perrin Jérôme, Dewandel Benoit, Hélène Pauwels, Philippe Negrel, Shakeel Ahmed

IFCGR - NGRI Ground Water Building - Uppal Road 500606 Hyderabad - India

Maréchal JC (. (jc.marechal@brgm.fr) Boisson A. (a.boisson@brgm.fr)

Deux sites développées au sein d'une collaboration BRGM-NGRI (National Research Institute) depuis 1999

EHP Choutuppal

Développement du site de Choutuppal depuis 2008 Site securisé pour expérimentations sur le Campus NGRI

Localisation

60 Km d'Hyderabad - Andhra Pradesh - India Climat semi-arid Aquifère de socle

Objectifs

Developpement de méthodes et outils spécifiques aux aquifères de socle Etude de l'hydrodynamique et des propriétés de transport des aquifères de socle Réalisation d'observations long terme

Instrumentation

21 puits

Suivi piezométrique haute frequence continu avec suivi conductivité/temperature

Experimentations

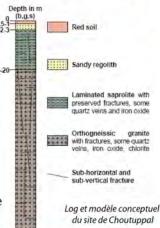
Tests Hydrauliques: Pompages, Slugs Tests, Traçages, Push pull Packers tests

Geophysique: Resistivité electrique, Misse à la masse... Prélèvements chimiques

Spécificités

Aquifère fortement hétérogène avec compartimentation verticale et horizontale

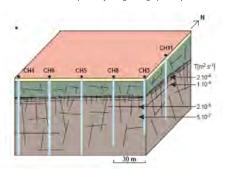








Localisation du parc hydrogeologique experimental



Maheshwaram Watershed

Etudes sur le bassin versant de Maheshwaram depuis 1999 (55km2)

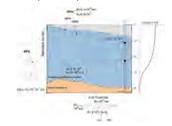
Objectifs

Etude de l'hydrodynamique des aquifères de socle en contexte semi aride

Developpement de méthodes et outils

Experimentations

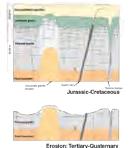
Nombreuses experimentation conduites sur: l'hydrodynamique des bassin (EU SUSTWATER) l'hydrogéochimie (ANR MOHINI) La recharge active des aquifères (EU FP7 SAPH PANI)

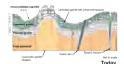


Modèle conceptuel des propriétés hydrodynamiques de la zone fissurée des aquifères de socle (Maréchal et al., 2004)



Géologie et localisation des forages scientifiques sur le site de Mahehswaram





Evolution probable du profil d'altération depuis le Jurassique-Crétacé à l'actuel en Inde du Sud (Dewandel et al., 2006).

Spécificités

Presence de chroniques long terme (piezometriques, chimiques...) Les nombreux projets réalisés precédement ont permis une bonne connaissance du bassin (Meteorologique, géologique, hydrodynamique, géochimique)

Apports

Sites de référence sur les aquifères de socle en Inde Connaissance BRGM depuis 12 ans dans la region