

AOI ECCOREV

OFFRE DE PROJET « DETECINE » DETECTION ELECTRIQUE DE RACINES VIVANTES : FAISABILITE ET MISE AU POINT METHODOLOGIQUE

Patrice Mériaux*, **Caroline Zanetti***, **Michel Vennetier***, Irstea¹ Aix-en-Provence
Frédéric Guibal*, IMBE Aix-en-Provence
Sérgio Palma Lopes, Département MACS, IFSTTAR Nantes
Jean-Claude Parisot*, Ginette Saracco, Cerege Aix-en-Provence

* ECCOREV FR 3098, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Résumé :

- *L'objectif du projet est d'examiner la faisabilité d'une méthode non destructive de détection et cartographie des racines ligneuses dans les digues, celles-ci constituant un danger reconnu pour les ouvrages hydrauliques.*
- *Le projet implique trois laboratoires de la FR ECCOREV : IRSTEA porteur du projet, le CEREGE et l'IMBE. Par ailleurs, IFSTTAR contribue au projet.*
- *Le projet soutenu par ECCOREV pourra déboucher sur la préparation et le dépôt d'un dossier de soumission à l'appel à projets ANR Emergence 2013.*
- *Ces recherches, qui sous-tendent une création d'entreprise, ont d'autres débouchés potentiels.*
- *Ce projet concerne les risques naturels et technologiques et relève du pôle de compétitivité "Risques".*

1. Contexte des recherches et état de l'art

Les racines des arbres se développant sur les ouvrages hydrauliques (digues, barrages) induisent des risques de dégradation ou de rupture des remblais par érosion interne ou externe (formation de galeries après décomposition du bois, arrachement, décompaction des matériaux, fissuration des joints de structures rigides). Une thèse (Zanetti, 2010) associant IRSTEA, CEREGE et IMBE a dans un premier temps établi les relations entre facteurs du milieu et développement racinaire dans les ouvrages, à l'aide de méthodes destructives (excavation et analyse des systèmes racinaires). On peut désormais évaluer le risque quand la structure interne de la digue est connue. Cependant, il reste de nombreuses incertitudes : la structure interne des ouvrages est rarement bien connue et il n'est pas concevable de démonter systématiquement des portions de digues pour extraire les systèmes racinaires en conditions réelles. Les gestionnaires sont donc à la recherche d'une méthode non-destructive. Le travail qui sert de base au présent projet a fait l'objet de plusieurs publications relevant de la FR ECCOREV et associant Irstea, le CEREGE, l'IMBE ainsi que l'université de Clausthal (Zanetti, Guibal et al., 2010, Zanetti, Weller et al., 2011 ; Zanetti, Vennetier, et al., soumis).

De premiers tests de détection à distance des racines, effectués par méthode radar (radar géologique de sondage souterrain) n'ont pas été concluants (signaux arrêtés à très faible profondeur dans les matériaux fins conducteurs et nombreux échos brouillant le signal dans les matériaux graveleux). D'autres travaux (Amato et al. 2008, Cao et al. 2010, Repo et al. 2005) ont montré que les méthodes électriques pouvaient s'avérer intéressantes, sans arriver toutefois à une méthode opérationnelle. Récemment, des essais de détection d'échantillons de racines par méthode électrique (Zanetti, Weller et al., 2011) ont été réalisés au laboratoire Irstea d'Aix-en-Provence dans des grands bacs (de 1m³ chacun) et pour différents matériaux (limoneux, sableux et graveleux). Les résultats ont montré une

¹ Irstea est le nouveau nom du Cemagref, en application d'un décret encore à paraître à la date du dépôt du présent dossier.

transmission longitudinale des signaux électriques par les racines et une différenciation de ce signal par rapport à celui transmis par le sol (polarisation). Ils ont permis d'identifier les conditions optimales pour la réalisation d'essais sur le terrain, et ont montré que la détectabilité pouvait varier suivant les espèces.

2. Objectif de la demande

Ce projet soumis à ECCOREV a pour objectif d'évaluer les possibilités de détection du cheminement de racines vivantes sur des arbres en conditions réelles sur le terrain, et éventuellement d'estimation du volume occupé par le système racinaire.

Dans le prolongement des tests de laboratoire, il s'agit de tester la faisabilité d'une méthode de détection consistant à injecter du courant directement dans l'arbre vivant au départ des racines principales et à interpréter le signal transmis par ces racines à des distances croissantes de l'arbre et à différentes profondeurs dans le sol. Parallèlement, l'analyse dendrologique du bois racinaire aidera à expliquer les signaux observés et à évaluer les zones optimales d'injection du courant et de conduction au sein d'une racine en fonction de son âge (nombre de cernes de croissance), de son diamètre, et des caractéristiques anatomiques du bois (diamètre, nombre et disposition des vaisseaux conducteurs, épaisseur de leurs parois ...).

Le but du projet est d'obtenir suffisamment d'informations sur la pertinence de différents protocoles et la faisabilité d'un prototype, afin, si l'étude est concluante :

- **de postuler à l'ANR Emergence début 2013. Le projet ANR permettrait alors de passer à la phase opérationnelle de mise au point et calibration de la technique de détection, et si possible in-fine de breveter le procédé ;**
- **de proposer un sujet de thèse co-encadré par les différents partenaires, en appui et complément du projet ANR.**

La valorisation des travaux de recherche sur la détection des racines est prévue en cohérence avec le projet de création d'entreprise de C. Zanetti (co-pilote du projet, ex. doctorante Irstea-Cerege), qui aura pour objet de proposer aux gestionnaires et propriétaires de digues et barrages en terre, des études et outils de diagnostic de la végétation implantée sur ouvrages et des préconisations de gestion adaptées sur le court, moyen et long terme.

Une réflexion sera engagée avec la direction de la valorisation et du transfert d'Irstea, afin d'examiner la stratégie de valorisation des livrables de l'étude (modalités de confidentialité, stratégie de publication, dépôt d'un brevet, transfert de licence de savoir faire, etc.).

3. Réalisations prévues

Le projet prévoit les actions et moyens suivants :

Injection de courant

Différentes modalités d'injection du courant seront testées (intensité, fréquence, phases) et couplées avec différents niveaux d'injection dans la racine, en fonction de l'espèce et des résultats de l'analyse dendrologique (détermination de la zone d'injection optimale). Le déphasage du signal électrique est en effet en partie induit, lors de son transport dans la racine, par la polarisation des membranes cellulaires du bois vivant (aubier) : celle-ci peut dépendre de la taille, de la forme et de la densité des vaisseaux conducteurs, ainsi que de l'épaisseur et de la composition de leurs membranes.

Le signal électrique sera injecté au départ des racines principales d'arbres en place (après dégagement de leur face supérieure), en commençant par des arbres de petite taille en conditions contrôlées (pépinière), puis en cas de succès en passant à des arbres adultes en conditions réelles (digue ou plantations). Le signal sera récupéré par des électrodes plantées dans le sol à différentes distances et

profondeurs afin d'obtenir une cartographie des potentiels permettant d'identifier les cheminements conducteurs dans le sol. Les tests seront réalisés avec des niveaux variables de teneur en eau du sol pour trouver les conditions opératoires optimales.

En variante, l'injection de courant dans le sol sera testée, avec récupération du signal dans les racines. Dans un premier temps, on travaillera en mode « résistivité réelle », c'est-à-dire sans exploiter les phénomènes de polarisation induite (spectrale ou non) précédemment étudiés au laboratoire. Si une transmission suffisante du signal électrique est démontrée, la mesure en mode « résistivité complexe » utilisant la polarisation du courant sera étudiée, car elle permet de différencier le signal transmis par les racines de celui transmis par le sol.

Une phase préliminaire de modélisation numérique, également simplifiée, serait intéressante pour 1) évaluer la sensibilité de la « mise-à-la-masse » sur un cas idéal et 2) aider à la conception d'un dispositif d'acquisition optimal.

Matériel et instrumentation nécessaires

- Système complet d'imagerie de résistivité électrique, constitué d'un résistivimètre programmable multi-voies et de « flûtes » géoélectriques pour relier les électrodes à cette centrale – au total jusqu'à 96 électrodes peuvent être adressées (matériel mis à disposition pour une partie du temps par IFSTTAR qui assure aussi la formation des utilisateurs, et loué en période de non disponibilité).
- Batterie (12 V).
- Electrodes impolarisables (type « Petiau », long. 20cm, diam. 2cm) si polarisation induite étudiée
- Electrodes « ponctuelles » : clous (environ 2mm * 10 cm et 1mm*5 cm, si possible inox).
- Pénétrömètre et sonde pour installer des électrodes à différentes profondeurs dans le sol.

Sites d'étude et espèces

Nous prévoyons les sites d'études suivants :

- site 1 : Pépinière administrative des Milles (Aix en Provence) : plantation sur sol homogène, peupliers et robiniers (racines ligneuses). En cas de réussite rapide des tests sur petits arbres, possibilité de test préliminaire sur arbres adultes sur place.
- autres sites : plantation de Barbentane mise à disposition par Irstea (pins et chêne) et autres espèces de milieux rivulaires suivant disponibilité sur des digues.

Les systèmes racinaires seront déterrés partiellement près du tronc avant l'essai, totalement ensuite afin de pouvoir vérifier la pertinence des résultats de la méthode de détection testée.

Stage

Une étudiante issue de l'EOST (Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre) à Strasbourg a été sélectionnée pour effectuer son stage de fin d'école d'ingénieur (6 mois) sur le sujet de la détection des racines. Elle aura tout d'abord une analyse bibliographique à réaliser pour cerner le sujet, puis participera à la mise au point des expériences, à la réalisation des expérimentations et à leur interprétation en vue de conclure sur la faisabilité de l'approche proposée.

Plan financier - Budget demandé

Budget du projet:

- achat en pépinière des arbres et location, à la pépinière si possible, d'une parcelle expérimentale, afin d'étudier l'impact de la modification des propriétés hydriques du sol :	1500 €
- analyse dendrologique sur des racines de différentes espèces et différents âges/diamètres :	1000 €
- location d'un système d'injection du courant, d'électrodes et d'une centrale d'acquisition des données, achat du petit matériel et d'une batterie :	2200 €
- analyse des propriétés mécaniques des matériaux utilisés (laboratoire de Mécanique des Sols Irstea) :	1000 €
- déplacements et fonctionnement*:	2100 €
- indemnités de stage (6 mois) :	2620 €
----- Total	----- 10 420 €

Budget demandé à ECCOREV: 57 % soit : 6000€

* Comprend déplacements (étudiant et encadrants) sur le terrain, dont une visite à IFSTTAR Nantes (formation aux manipulations du matériel), soutenance, réunions entre partenaires, bibliographie, fonctionnement courant, participation à un colloque pour la valorisation des résultats préliminaires.

4. Livrables du projet

- un rapport de stage, comprenant l'état de l'art et la description des expérimentations ;
- un rapport de recherche, comprenant en annexe les résultats des expérimentations ;
- une publication commune (revue ciblée : Journal of Applied Geophysics et/ou Plant and Soil).

5. Description du consortium

• **Irstea** (porteur du projet à ECCOREV) : Caroline Zanetti Docteur en Science de l'Environnement Terrestre, spécialisée dans le diagnostic et la gestion de la végétation implantée sur ouvrages hydrauliques, Michel Vennetier (Ingénieur/chercheur forestier Irstea-EMAX) et Patrice Mériaux (Ingénieur/chercheur génie civil Irstea-OHAX).

Les unités de recherche associées OHAX et EMAX d'Irstea travaillent depuis près de 10 ans sur le développement racinaire des arbres et les risques induits pour les ouvrages hydrauliques, et ont assuré l'encadrement de la thèse de Caroline Zanetti sur le sujet. Les UR OHAX et EMAX travaillent ensemble depuis le départ sur le risque induit par les racines dans les ouvrages hydrauliques, à l'origine de ce projet. Les compétences mises en œuvre sont l'écologie, l'architecture végétale et la physique du sol, permettant la mise au point des protocoles préalables à l'expérimentation, l'analyse des systèmes racinaires extraits après expérimentation, et l'interprétation biologique des résultats de détection électrique en termes de distribution des racines dans le sol.

Irstea coordonne le projet, assure l'accueil de la stagiaire et son encadrement quotidien, prépare et met en œuvre les expérimentations sur le terrain avec l'aide des autres partenaires.

Irstea portera le projet ANR qui devrait suivre, en association avec l'entreprise/bureau d'études en cours de création par Caroline Zanetti.

- **Zanetti C.**, Weller A., **Vennetier M.**, **Mériaux P.** (2011) Detection of buried tree root samples by using geoelectrical measurements: a laboratory experiment; *Plant Soil*, 339:273–283.
- **Zanetti C.**, Guibal F, Brugier M., **Vennetier M.**, **Mériaux P.**, Provansal, M. (2010), Caractérisation de la croissance racinaire d'essences ligneuses implantées sur des digues fluviales, Collection EDYTEM - n° 11 – 2010 115-122.
- **Zanetti C.**, **Vennetier M.**, **Mériaux P.**, Royet, P., Dufour, S., (soumis) Tree root system development in contrasted soil materials, *Plant and Soil*.

• **IMBE** : Frédéric Guibal. CR1 CNRS-IMBE - CNRS UMR 7263

L'IMBE a une longue expérience, par son équipe spécialisée, en dendroécologie et en anatomie du bois. Il travaille sur de nombreux projet utilisant ces compétences pour évaluer l'impact des changements climatiques sur la croissance des arbres. Sa collaboration avec l'équipe EMAX d'Irstea est continue depuis 1997. Il a récemment développé, dans le cadre de cette collaboration, des travaux sur la croissance racinaire dans les digues.

Il dispose de l'équipement nécessaire pour assurer le traitement dendrochronologique classique des échantillons et pour assurer leur analyse radiographique, micro-densitométrique et anatomique.

L'IMBE assure la partie anatomie du bois racinaire dans le projet: détection, mesure et caractérisation physique des cernes de croissance et de leurs composants. Ce volet est essentiel au choix des zones potentielles d'injection du courant et à l'interprétation des résultats.

- Fallour-Rubio, D., **Guibal, F.**, Klein, E., Bariteau, M. et Lefevre, F., 2009, Micro–evolution of annual growth and plasticity within an expanding cedar forest. *Journal of Evolutionary Biology*, 22, 553-563.
- Vila, B., Torre, F., Martin, J.L. et **Guibal, F.**, 2003. Response of young *Tsuga heterophylla* to deer browsing : developing tools to assess deer impact on forest dynamics. *Trees*, 17, 6, 547-553.
- Vourc'h, G., Vila, B., Gillon, D., Escarre, J., **Guibal, F.**, Fritz, H., Clausen, T. et Martin, J.L., 2002. Disentangling the causes of damage variation by deer browsing on young *Thuja plicata*. A chemical and dendrochronological approach. *Oikos*, 98, 271-283.

• **CEREGE** : Jean-Claude Parisot et Ginette Saracco

Le CEREGE (Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement) est spécialisé dans de nombreux domaines, notamment l'étude des risques naturels et la géophysique et développe des techniques d'imagerie des milieux complexes.

- Beauvais A, Ritz M, **Parisot JC**, Bantsimba C, Dukhan M. (2004) Combined ERT and GPR methods for investigating two-stepped lateritic weathering systems *Geoderma* 119 (2004) 121–132
- Ritz M, **Parisot JC**, Diouf S, Beauvais A, Dione F, Niang M. (1999) Electrical imaging of lateritic weathering mantles over granitic and metamorphic basement of eastern Senegal, West Africa *Journal of Applied Geophysics* 41, 335–344.
- Beauvais, A., **Parisot, JC.**, Savin, C. – 2007 – Slope processes controlled by ultramafic rock weathering in a tropical environment of South West Pacific. *Geomorphology*, Volume 83, Issues 1-2, p. 1-13

- Mauri G., Williams-Jones G., **Saracco G.**, 2011, MWTmat - Matlab application of Multi-scale Wavelet Tomography on potential fields, COMP. & GEOSC. doi:10.1016/j.cageo.2011.04.005, 37(11), 1825-1835
- **Saracco G.**, P. Labazuy, F. Moreau, 2004, Localization of self-potential sources in volcano-electric effect with complex continuous wavelet transform and electrical tomography methods for an active volcano, doi:10.1029/2004GL019554, GEOPHYS. RES. LETT., 31, L12610, 5pages
- **Saracco G.**, Moreau F, Mathe PE, Hermitte D. & Michel JM, 2007, Multi-scale tomography of buried magnetic structures. Its use in the localization and characterization of archeological structures, GEOPHYS. J. INT, 171 (1), 87-103.

• **IFSTTAR** : Sergio Palma Lopes. Ingénieur /Chercheur spécialisé en méthodes géoélectriques de détection non-intrusive. Département MACS, Groupe AI.
Ce laboratoire n'étant pas dans la FR ECCOREV, il n'émargera donc pas au budget du projet.

L'IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) conduit des travaux de recherche finalisée et d'expertise dans le domaine des risques naturels, entre autres. Les méthodes géophysiques (notamment électriques) sont à l'étude pour la surveillance et l'auscultation des ouvrages hydrauliques en terre. Des collaborations avec l'Irstea sur ces sujets sont actives depuis plusieurs années (notamment au sein des PN CRITERRE et ERINOH).

- Marescot L, Rigobert S, **Palma Lopes S**, Lagabrielle R, Chapellier D, (2006) A general approach for DC apparent resistivity evaluation on arbitrarily shaped 3D structures, Journal of Applied Geophysics, Volume 60, Issue 1, Pages 55–67
- **Palma Lopes S**, Djedai M, Nicaise JB, François D, Mériaux P, Royet P (2008) Suivi d'infiltrations dans une digue en terre par imagerie de résistivité électrique : expérimentation sur le Canal des Houillères de la Sarre, Journée géotechnique, Les plénières du LCPC, Seillac.
- Fargier, Y., **Palma Lopes, S.**, François D., Fauchard, C., and Côte, P., 2010, Optimization of electrode layouts for 3D-resistivity imaging: application to water infiltrations in an experimental dike. Near Surface 2010 – 16th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Zurich, Switzerland, 6 - 8 September 2010
- **Palma Lopes S**, Fauchard C., Bénôt R., Beck YL., Fargier Y., Goutaland D., Bièvre G. (2011), présentations de restitution du projet de recherche SOLEM « Caractérisation des sols et des ouvrages linéaires par méthodes électromagnétiques », Journées techniques « Diagnostic et Surveillance des Dignes : de la Recherche à la Pratique », PolyTech'Orléans, 16-17 novembre 2011

6. Références citées dans l'état de l'art

- Amato M., Basso B., Celano G., Bittela G., Morelli G. and Rossi R. (2008) In situ detection of tree root distribution and biomass by multielectrode resistivity imaging, *Tree Physiology* 28, 1441–1448.
- Cao Y., Repo T., Silvennoinen R., et al. (2010), An appraisal of the electrical resistance method for assessing root surface area, *Journal of Experimental Botany*, Volume: 61 Issue: 9 Pages: 2491–2497.
- Repo T., Laukkanen J., Silvennoinen R. (2005) Measurement of the tree root growth using electrical impedance spectroscopy, *Sylva Fennica* Volume: 39 Issue: 2 Pages: 159-166
- Zanetti C., Vennetier M., Mériaux P., Royet, P., Dufour, S., (soumis) Tree root system development in contrasted soil materials, *Plant and Soil*.
- Zanetti C., Weller A., Vennetier M., Mériaux P. (2011) Detection of buried tree root samples by using geoelectrical measurements: a laboratory experiment; *Plant and Soil*, (339):273–283.
- Zanetti C., Vennetier M., Mériaux P., Royet P., Provansal M., Blanc G. - 2011. Managing woody vegetation on earth dikes: risks assessment and maintenance solution. *Procedia Environmental Sciences* (9):196-200.
- Zanetti C., Guibal F., Brugier M., Vennetier M., Mériaux P., Provansal, M. (2010) Caractérisation de la croissance racinaire d'essences ligneuses implantées sur des digues fluviales, *EDYTEM* (11):115-122.
- Zanetti C. (2010) Caractérisation du développement des systèmes racinaires ligneux dans les digues. Thèse de doctorat en géographie. Cemagref Aix en Provence, Université de Provence-Aix-Marseille 1, Aix en Provence, 197p (dir. M. Provansal - Cerege, M. Vennetier, P. Mériaux - Irstea).

Annexes

CV des porteurs de projet de chaque laboratoire

Caroline Zanetti, Docteur en Sciences de l'Environnement, Université de Provence
27 ans, Célibataire

Contact

Irstea Le Tholonet,
3275 route de Cézanne CS 40061
13182 Aix en Provence Cedex 5

Tél : 00 33 4 42 66 99 56
FAX : 00 33 4 42 66 88 65
E-mail : caroline.zanetti@irstea.f

Projet

Création d'entreprise type bureau d'étude spécialisé dans le diagnostic et la gestion de la végétation implantée sur ouvrages hydrauliques en remblai

Expériences et compétences

Ingénieur de recherche contractuelle – Cemagref Aix-en-Pce (2007 - 2012)

- ♦ **Diagnostic et expertise** sur digues et barrages boisés (EDF-CIH, CNR, DDT 48, CG 38, Association D^{ale} Isère-Drac-Romanche, DREAL PACA).
- ♦ **Gestion et conduite de chantiers**, mise en place de dispositifs expérimentaux, rédaction de rapports d'expertise : recommandations de gestion de la végétation et préconisation des travaux de génie civil associés.
- ♦ **Contribution aux projets de recherche** nationaux (ANR) et internationaux (INTERREG), « ERINOH » (impacts racinaires) et « GeniAlp » (génie végétal sur berges et digues).
- ♦ **Publication d'articles et colloques internationaux** : restitution de travaux scientifiques et techniques (France, Portugal, Allemagne, Autriche).
- ♦ **Intervenante en formations initiale et continue** : Cartographie et statistique (Licence - 2^{eme} semestre 2009) et Géomorphologie fluviale (Master 2 - 10/2009) Université de Provence I, Ingénierie des digues fluviales (Formation AgroParisTech- ENGREF-Cemagref – 06/2009 et 2011).
- ♦ **Rédaction d'un guide technique** sur la gestion de la végétation sur digues.

Diplômes et formations

Troisième cycle

- ♦ **Thèse de doctorat (2007/2010)**
Caractérisation du développement des systèmes racinaires ligneux dans les digues, Ecole Doctorale Espaces, Cultures et Sociétés, Université de Provence I, Cemagref d'Aix-en-Provence. Mention Très honorable.
- ♦ **Master I et II Sciences de l'Environnement Terrestre (2005/2007)**
Spécialité Géomorphologie fluviale - Université de Provence I. Mention Bien.

Formation continue

- ♦ **Ingénierie des digues fluviales existantes (2007)**
Conception, entretien, confortement et gestion des digues, AgroParisTech / ENGREF/Cemagref, Grenoble, 4 jours.
- ♦ **Expertise, pathologie et gestion de l'arbre (2009 et 2011)**
Anatomie et physiologie de l'arbre, VTA (Analyse visuelle de l'arbre et évaluation de l'état mécanique, QTRA (Evaluation quantifiée des risques associés aux arbres), Atelier de l'arbre, Nice, Bordeaux, Périgueux, 12 jours.

Curriculum-vitae

VENNETIER Michel

21/04/1956 Brazzaville (Congo)

Marié, 3 enfants.

Contact

Irstea Le Tholonet,
3275 route de Cézanne
CS 40061, 13182 Aix en Provence Cedex 5

Tél.: 00 33 4 42 66 99 22 (dir) 99 62 (secr.)

FAX : 00 33 4 42 66 88 65

e-mail : michel.vennetier@irstea.fr

Formation

- Formation initiale : Ingénieur forestier - ENITEF (1976-1979) - Titularisé en 1979.
- 2007: doctorat - Sciences de l'environnement/Ecologie. "Modélisation du bilan hydrique en forêt méditerranéenne. Application à l'étude de l'impact du changement climatique sur la végétation et à l'évaluation de la productivité forestière". HDR prévue fin 2012.

Fonctions actuelles (depuis 2005)

Ingénieur chercheur: Irstea Aix en Provence (France). Unité de recherche "Ecosystèmes Méditerranéens et Risques" (EMAX). Principaux projets coordonnés.

- Gestion de la végétation des digues sous contrainte de sécurité des ouvrages : depuis 1998.
- Réseau mondial IUFRO d'étude de l'impact du changement climatique sur l'architecture des arbres (depuis 2010): 20 équipes, 15 pays sur 5 continents.
- Projet Européen "Impact du débroussaillage sur la flore mellifère" (2010-2013)
- Projet européen IRISE (2006-2008). "Impact de la Répétition des Incendies Sur l'Environnement".
- Impact de la canicule 2003 sur la santé et la productivité de la forêt méditerranéenne. 2004-2007.
- Impact du changement climatique sur le déplacement d'une limite bioclimatique. 1999-2007.

Depuis 2005, co-encadrement de 4 thèses, 3 post-doctorants, 6 mastères, participation à 5 comités de thèses.

De 1996 à 2004 : Responsable de l'équipe de recherche "Ecologie forestière" d'Irstea (Cemagref) Aix

Fonctions précédentes

- 1987 – 1995 : *Office National de Forêts, Martinique*. Responsable de la Cellule Recherche-Développement pour les forêts tropicales.
- 1981 – 1987 : *Office National de Forêts, Direction Régionale Alsace*. Chef de subdivision à La Petite Pierre, centre de Saverne (1981-84) puis ingénieur spécialisé (recherche et expérimentations, inventaires statistiques, aménagements)..
- 1980 – 1981 : *Cirad-Forêt - Côte d'Ivoire*. Chargé de recherches : Mise au point de la sylviculture dans les plantations (industrielles et bois précieux). Analyse et suivi des essais nationaux (60 dispositifs).
- 1979 – 1980 : *Institut français de Pondichéry* Chargé d'étude: Ecologie et gestion des forêts à teck et santal du sud de l'Inde.

Expertise technique et scientifique

- Ecologie : Dynamique des écosystèmes perturbés : Impact du changement climatique, des incendies et de l'urbanisation sur la forêt (productivité, santé, biodiversité). Milieux étudiés: forêts méditerranéennes et forêts tropicales.
- Ingénierie forestière : sylviculture, typologie de stations, dendrométrie, dendrochronologie, gestion de la végétation des digues sous contrainte de sécurité.

Reviewer régulier pour journaux scientifiques: For Ecol Manag; Ann For Sci, Plant and Soil; J. veget Sci; J Exp Botany; Forêt Medit; Ecologia Medit; Sécheresse; Bois et Forêts des Tropiques.

Publications scientifiques récentes:

16 articles dans revues cotée ISI, ouvrages et chapitres d'ouvrages de 2008 à 2011, cités 206 fois au total.

MERIAUX Patrice

54 ans

Adresse professionnelle : *Cemagref-Irstea*, Centre d'Aix-en-Provence
Groupe de Recherche « Ouvrages hydrauliques »
CS 40061 - 13182 Aix-en-Provence CEDEX 5 -FRANCE-
Tél. : (33) 04/42/66/99/42 - (33) 04/42/66/99/51 (ligne directe)
Fax : (33) 04/42/66/88/65 adel : patrice.meriaux@cemagref.fr

Titres / Diplômes :

- . Ingénieur en Chef des Ponts, des Eaux et des Forêts.
- . D.E.S.S. Informatique Double Compétence à l'Institut des Mathématiques Appliquées de Grenoble (1989).
- . Ingénieur fonctionnaire des Techniques Forestières (1980).

Habilitation :

- . Expert génie civil « barrages » et « digues » au sein du Pôle d'Appui Technique aux services de contrôle de sécurité des OUvrages Hydrauliques
- . Membre du Comité Français des Barrages et des Réservoirs (CFBR) depuis 2002

FONCTIONS EXERCEES actuellement au *Cemagref-Irstea* Aix-en-Provence :

Ingénieur-chercheur et expert « ouvrages hydrauliques » (depuis 1993)

Pilote-adjoint (depuis 2008) du projet de recherche Météo-France / Cemagref « RHYTMME »
(Risques Hydrométéorologiques en Territoires de Montagnes et Méditerranéens), relevant du CPER PACA 2007-2013

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE :

- 1993-2012** **Ingénieur-chercheur génie civil et, de 2001 à 2009, Chef de l'Unité de Recherche « Ouvrages Hydrauliques et Hydrologie »** (24 agents permanents dont 17 ingénieurs ou chercheurs) du Cemagref, Centre d'Aix-en-Provence
- 1982-1992** **Ingénieur risques montagne**, Chef de Subdivision, au Service Départemental de **Restauration des Terrains en Montagne (R.T.M.)** de l'Isère à Grenoble.
- 1980-1981** **Volontaire de l'Aide Technique**, au titre du Service National, à la Direction Régionale de l'O.N.F. de Basse-Terre (Guadeloupe), chargé d'études à la cellule Aménagement et Milieu Naturel.

PARISOT Jean-Claude

Né le 2 décembre 1951 à Toulouse, France

Nationalité française

Marié, 2 enfants

Adresse personnelle : 43 av Paul Cézanne
13090 Aix en Provence.

Tél : (33) (0) 4 42 23 04 84

Organisme de rattachement : IRD (Institut de Recherche pour le Développement), 44 bd de Dunkerque, CS90009 13572 Marseille cedex02, France

Adresse professionnelle : CEREGE, UMR 161, BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 04.

Tél : (33) (0) 4 42 97 15 97

Fax : (33) (0) 4 42 15 40

Courriel : parisot@cerege.fr

Diplômes

1989 : Thèse de docteur en Sciences, de l'Université de Poitiers, spécialité géochimie de la surface, Poitiers, France

1978 : Diplôme de l'ORSTOM, Paris, France

1977 : Diplôme de géologue de la section d'étude géologique et minière, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France

1976 : Diplôme d'ingénieur de l'Ecole Universitaire d'Ingénieur d'Orléans spécialité "Ressources et Matériaux Minéraux" option "géologie appliquée", Orléans, France (actuelle Polytech'Orléans)

Langues étrangères : Portugais, Anglais, Espagnol

Champ de compétence : Géologie de la surface, géochimie, métallogénie et géophysique des altérations supergènes.

Thèmes de recherche : Comportement des éléments métalliques dans les matériaux de surface du gisement au stockage des déchets.

Outils : Pétrologie, minéralogie, géochimie, géophysique (ERT)

Programmes de recherche en cours :

Caractérisation géo-électrique des formations superficielles

Collaborations : ANR Polaris (2005-2007), ANR Hydroccam, RESON, OHM, ANR Pont Euxin...

Mots clefs : ERT, sols salés, hydrogéologie, tectonique, glissement de terrain, archéologie

Distribution, origine et signature paléoclimatique des croûtes magnésiennes en Nouvelle Calédonie

Collaborations : CEREGE, IMPMC

Mots clefs : giobertite, basalte, serpentine, altération supergène, carbonates

Programmes de recherches achevés

Géodynamique de la surface et ressources minérales au Sénégal (1997- 2002)

Collaboration : Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Université Aix-Marseille III, Université de Toulouse, Université Paris IV

Mots clefs : altération supergène, métallogénie, géochimie, géophysique, or, latérites, cuirasses ferrugineuses, Sénégal, prospection

L'or dans les matériaux de de glaciés et les altérites au Burkina Faso (1990 - 1996).

Collaborations : BUMIGEB (Bureau des mines et de la géologie du Burkina), SOREMIB (Société de Recherche Minière du Burkina), Université d'Aix-Marseille III, Université de Toulouse, Université de Ouagadougou

Mots clefs : altération supergène, métallogénie, géochimie, pétrologie, or, latérites, cuirasses ferrugineuses, Burkina Faso, prospection,

L'altération latéritique d'indices et de gisements de cuivre au Brésil (1980 - 1990).

Collaborations : Mineração Serra do Lest, DOCEGEO, Université de Sao Paulo, Université de Poitiers, groupe de travail "latérite et latéritisation" de l'IAGC

Mots clefs : altération supergène, métallogénie, géochimie, pétrologie, cuivre, latérites, cuirasses ferrugineuses, Brésil, prospection,

L'altération supergène de pegmatites lithinifères au Brésil (1978 - 1980).

Collaborations : Companhia de Estanho Minas Brasil, Université de Sao Paulo

Mots clefs : altération supergène, métallogénie, géochimie, pétrologie, lithium, étain, columbo-tantalite, latérites, Brésil, prospection,

Publications : avec comité de lecture 31, communications colloques et congrès 50.

Biographie de Ginette SARACCO

Née à Pérrégaux (DZA),
2 enfants

CNRS-UMR7330, CEREGE

Aix en provence

Tel: 33 442 971 755, Fax: 33 442 971

559

CR1, HdR, Qualification Prof. Section 35 et 60

e-mail: saracco@cerege.fr

Thématique de Recherche:

Imagerie Géophys que en ondes acoustique, électrique ou magnétique
Etude du champ magnétique terrestre (variation séculaire, forçage orbital, influence en paléomag/paléoclimat)
Propagation/diffusion acoustique en régime transitoire. Déconvolution. Problème inverse en théorie du potentiel
Méthode temps-fréquence/temps-échelle, théorie des ondelettes, Méthodes asymptotiques
Tomographie électrique et acoustique de milieux hétérogènes poreux (systèmes hydrothermaux (volcans), écosystèmes sédimentaires), Endoscopie sismique 3D. Tomographie multi-échelle (élec., mag.) de PS

Activités et Expériences professionnelles

- . 2002 Mobilité Thématique & Géographique: CR1, CNRS-UMR 6635, CEREGE, Aix en Provence
- . 1994 Affectée CR1 au CNRS-UPR 4661, Géophysique Interne, Géosciences-Rennes (INSU)
- . 1992-1993, Associate Researcher, Appl. Res. Lab., Penn-State University, Pennsylvania, USA
- . 1991-1989 Contractuelle du CNRS UPR 7051, Lab. de Mécanique & d'Acoustique (ASM & Ultrasons) Marseille (INSIS)
- . 1989-1986, Contractuelle CNRS, Lab. de Mécanique & d'Acoustique Marseille et CNRS-Centre de Phys. Théo., Luminy.
- . 1984-1982 Allocataire de Recherche, CNRS-LMA- Marseille, Mécanique du Solide & Thermographie Infrarouge

Administration de la Recherche

- . 2010 Editeur invité de la revue Applied & Computational Harmonic Analysis (Elsevier, USA)
- . 2010 Chairwoman, colloque: Mesoscopic Physics and Complex Media du GDR Mésoimage, Jui., Cargèse
- . 2007-2008 Expert Internationaux (NSERC/CRSNG (Canada), Nationaux (projet Region autre que PACA),
- . 2007-2008 Expert scientifique AERES
- . 2004-2008 Secrétaire Scientifique du Comité National du CNRS section 18;
- . 2004-2008 Membre du Conseil de l'INSU
- . 2000-2004 Membre du Comité National du CNRS section 13;
- . 2000-2004 Membre de Comités d'Evaluation STIC/SPI, SDU/SPI
- . 1998 Editrice scientifique des actes de la Conference Internationale: Perspectives in Mathematical Physics, in honor of A Grossmann, ISBN-CNRS-UPR 7061, Marseille, Centre de Physique Théorique, no CPT-98/P 3748

Animations et Responsabilités scientifiques

- . 2006-2011 Responsable du groupe: Modélisation & Imagerie des Milieux Complexes, CEREGE (7 perm)
- . 2004-Création et Développement du laboratoire d'Acoustique en Géosciences de l'Environnement, CEREGE
- . 2000-2001 Responsable de l'équipe Géophysique Interne de Géosciences-Rennes, Rennes (12 permanents)
- . 1998-2001 Responsable du Groupe de travail : Filtrage multi-échelle en Imagerie Géophysique (Rennes I, II)
- . 1994-2001 Responsable du Laboratoire d'Acoustique de Géosciences-Rennes (Création et Développement)
- . 2008 Organisatrice de la Conf Int. in Memorandum of J. Morlet: Continuous wavelet transforms and Morlet's wavelets: 1978-2008, 27-28 Oct. 2008, CIRM, Campus de Luminy, Marseille
- . 2002 Organisatrice du Workshop: Solitary waves and shock waves in geophysics: (Theory & Applications to Volcanoes, Earthquake), 16-17 Dec. 2002, CEREGE.
- . 1997 Organisatrice de la Conference Internationale in honor of A. Grossmann: Perspectives in Mathematical Physics, CIRM, Campus de Luminy, Marseille July 26th -Aug. 2nd, 1997

Encadrement scientifique: Thèses (dir/codir) 9, dont 1 **PhD** (F/Ca), 1 **CDD** (CEE), 2 **Post-doc**, **Masters** (Phys, Geophys)
et Eleves Ing. (24)

Publications (5)

Qarqori K, Rouail R, Moreau F, **Saracco G.**, Dauteuil O, Hermitte D, Boualoul M. & Le Carlier de Veslu C, 2012, Geoelectrical tomography investigating and modeling of fractures network around Bittit spring (Middle Atlas, Morocco), *Int. J. of GeoPhysics*, ID 489634, 13 pages, doi:10.1155/2012/489634.

Mauri G., Williams-Jones G., **Saracco G.**, & Zurek J, 2012, The hydrothermal complex of Masaya volcano, through self-potential, soil CO2 and ground temperature surveys, Nicaragua, *J. VOLC. GEOTHERM. RES.*, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2012.02.003.

Mauri G., Williams-Jones G. & **Saracco G.**, 2011, MWTmat - Matlab application of Multi-scale Wavelet Tomography on potential fields, *COMPUTERS. & GEOSC.* doi:10.1016/j.cageo.2011.04.005, 37(11), 1825-1835

Saracco G, Moreau F, Mathé PE, Hermitte D & Michel JM, 2007, Multi-scale tomography of magnetic buried structures. Its use in the localization and characterization of archeological structures, *GEOPHYS.. J. INT.*, 171(1), 87-103.

Saracco G, Labazuy P., Moreau F, 2004, Localization of self-potential sources in volcano-electric effect with complex continuous wavelet transform and electrical tomography methods for an active volcano, doi:10.1029/2004GL019554, *GEOPHYS. RES. LETT.*, 31, L12610, 5p.

GUIBAL Frédéric, IMBE, UMR 7263 CNRS.

Après un doctorat soutenu en Ecologie Méditerranéenne en 1984 à l'Université d'Aix-Marseille III, F. Guibal a effectué un post-doctorat au City of London Polytechnic et au Palaeoecology Centre de Belfast en 1985-88.

En 1988, il a été recruté au CNRS sur le thème « Dendrochronologie du domaine méditerranéenne » et affecté au Laboratoire de Chrono-Ecologie à Besançon.

Depuis 1994, il travaille à l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie devenu en 2012 l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale.

Ses travaux portent sur (1) l'approche dendroécologique de la dynamique spatio-temporelle des systèmes forestiers dans le contexte des changements d'usage des terres en région méditerranéenne et montagnes périphériques ; (2) l'impact des changements climatiques et des perturbations locales sur la croissance radiale des arbres ; (3) les relations sociétés humaines-bois-forêt en région méditerranéenne depuis l'Age du Bronze.

Sérgio PALMA LOPES

(47 ans)

Fonction, affectation et coordonnées :

Ingénieur en recherche à l'Ifsttar, centre de Nantes (depuis 1992)

Département MACS, groupe AI (Auscultation et Imagerie)

Tél et adrel : +33 2 40 84 59 12, sergio.lopes@ifsttar.fr

Ifsttar – Nantes

Route de Bouaye

CS4

44344 Bouguenais Cedex

Titre : Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat (ITPE)

Diplôme universitaire :

D.E.A. de Physique Nucléaire et des Particules Élémentaires, Université Paris 7 / Paris-Sud Orsay (1987)

Expérience professionnelle :

- Participations à projets de collaboration nationaux et internationaux : PNEC (Projet National Environnement Côtier, de 2001 à 2003), PN-ERINOH (2006-2012), FP7-FloodProBE (2009-2013), FP7-TEAM (2009-2013)
- Pilote et animateur du projet SOLEM « Caractérisation des Sols et Ouvrages Linéaires par méthodes ElectroMagnétiques » (2007-2010) impliquant l'Ifsttar et son Réseau Scientifique et Technique de laboratoires régionaux
- Encadrement et co-encadrement de thèses sur le développement des méthodes géoélectriques appliquées aux problématiques du génie civil : V.Leroux (2000), L.Marescot (2004), YL.Beck (2008), Y.Fargier (2011), et actuellement R.DuPlooy (2013)
- Enseignement occasionnel : Méthodes géoélectriques, Problème inverse (niveau Master 2 et 3^{ème} année d'école d'ingénieur)