



INRAE

12^{èmes} Journées Scientifiques et Techniques
du Réseau des Microscopistes INRAE



MONTPELLIER 2023

22 au 24 novembre 2023

GENOPOLYS Campus Arnaud
de Villeneuve, 141 rue de la
Cardonille, Montpellier





Bienvenue aux 12^{ème} JST !

Nous sommes très heureux de vous accueillir une nouvelle fois à Montpellier. Cette année l'évènement est couplé avec la journée annuelle du tout nouveau réseau d'imagerie des sols avec qui nous partagerons la journée du 22 novembre.

Au cours de cette édition, nous souhaitons montrer l'apport déterminant des microscopies, dans toute leur diversité, à la compréhension des propriétés de systèmes biologiques, avec un focus sur le sol et les bioproduits. Une session sera par ailleurs dédiée aux développements récents pour l'analyse de contaminants et éléments traces et de leurs conséquences sur les organismes. L'accent sera aussi mis sur une thématique transversale autour de la gestion des données images, en lien avec l'exigence de la FAIRisation des données et de leur dépôt dans des archives ouvertes.

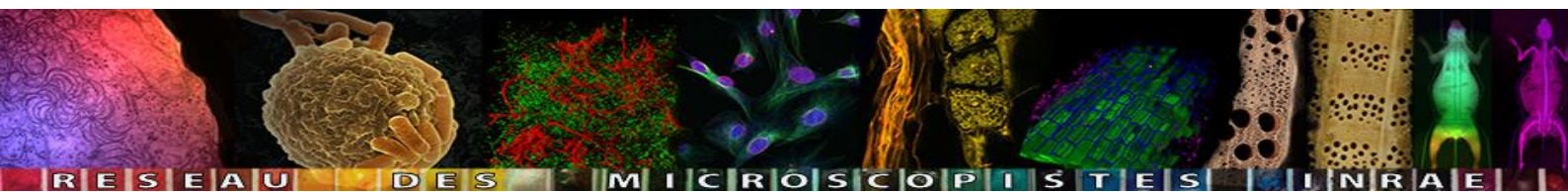
Avec l'aide du copil du RµI, nous espérons avoir pris en compte les remarques émises à l'issue de la précédente édition tout en gardant les points forts de ces JST qui font de cet évènement un moment privilégié de rencontre et d'échange entre les différents acteurs au sein de notre institut et au-delà. Comme chaque année, le programme fait la part belle aux espaces d'échanges et de discussions à travers des sessions poster, table-ronde et ateliers. Vous retrouverez aussi les nouveautés technologiques présentées par les fournisseurs présents.

Merci aux participants du concours photo, petite nouveauté de cette édition, qui nous permettent d'exposer leurs images qui illustrent si bien toute la diversité de nos activités !

Ces journées ne peuvent se dérouler sans le soutien des partenaires institutionnels locaux et nationaux, ainsi que nos partenaires privés (équipementiers, fournisseurs...). Nous tenons à les remercier de leur soutien.

Nous vous souhaitons de très belles et fructueuses JST,

Le comité d'organisation



PROGRAMME

Mercredi 22 Novembre

- 12h00-13h45 Accueil des participants. Remise des badges, repas froid, café d'accueil
- 13h45-14h00 Introduction des JST et présentation du centre INRAE Occitanie-Montpellier - *S. Labbé (Centre INRAE Occitanie-Montpellier)*
- 14h00-14h15 Présentation des plateformes MRI et FBI du site de Montpellier – *E. Jublanc (DMEM, INRAE, Montpellier) et G. Conejero (IPSIM, INRAE, Montpellier)*
- Session Imagerie des sols** **Modérateurs L. Amenc et C. Rivard**
- 14h15-14h25 Présentation du Réseau d'Imagerie des Sols - *P. Benoit (UMR ECOSYS, INRAE, Palaiseau)*
- 14h25-14h45 Utilisation de techniques d'imagerie pour l'étude des microorganismes et de leurs activités dans les sols - *C. Vedere (iEES Paris, Sorbonne Université, Paris)*
- 14h45-15h05 Enchytréides, mésoporosité et microtomographie - *C. Pelosi (UMR EMMAH, INRAE, Avignon)*
- 15h05-15h25 Micromorphologie et analyses spectroscopiques pour l'étude de la distribution et de la spéciation des terres rares dans des stériles miniers - *N. Janot (UMR ISPA, INRAE, Villenave d'Ornon)*
- 15h25-15h45 L'apport de la Microscopie Electronique à Transmission pour l'analyse des composts - *F. Watteau (Laboratoire Sols et Environnement, CNRS, Vandoeuvre-lès-Nancy)*
- 15h45-16h15 **Présentations Flash** des posters
- 16h15-16h45 *Pause-café*
- 16h45-17h15 Présentations Flash des exposants
- 17h15-18h00 **Découverte du patrimoine de l'Université de Montpellier** - *V. Bourgade et C. Loup (Service du patrimoine historique, Université Montpellier).*
- 18h00-19h00 **Session posters**
- 19h30 *Moment convivial au restaurant La Jalade (2 rue de la Jalade, Montpellier).*

Jeudi 23 Novembre

- Session Imagerie et contaminants** **Modérateurs G. Conejero et L. Dubreuil**
- 9h00-9h20 Imagerie des pesticides dans les tissus végétaux : comment et pourquoi ? - *JL Verdeil (UMR AGAP, Cirad, Montpellier)*
- 9h20-9h40 L'imagerie par spectrométrie de masse pour l'étude de la distribution spatiale et temporelle de polluants dans des plantes - *D. Heintz (IBMP, CNRS, Strasbourg).*
- 9h40-10h00 Fragmentation de l'ADN chez le tilapia : un outil d'évaluation de la qualité des environnements piscicoles pour les pays du Sud - *E. Pepey (UMR ISEM, Cirad, Montpellier)*
- 10h00-10h20 Analyse et caractérisation des microplastiques : intérêts et limites des techniques d'imagerie - *S. Peyron (UMR IATE, Université Montpellier)*
- 10h20-10h50 *Pause-café*





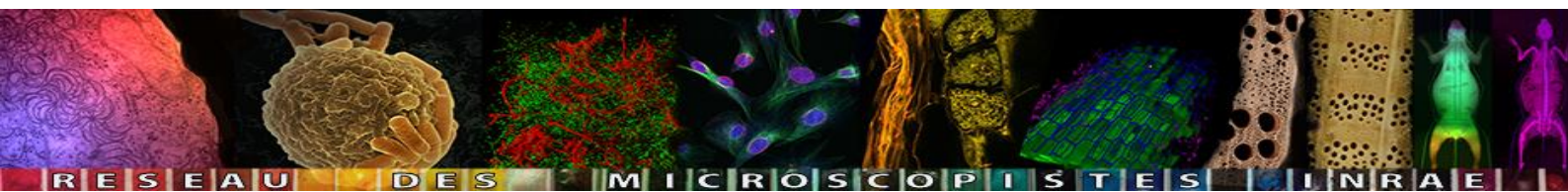
Session Imager la biomasse lignocellulosique : de la plante au matériau *Modérateur C. Barron*

- 10h50-11h10 Les F-techniques : les parois végétales en pleine lumière ! - *G. Paës (UMR FARE, INRAE, Reims)*
- 11h10-11h30 De la plante aux poudres : approche d'imagerie et analyse d'images - *F. Guillon (URBIA, INRAE, Nantes)*.
- 11h30-11h50 Image et prédiction des propriétés des matériaux d'emballage : quel apport des microscopies MEB, Tomographie-X et Optique ? - *S. Gaucel (UMR IATE, INRAE, Montpellier)*
- 11h45-12h15 Assemblée générale du réseau Rµl.
- 12h15-13h45 *Buffet*
- 13h45 Départ pour les ateliers qui se dérouleront jusqu'à 16h30
- 17h15 Rendez-vous au jardin des plantes de Montpellier, point de départ pour toutes les visites
- 20h00 *Dîner au restaurant Ma Maison (27 rue de l'Aiguillerie, Montpellier).*

Vendredi 24 novembre

- 9h00-9h30 Retour sur les différents ateliers par les participants
- Session Gestion des données images** *Modérateurs C. Alcon – A. D'Orlando*
- 9h30-9h50 Gestion de données d'imagerie en science ouverte - *G. Gay (LIRMM, Montpellier)*
- 9h50-10h10 BiolmageIT : une solution pour la gestion et l'analyse de données et d'images - *A. Masson (SAIRPICO, INRIA, Rennes)*.
- 10h10-10h40 *Pause café*
- 10h40-11h00 Gestion de la donnée image au sein du projet PlantNet - *B. Bourel (INRIA, Montpellier)*
- 11h00-11h20 Retours d'expériences sur des dépôts d'images dans un entrepôt de données - *M-F Devaux (URBIA, INRAE, Nantes) – M. Dejean (UMR AGAP, Cirad, Montpellier)*
- 11h20-12h00 Table Ronde animée par *F. De Lamotte (IFB, INRAE, Montpellier)* avec l'ensemble des intervenants de la session
- 12h00-12h15 Résultats concours posters et concours photos

Clôture des journées. *Panier repas à emporter*





ATELIERS

Durée des ateliers : 2h environ

Déplacement Genopolys-lieu de l'atelier avec le responsable : tramway ligne 1 pour aller à l'université, bus 6 pour aller au campus de La Gaillarde. Départ 13h45 pour un démarrage d'atelier vers 14h15-14h30.

Métrologie en microscopie photonique.

Atelier organisé sous forme de TP avec comme objectif de l'atelier d'échanger autour des pratiques de la métrologie en microscopie photonique. Des exemples comme la mesure de puissance d'une source, l'homogénéité de champ, le coalignement et la mesure de psf seront réalisés sur un microscope confocal et l'analyse des résultats sera réalisée avec le plugin métrOJ créé par le groupe de travail du rtmfm en collaboration avec la plateforme MRI.

Groupe A. Responsable Elodie Jublanc. Localisation : Université de Montpellier, Campus Triolet Bâtiment 24, 2^{ème} étage, Place Eugène Bataillon.

Groupe B. Responsable Carine Alcon. Localisation : Bâtiment 7, 2 Place Pierre Viala.

Microtomographie X

Atelier pour la démonstration de la méthode d'imagerie par tomographie à rayons X, la reconstruction de ses images, et les possibles utilisations d'agents de contraste pour une visualisation plus dynamique de l'organisation interne de l'échantillon. Nous pourrons aussi échanger sur les possibilités de multimodalités, ce type d'imagerie étant non destructif.

Responsable Matthieu Dejean. Localisation : ISEM, Campus Triolet Bâtiment 22, Place Eugène Bataillon.

Présentation des activités imagerie de l'UMR Eco&Sols

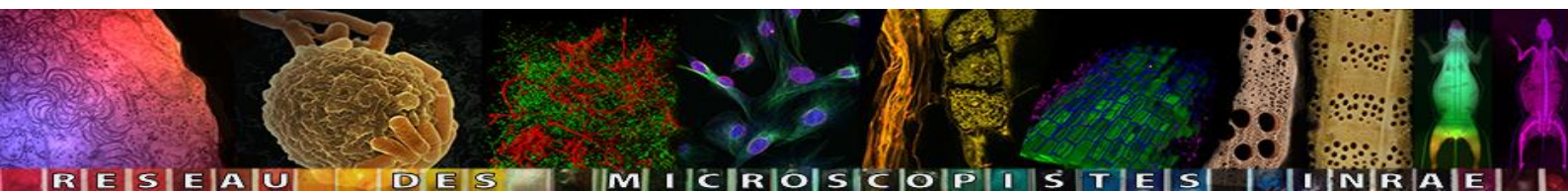
Atelier organisé sous forme de TP avec comme objectif d'échanger autour des pratiques d'imageries utilisables sur l'objet "Sol". Par exemple l'utilisation des Optodes comme capteur optique ou pH, le suivi de la croissance des racines et des champignons par la méthode des scanners enterrés. Nous verrons aussi l'atelier d'imagerie de l'UMR de micro à la macro échelle.

Responsable Laurie Amenc. Localisation : Campus La Gaillarde, bâtiment 13, 2 Place Pierre Viala.

Présentation et mise en pratique d'Oméro

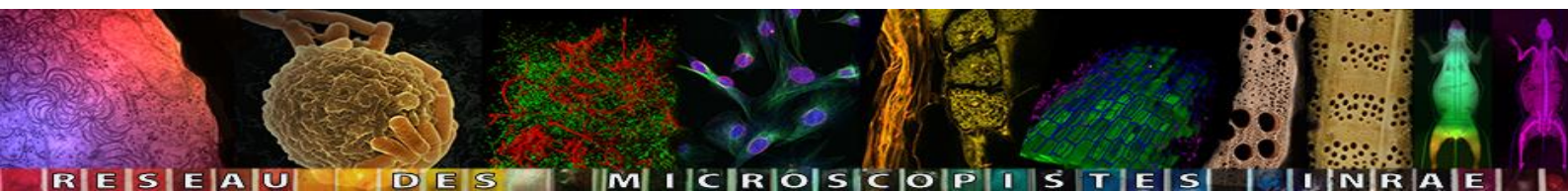
Atelier organisé sous forme de démonstration et de TP pour l'utilisation de la plateforme OMERO pour la gestion de ses images durant toute leur durée de vie, de l'acquisition à la publication et au stockage. Veuillez prévoir un ordinateur portable pour avoir accès au serveur de démonstration.

Responsable Julio Mateos Langerak. Localisation Genopolys.





COMMUNICATIONS



UTILISATION DES TECHNIQUES D'IMAGERIE POUR L'ÉTUDE DES MICROORGANISMES ET LEURS ACTIVITÉS DANS LES SOLS

Charlotte Védère ^a

^a Sorbonne University, Institute of Ecology and Environmental Sciences (IEES), Paris

* charlotte.vedere@sorbonne-universite.fr

Le sol est un milieu complexe où les microorganismes et leurs activités sont au cœur de nombreux processus. En participant à la dégradation des matières organiques, aux cycles des éléments, à la formation ainsi que la stabilité des agrégats, ils influencent les propriétés du sol à échelle macro-métrique. Cependant, une grande partie des méthodes utilisées pour analyser les sols sont réalisées à partir de prélèvements ne permettant pas de conserver l'architecture et l'organisation du sol. Ceci limite les tentatives de décrire finement les processus micro-échelle qui s'y déroulent.

Les techniques d'imagerie sont une approche permettant de décrire le sol en tant que micro-habitat et notamment de détecter et d'identifier les microorganismes, d'étudier leur répartition au sein du réseau poral et de décrire leurs activités à ces échelles. Le développement de ces méthodes en fait des outils de plus en plus accessibles et permettent d'atteindre des détails de plus en plus précis que ce soit en termes de résolutions spatiales ou analytiques. Les descripteurs qu'elles permettent d'obtenir sont des données essentielles pour la compréhension de l'organisation du sol et de son fonctionnement et ce particulièrement pour le développement des modèles, de plus en plus tournés vers des représentations exhaustives de l'architecture du sol.

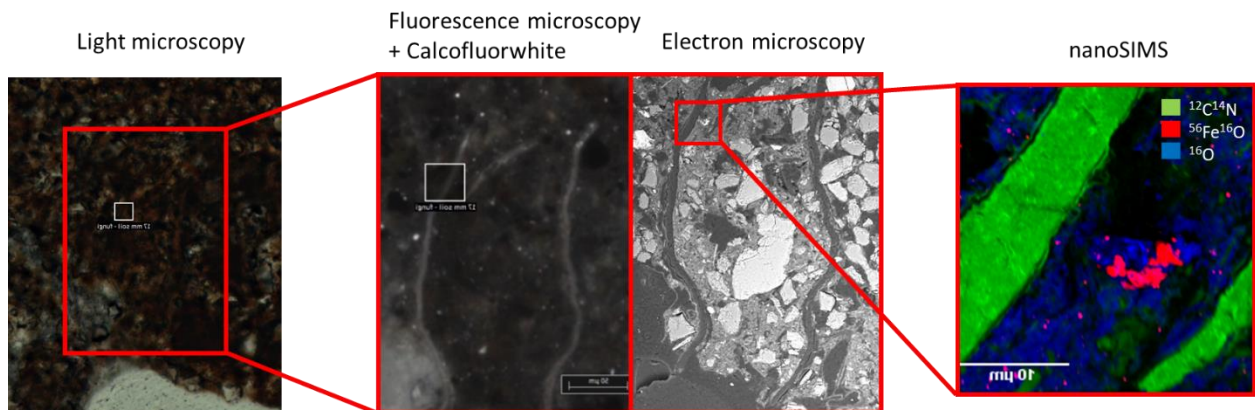


Figure 1. Images d'hyphes de champignons du sol depuis une échelle millimétrique jusqu'à échelle nanométrique en utilisant quatre techniques d'imagerie différentes permettant de recueillir plusieurs informations sur les microorganismes du sol et leur environnement proche. De gauche à droite : microscopie optique, microscopie à fluorescence, microscopie électronique et nanoSIMS.

Biographie.



Après une expérience sur les relations entre activité lombricenne et apports de MO au sol incluant le traitement d'images obtenues en tomographie à rayons X, j'ai poursuivi ma découverte des techniques d'imagerie en effectuant ma thèse à l'INRA sur l'impact de la teneur en eau du sol sur la biodégradation de résidus végétaux. J'ai élaboré mes recherches autour de la visualisation de la répartition des microorganismes (via microscopie à fluorescence) ainsi que sur la détection de leurs activités dans le sol (via nanoSIMS). Suite à un précédent postdoc sur l'effet d'apports d'amendements sur le développement de plantes soumises à un stress hydrique (UnilaSalle) je continue de diversifier mes compétences à travers un postdoc qui s'intéresse à l'intérêt de l'utilisation de culture adaptées aux environnements méditerranéens sur le fonctionnement du sol. Je suis également intégrée au projet soilbags qui étudie les relations entre macrofaune du sol et bioporosité (Sorbonne U).

ENCHYTRÉIDES, MESOPOROSITE ET MICROTOMOGRAPHIE RX

Cécile Serbource^a, Stéphane Sammartino^b, Justine Papillon^c, Jérôme Adrien^c, Céline Pelosi^{a*}

^a INRAE, Avignon Université, UMR EMMAH, F-84000, Avignon, France

^b Avignon Université, INRAE, UMR EMMAH, F-84000, Avignon, France

^c Univ. Lyon, INSA Lyon, UCBL - MATEIS, CNRS UMR5510, F-69621 Villeurbanne, France

*celine.pelosi@inrae.fr

Les enchytréides sont des petits vers Annélides Oligochètes non pigmentés appartenant à la mésofaune des sols (diamètre entre 100 µm et 2 mm, 6-50 mm de longueur). Ils sont anatomiquement et taxonomiquement proches des vers de terre mais ils sont beaucoup plus petits. Les enchytréides peuvent être trouvés en abondance dans de nombreux écosystèmes [1] et leur rôle dans la dynamique de la matière organique est relativement bien connu [2]. En revanche, leur influence sur la porosité du sol par leur activité de bioturbation est mal comprise et le réseau poral créé par ces organismes n'a jamais été caractérisé.

Notre étude visait à caractériser le réseau poral créé par des enchytréides de 2 espèces de taille différente (*Enchytraeus albidus* et *Enchytraeus crypticus*) en utilisant des images obtenues par microtomographie à rayon X avec une taille de voxel de 20 µm. Pour cela, nous avons scanné des colonnes de sol avant et après remaniement par des enchytréides. Deux sols limono-argileux remaniés (tamisés à 2 mm) ont été placés dans des colonnes de 3 cm de diamètre sur 4 cm de hauteur. Les 2,5 cm de sol ont été tassés à 2 densités différentes (0,8 et 1 g cm⁻³) et des enchytréides ont été placés dans les colonnes pendant 1 mois. Des témoins sans enchytréides ont été réalisés pour évaluer l'effet du transport vers le tomographe sur la modification de porosité. Le traitement des images a été automatisé en utilisant macros Fiji et Avizo.

La porosité totale n'a pas été influencée par l'activité des enchytréides mais le profil de porosité sur les 2,5 cm de sol a été significativement modifié, ainsi que la distribution de la taille des pores (Figure 1). Ainsi, dans les conditions expérimentales employées, les enchytréides « simplifient » l'espace poral ; ils recentrent le diamètre des pores sur celui de leur corps et modifient la connectivité de l'espace poral : ils diminuent le nombre d'objets isolés et de ramifications, ce qui peut grandement influencer les flux d'eau et le transport de particules dans les sols.

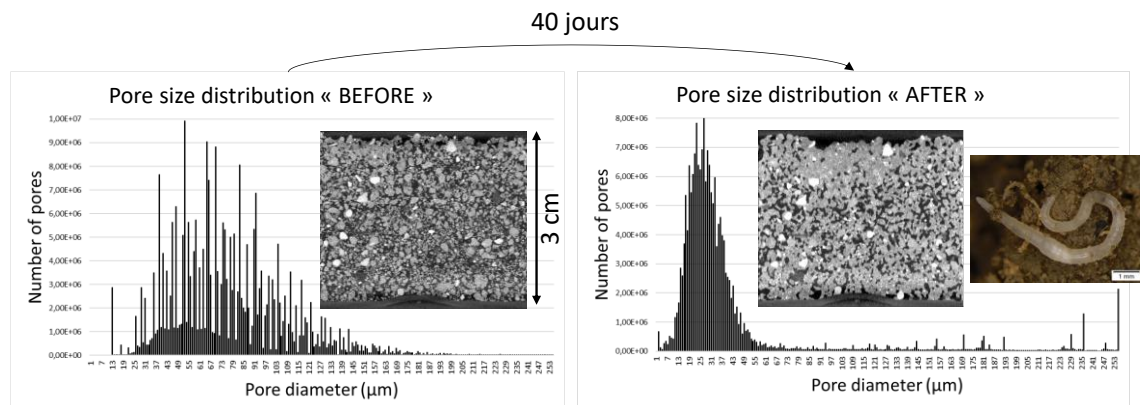


Figure 1 : Distribution de la taille des pores (en µm) avant et après 40 jours sous l'action des enchytréides.

References

[1] Orgiazzi A., Bardgett R.D., et al. (Eds.) (2016), *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 176 pp.

[2] Cole, L., Bardgett, R.D., Ineson, P., Hobbs, P.J. (2002), Enchytraeid worm (Oligochaeta) influences on microbial community structure, nutrient dynamics and plant growth in blanket peat subjected to warming. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 83-92.



DISTRIBUTION ET SPECIATION DES TERRES RARES DANS DES STERILES MINIERS PAR MICROMORPHOLOGIE ET SPECTROSCOPIE

Noémie Janot^{*a,b,c}, Hermine Huot^{b,d,e}, Emmanuelle Montargès-Pelletier^b, Camille Rivard^f, Ye-Tao Tang^d,
Françoise Watteau^a

^a UMR 1120 - LSE Laboratoire Sols et Environnement, Vandoeuvre-les-Nancy

^b UMR 7360 - Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC), Vandoeuvre-les-Nancy, France

^c UMR 1391 - ISPA Interaction Sol Plante Atmosphère, Villenave d'Ornon, France

^d Sun Yat-sen University, Guangzhou, China

^e IRD-iEES, Institut d'écologie et des sciences de l'environnement, Paris, France.

^f Synchrotron SOLEIL, Gif-sur-Yvette, France

* noemie.janot@inrae.fr

L'exploitation des gisements d'argiles ioniques – des ressources en terres rares (REEs) spécifiques à la Chine – se fait en surface par lixiviation en tas, créant des grandes quantités de stériles peu fertiles et toujours enrichis en REEs, impactant les sols et les eaux environnants. Pour mettre au point des techniques de remédiation durables, il est nécessaire de caractériser la spéciation chimique des REEs restantes, et d'étudier les facteurs contrôlant leur biodisponibilité.

Sur un site minier exploité il y a plus de 10 ans à Dingnan, les principales phases porteuses des REEs ont été identifiées par analyses en microfluorescence X au synchrotron SOLEIL sur la ligne LUCIA. Les REEs sont essentiellement concentrées dans la fraction fine, dispersées dans une matrice hétérogène à l'échelle micrométrique. Des micro-phases de Ce(IV), non affecté par la lixiviation, ont également été mises en évidence par micro-spectroscopie XANES.

Les analyses faites sur les sols remédiés (amendés et plantés) a mis en évidence la grande affinité des REEs pour la matière organique présente dans ces sols, même à des teneurs très faibles, suggérant fortement l'impact significatif et positif de la phytoremédiation sur le comportement des REEs dans ces environnements.

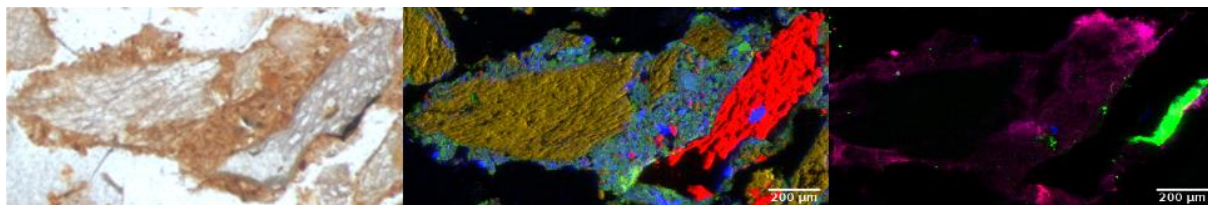


Figure 1 : Observation d'une lame mince de sol par microscopie optique (gauche) et microfluorescence X (cartes RVB Si-Al-Fe au milieu et La-Ce-Nd à droite).



Biographie. Je suis chargée de recherche à INRAE. Mes travaux concernent l'analyse et la compréhension des processus biogéochimiques régissant la mobilité des métaux dans l'environnement. Mon objectif est de parvenir à modéliser les interactions en jeu, afin de prédire l'évolution du comportement des métaux dans des conditions environnementales variées et construire des stratégies de réhabilitation adaptées. En particulier, j'ai travaillé sur le comportement d'ETM (REEs, U, Ni, Cu) dans des milieux anthropisés (activités agricoles, industrielles, minières). J'étudie ces systèmes en utilisant un large spectre de techniques (spectroscopiques, microscopiques, électro-analytiques) selon une approche combinée, mêlant expérimentations en laboratoire, modélisation géochimique et observations et expériences sur le terrain.

L'APPORT DE LA MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A TRANSMISSION A L'ETUDE DES COMPOSTS

Françoise Watteau

Laboratoire Sols et Environnement, Université de Lorraine, UMR INRAE 1120

francoise.watteau@univ-lorraine.fr

L'ajout de matières organiques (MO) aux sols améliore leur fertilité physique, chimique et biologique. L'utilisation des composts permet de répondre à ces besoins tout en recyclant les matières organiques résiduelles. Toutefois, au vu des origines très diverses de ces résidus, il est nécessaire de s'assurer de la qualité et de l'innocuité des composts utilisés. Différentes analyses (bio)-chimiques, normées, permettent d'évaluer la maturité, la stabilité et l'innocuité des composts, critères essentiels en vue de leur utilisation.

La caractérisation morphologique et analytique des matières organiques en microscopie électronique à transmission (MET) associée à la micro-analyse (EDX) permet également une évaluation de ces critères. Ainsi, l'expertise des composts en MET-EDX, réalisée à la suite d'un échantillonnage exhaustif au sein des différentes fractions granulométriques des composts renseigne sur :

- (1) l'identification des différentes MO présentes et l'évaluation de leur niveau de transformation
- (2) l'association des différentes MO à des éléments fertilisants ou indésirables tels que des polluants métalliques ou des micro-plastiques
- (3) la nature bactérienne ou fongique des micro-organismes présents, la précision de leur localisation au sein des structures ainsi que de leur activité enzymatique et également leur état physiologique (vivants, morts ou en latence)

Toutes ces données acquises à l'échelle ultrastructurale ont permis, au travers des nombreux produits analysés, d'évaluer la qualité de composts, en phase finale de fabrication et également au cours du compostage [1] ou bien encore lors de leur suivi au sein des sols après épandage [2]. Cette expertise en MET basée sur l'évaluation de la disponibilité des éléments, s'avère être un outil pertinent préconisant les potentialités d'utilisation des composts en fonction des usages recherchés.

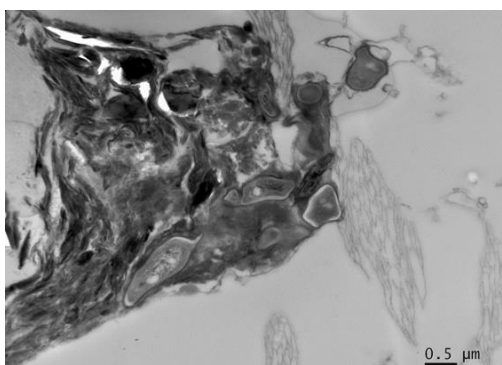


Figure 1 : Agrégat de sol (MO-minéraux-bactéries, gauche de la photo) au contact de microplastiques (structure alvéolaire, à droite) apportés par des composts

References

- [1] Watteau F., Villemin G., **2011**. Characterization of organic matter microstructure dynamics during co-composting of sewage sludge, barks and green waste. *Bioresource Technology*, 102, 9313-9317.
- [2] Watteau, F., Dignac, M.F., Bouchard, A., Revallier, A., Houot, S., **2018**. Microplastic detection in soil amended with municipal solid waste composts as revealed by TEM and pyrolysis/GC/MS. *Front. Sustain. Food Syst.*, 2, 81.

Biographie. Micromorphologiste des sols, j'étudie les associations organo-minérales fines (<20 µm) des sols en tant que révélateurs de leur biofonctionnement.

DÉCOUVERTE DU PATRIMOINE DE L'UNIVERSITE DE MONTPELLIER

Véronique Bourgade - veronique.bourgade@umontpellier.fr, Caroline Loup - caroline.loup@umontpellier.fr

*Service du patrimoine historique,
Direction de la culture scientifique et du patrimoine historique, Université de Montpellier*

L'Université de Montpellier conserve un riche patrimoine issu de son histoire composé d'archives, d'objets patrimoniaux ou non, provenant de collections scientifiques, techniques et naturelles, artistiques ou de mobiliers et d'objets d'arts, dont certains sont protégés au titre des monuments historiques. Elle gère par ailleurs des collections de recherche, alimentées par les laboratoires de composantes, ainsi que des collections de spécimens vivants comme au jardin des plantes. Le service du patrimoine historique vous propose de découvrir deux facettes des collections universitaires au travers des collections botaniques et des fonds scientifiques et techniques anciens et contemporains.

L'université a accumulé au cours des siècles des spécimens, des échantillons et des instruments ayant servi à l'enseignement ou aux protocoles expérimentaux des chercheurs. Au cours des trois derniers siècles, des collections naturalistes importantes ont été accumulées, ainsi qu'un fonds ancien d'instrumentation de physique, mécanique, chimie, astronomie... Une partie des collections d'instruments est conservée à l'institut de botanique, où ces objets anciens en côtoient d'autres plus récents, collectés dans le cadre du programme national PATSTEC (PATrimoine Scientifique TEchnique Contemporain).

L'herbier de l'Université de Montpellier compte parmi les trois plus importants de France avec entre 2 et 3 millions de spécimens rangés sur six étages. L'intérêt scientifique de cette collection va de pair avec l'histoire de la botanique (les relations et les échanges entre les botanistes et les institutions). Si traditionnellement la valorisation des collections se fait par le biais d'exposition et de médiation scientifique, les collections de recherche comme l'herbier travaillent aussi en réseaux local, national et international. L'accès aux données et aux images s'appuie sur une plateforme commune développée dans un projet ANR (ANR-11-INBS-0004) pour en faciliter l'accès.

Biographie.

Caroline Loup est botaniste, responsable de l'herbier de l'Université de Montpellier. Véronique Bourgade est conservateur du patrimoine. Toutes deux travaillent au sein du service du patrimoine historique de l'université.

IMAGERIE DES PESTICIDES DANS LES TISSUS VEGETAUX : COMMENT ET POURQUOI ?

Jean-Luc Verdeil ^(a,b,*), Elodie Pepey ^(c), Frédéric Gâtineau ^(a,b), Geneviève Conéjéro ^(d,a), Alain Borgel ^(e)

a) UMR AGAP Institut, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Univ Montpellier, Montpellier, France

b) PHIV-MRI, CIRAD, INRAE, CNRS, IRD, Campus Lavalette Institut, Montpellier, France

c) ISEM, Univ Montpellier, CNRS, IRD, CIRAD, Montpellier, France

d) IPSiM, Univ Montpellier, CNRS, Institut Agro Montpellier, INRAE, Montpellier, France

e) DIADE, Univ Montpellier, IRD, CIRAD, Montpellier, France

* jean-luc.verdeil@cirad.fr

La contamination généralisée à l'échelle mondiale des milieux (eau, sol, air) par les pesticides est une problématique majeure qui interpelle les populations et qui n'est pas sans avoir de conséquence sur la santé humaine et la santé des écosystèmes. Cette pollution constitue également une menace réelle pour la biodiversité. Si la pollution des milieux par les pesticides est diffuse, les dosages dans les organismes vivants montrent que certains d'entre eux ont la capacité de concentrer ces substances toxiques. Il existe cependant peu d'articles sur leur visualisation et de leur compartimentation *in situ*, en particulier chez les plantes, producteurs primaires, à la base des chaînes alimentaires. Après avoir passé en revue les différentes approches d'imagerie de microscopie qui permettent de cartographier *in situ* les pesticides, nous illustrerons notre présentation d'un exemple : l'immunolocalisation *in situ* du 2,4-D, un herbicide organochloré encore largement utilisé dans le monde. Notre étude réalisée sur de jeunes germinations de palmier traitées au 2,4-D a mis en évidence la présence inattendue de l'épitope du 2,4-D dans le noyau des cellules périvasculaires des feuilles et des tiges ce qui est à rapprocher des effets connus de cet organochloré sur la méthylation de l'ADN.

Biographie : Chercheur (Dr,HDR) au CIRAD, je suis responsable scientifique de la Plateforme d'Histocytologie et d'Imagerie cellulaire Végétale (PHIV-MRI Lavalette). J'ai une formation en physiologie végétale et en génétique des plantes. Passionné de biologie cellulaire et fasciné par l'anatomie des plantes et le monde végétal, je travaille au sein de l'UMR AGAP sur la contribution des composantes cellulaires et tissulaires au développement adaptatif des plantes tropicales et méditerranéennes, en réponse aux stress abiotiques.

L'IMAGERIE PAR SPECTROMETRIE DE MASSE POUR L'ETUDE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE ET TEMPORELLE DE POLLUANTS DANS DES PLANTES

Dimitri Heintz*^a, Loïc Maurer^b, Julie Zumsteg^a, Jérôme Mutterer^c, Adrien Wanko^b, Claire Vilette^a

^a Plant imaging & Mass Spectrometry, IBMP, CNRS UPR2357, 12 rue du Général Zimmer 67082 Strasbourg

^b ENGEES/ Icube, A cour des cigarières CS, 67070 Strasbourg

^c Plateforme Microscopie, IBMP, CNRS UPR2357, 12 rue du Général Zimmer 67082 Strasbourg

* dimitri.heintz@ibmp-cnrs.unistra.fr

L'imagerie par spectrométrie de masse est une technique récente qui permet d'identifier des molécules (protéines, peptides, ARN, métabolites, lipides, polluants) directement sur une coupe histologique [1]. La coupe histologique doit être fine et selon la technique un tir laser (MALDI imaging) ou une désorption sur une petite zone 5µm (moins ou plus) permet d'ioniser les molécules à la surface du tissu coupé. Les molécules ionisées se déplacent depuis la coupe histologique et sont analysées par un spectromètre de masse à haute résolution. Dans notre laboratoire nous utilisons la méthode MALDI imaging pour identifier des polluants dans des plantes polluées et nous étudions la réponse de la plante à la présence de polluants [2]. Nous avons analysé les différents organes de plantes ainsi que le sol par MALDI imaging afin de mieux comprendre les mécanismes de la phytoremédiation [3].

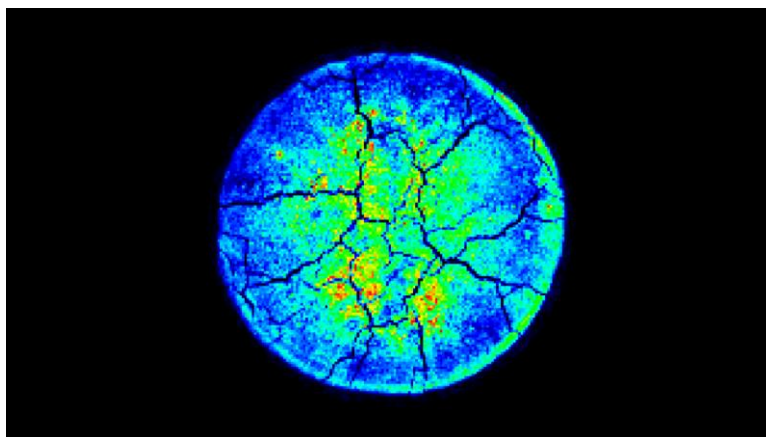


Figure 1 : Image moléculaire (MALDI imaging) de la distribution spatiale d'un métal dans du sol

References

- [1] C Vilette, L Maurer, J Zumsteg, J Mutterer, A Wanko, D Heintz (2023), *Nature Communications* 14 (1), 4244.
- [2] L Maurer, C Vilette, J Zumsteg, A Wanko, D Heintz (2020) *Science of the Total Environment* 746, 141196.
- [3] C Vilette, L Maurer, A Wanko, D Heintz (2019) *Metabolomics* 15, 1-12.



Biographie. Je suis responsable de la plateforme Plant Imaging & Mass Spectrometry de l'Institut de Biologie Moléculaire des Plantes à Strasbourg. Plateforme métabolomique, axée sur le développement méthodologique en chromatographie et spectrométrie de masse pour l'étude des petites molécules biologiques et bioactives. Nous nous intéressons depuis une dizaine d'année à l'adaptation des organismes vivants à l'exposome chimique d'origine anthropique. Notamment, comment les polluants d'origines anthropiques affectent la santé des plantes, la santé des animaux et la santé des hommes ? Pour se faire, nous étudions cette thématique « une seule santé pour tous » par une approche multi-omique et notamment avec l'imagerie par spectrométrie de masse qui permet d'identifier sans marquage préalable des centaines de molécules et de polluants directement sur une coupe histologique ou dans un échantillon de sol.

FRAGMENTATION DE L'ADN CHEZ LE TILAPIA : UN OUTIL D'EVALUATION DE LA QUALITE DES ENVIRONNEMENTS PISCICOLES POUR LES PAYS DU SUD

Elodie Pepey^{*a}, Geneviève Conéjéro^b, Jean-Luc Verdeil^{cd}, Simon Pouil^e

^aISEM, Univ Montpellier, CNRS, IRD, CIRAD, Montpellier, France

^bIPSiM, Univ Montpellier, CNRS, Institut Agro Montpellier, INRAE, Montpellier, France

^cPHIV, CIRAD, UMR AGAP Institut, Montpellier, France

^dUMR AGAP Institut, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Univ Montpellier, Montpellier, France

^eAgence de Recherche pour la Biodiversité (ARBRE), La Réunion, France

* elodie.pepey@cirad.fr

Les effets des activités anthropiques telles que l'urbanisation, la croissance démographique et l'agriculture sur les eaux de surface sont notamment aux Suds des préoccupations majeures, en particulier dans les pays à faible revenu où la surveillance de la qualité de l'eau peut s'avérer complexe à réaliser en raison de ressources limitées. A cette fin, dans le cadre de projets menés à Madagascar, au Vietnam et en Côte d'Ivoire, nous avons choisi une approche *in vivo* utilisant un biomarqueur de génotoxicité avec le test des comètes qui est une méthode sensible et rapide, utilisée pour mesurer les cassures directes de l'ADN, dans des cellules, causées par des agents génotoxiques. Ce test a été utilisé sur des poissons (tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*) exposés à différents environnements aquatiques. Pour ce faire, du sang a été prélevé sur les tilapias pour ensuite réaliser le test des comètes en condition alcaline sur les érythrocytes. Les comètes ont été observées au microscope à épifluorescence et les images ont été analysées à l'aide du plug-in OpenComet avec le logiciel ImageJ. L'étendue des cassures de l'ADN a été exprimée en pourcentage d'ADN dans la queue des comètes. Ces essais ont révélé des ruptures significatives de brins d'ADN sur les érythrocytes de poisson sur certains sites étudiés, indiquant la présence d'au moins un agent génotoxique dans l'environnement d'exposition. Ces résultats montrent l'intérêt de l'utilisation de biomarqueurs comme première approche pour mettre en évidence des problèmes de qualité d'eau en l'absence d'évaluation exhaustive des potentiels contaminants présents. Il ressort ainsi un besoin d'inclure des outils d'évaluation de l'écotoxicité qui soient adaptés à ces régions du monde.

Biographie.



Je travaille au Cirad au sein de l'UMR ISEM, sur des thématiques de recherche et de développement (R&D) pour une aquaculture durable au sud, en utilisant des outils de biologie moléculaire et cellulaire. Les activités que je réalise visent à :

- Développer des outils de diagnostic moléculaire de terrain pour identifier précocement les pathogènes impactant les systèmes de production aquacole (bactéries, parasites).
- Evaluer les effets génotoxiques des contaminants anthropiques des milieux d'élevage (test des comètes, aberrations chromosomiques...), en développant des approches expérimentales adaptées à nos terrains en Asie et Afrique, pour disposer d'indicateurs sentinelles de la qualité du milieu d'élevage sur les organismes exposés. L'objectif étant de proposer des systèmes aquacoles plus résilients dans le cadre d'une approche agroécologique.

ANALYSE ET CARACTERISATION DES MICROPLASTIQUES : INTERETS ET LIMITES DES TECHNIQUES D'IMAGERIE

Stéphane Peyron *^a

^a Université de Montpellier, UMR 1208 IATE - Equipe epop, 2 place Viala - bât. 31,
F-34060 Montpellier Cedex 01

*stephane.peyron@umontpellier.fr

Nous faisons face aujourd'hui à une contamination massive des quatre compartiments de notre environnement (lithosphère, atmosphère, hydrosphère et biosphère) par les micro et nanoparticules de plastiques. L'étude de la contamination d'un milieu naturel ou d'un organisme vivant par les microplastiques constitue un diagnostic complexe qui implique, avant tout, un prélèvement d'échantillon du milieu, une digestion des échantillons prélevés et une analyse combinée de la morphologie et de la composition des particules isolées.

L'échantillonnage reste un point critique dont la représentativité du milieu étudié peut être questionnée. En l'absence de procédures normalisées, les stratégies opératoires de prélèvement ont été adaptées aux contraintes des différents milieux d'étude. Des outils spécifiques ont ainsi été développés pour le prélèvement en surface ou en profondeur des milieux marins, en rivières ou dans les sols. Selon leur environnement, les prélèvements doivent être digérés afin d'éliminer toute matière organique suivant des protocoles spécifiques des compositions des milieux. Enfin une analyse exhaustive des contaminants plastiques impose une étape préalable de tri densimétrique.

La caractérisation des particules plastiques peut recourir à diverses techniques de microscopie selon le niveau d'information visé. La grande majorité des travaux visant à caractériser l'exposition humaine repose sur un simple décompte des particules. Néanmoins, il est aujourd'hui bien établi que les risques induits par les microplastiques sont liés à leur capacité à absorber et véhiculer les polluants et contaminants chimiques présents dans l'environnement. Ces propriétés de sorption-désorption dépendent de la composition et de la nature polymérique des plastiques mais aussi de la morphologie des particules et en particulier de leur surface spécifique. La composition des particules en mélange est généralement caractérisée par des outils couplant la microscopie à la spectroscopie vibrationnelle (moyen Infrarouge et Raman) qui portent des limites opératoires et des seuils de résolution spatiale différents. La surface d'échange des particules dépend, quant à elle, de leur morphologie mais également de leur porosité qui peuvent être évaluées au moyen de techniques de micro tomographie dans la limite de leur contrainte d'application.

LES F-TECHNIQUES : LES PAROIS VEGETALES EN PLEINE LUMIERE !

Gabriel Paës^{a*}

^a UMR FARE, INRAE, URCA, Reims

* gabriel.paes@inrae.fr

Les parois végétales des cellules des plantes et des arbres contiennent un polymère d'intérêt pour l'imagerie : la lignine. Sa complexité chimique et physique ne permet pas de lui attribuer une composition ou formule standard mais son assemblage sous forme d'unités aromatiques lui confère des propriétés de fluorescence : c'est pourquoi on qualifie la paroi végétale d'autofluorescente. Cette particularité par rapport à d'autres tissus biologiques permet de mettre en place des approches d'imagerie sans marquage, notamment par macrofluorescence ou microscopie confocale de fluorescence. Il est ainsi possible de caractériser finement la morphologie des cellules par mesure de l'intensité de l'émission de fluorescence, également d'évaluer l'environnement de la lignine par mesure du temps de vie de l'émission de fluorescence. Une stratégie complémentaire consiste à se servir de la fluorescence apportée par des sondes fluorescentes exogènes [1], petites molécules de nature et taille variables, destinées à sonder les parois végétales. La mesure de leur diffusion permet ainsi de déterminer la nanoporosité des parois végétales, par l'utilisation de la technique de FRAP (*Fluorescence Recovery After Photobleaching*) [2]. Leurs interactions, en particulier avec la lignine, peut aussi être mesurée grâce à la mesure de FRET (*Förster Resonance Energy Transfer*) [3], permettant de mettre en évidence la localisation de la lignine et les forces d'interaction mises en jeu.

La présentation exposera plusieurs exemples de développement de ces techniques de fluorescence ou F-techniques appliquées à divers échantillons de biomasses lignocellulosiques (échantillons de bois et de tiges de céréales), considérés à l'état natif, prétraité par des opérations physico-chimiques ou après une hydrolyse enzymatique.

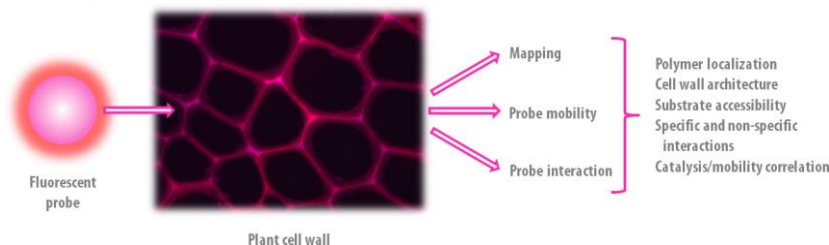


Figure 1 : applications des sondes fluorescentes pour caractériser les parois lignocellulosiques.

Références

- [1] Paës G (2014), *Molecules*, 19, 9380-9402.
- [2] Paës G et al. (2017), *Biotechnology for Biofuels*, 10, 15.
- [3] Terryn C et al. (2018), *Plant Methods*, 14, 74.



Biographie. Gabriel Paës est directeur de recherche INRAE et dirige le laboratoire Fractionnement des AgroRessources et Environnement (unité mixte de recherche entre INRAE et l'Université de Reims Champagne Ardenne). Il possède une formation transdisciplinaire en biochimie et physico-chimie des biopolymères, ingénierie métabolique et enzymatique, et des postes dans le monde académique et industriel depuis plus de 20 ans. Il étudie la transformation biotechnologique et la récalcitrance de diverses espèces de biomasse en tant que matériaux bruts et prétraités, en développant et en appliquant des approches multimodales, en particulier des techniques basées sur la microscopie et la fluorescence. Son objectif est de mettre en évidence les caractéristiques universelles de la récalcitrance de la biomasse qui pourraient être facilement mesurées et transposés en marqueurs pour des capteurs utilisables dans les processus de bioraffinerie afin d'accroître leur efficacité.

DE LA PLANTE AUX POUDRES : APPROCHE D'IMAGERIE ET ANALYSE D'IMAGES

Fabienne Guillon*^a, Cecile Barron^b, Patrice Papineau^a, David Legland^a, Marie-Françoise Devaux^a

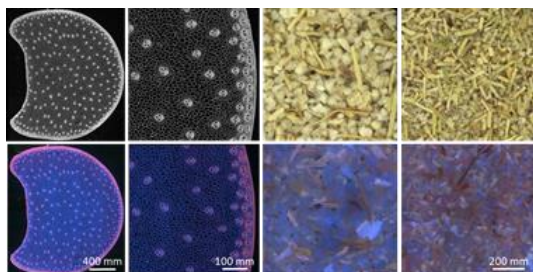
^a INRAE, UR 1268 BIA, 44316 Nantes, France

^b UMR IATE, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, 34060 Montpellier, France

*fabienne.guillon@inrae.fr

La valorisation de la biomasse lignocellulosique est envisagée pour développer une bioéconomie durable et réduire notre empreinte carbone sur l'environnement. Malgré son fort potentiel, cette valorisation est encore loin d'être optimisée en raison de notre difficulté à identifier les paramètres les plus influents sur les différentes étapes de transformation. Beaucoup de travaux se sont focalisés sur la composition chimique globale sans prendre en compte l'hétérogénéité de structure : différents organes, différents tissus, différents types cellulaires, auxquels s'ajoutent l'effet de la première étape de transformation, le broyage.

Depuis plusieurs années, nous caractérisons la biomasse et son évolution en cours de transformation par imagerie et d'analyse d'images. Différents prototypes ont été développés pour observer des coupes histologiques et des particules, natives et en cours de dégradation, dans le visible à l'échelle macroscopique (de 1 mm à 10 cm) avec une résolution micrométrique [1, 2]. En parallèle, la macroscopie de fluorescence a été retenue pour cartographier l'hétérogénéité de composition grâce à l'autofluorescence des composés phénoliques [3, 4]. Des procédures spécifiques ont été développées pour quantifier la morphologie : taille et forme de particules, proportion de tissus, densité de faisceaux, taille de cellules, et l'hétérogénéité de composition sous la forme de profils de fluorescence [3, 4, 5]. L'analyse de séries d'images a permis de comparer des échantillons et de mettre évidence des effets lignées, tissus etc. Nous nous proposons d'illustrer les approches mises en œuvre à travers l'exemple du maïs.



Exemples d'images acquises, en haut avec des systèmes de macrovision dans le visible, et en bas avec un microscope à fluorescence. A gauche, coupe transversale de tige de maïs et zoom sur une région. A droite, particules issues de tiges broyées avec un broyeur à couteaux et récupérées sur des tamis de différentes tailles de mailles.

References

- [1] Devaux, M.-F., Bouchet, B., Legland, D., Guillon, F., and Lahaye, M. (2008). *Postharvest Biol. Technol.* 47(2), 199-209.
- [2] Barron, C., Devaux, M.-F., Foucat, L. et al. (2021). *Biotechnol. Biofuels*, 14 (1).
- [3] Corcel, M., Devaux, M.-F., Guillon, F., and Barron, C. (2016). *Comput. Electron. Agric.* 127, 281-288.
- [4] Berger, M., Devaux, M.F., Legland, D., Barron, C., Delord, B., Guillon, F. (2021) *Front. Plant Sci.*, 12.
- [5] Devaux, M.F., Corcel M., Guillon, F, Barron, C. (2023). *Biomolecules*, 13(7), 1104.



Biographie

Fabienne Guillon a obtenu son diplôme de doctorat en sciences des aliments en 1987. Elle a été recrutée en 1990 comme chercheur à l'INRA de Nantes. Jusqu'en 1998, elle a mené des travaux sur les fibres alimentaires et leurs effets physiologiques chez l'homme. Actuellement, ses recherches se concentrent sur la structure et la fonction des parois cellulaires *in planta* et sur les facteurs limitant la bioconversion de la biomasse lignocellulosique en biocarburants ou en bioproduits. Au cours de ces années, elle a développé une expertise en imagerie végétale, impliquant les techniques de macroscopie, microscopie et microspectroscopie vibrationnelle. Elle est auteur d'environ 110 publications dans des revues à comité de lecture.

IMAGE ET PREDICTION DES PROPRIETES DES MATERIAUX D'EMBALLAGE : QUEL APPOINT DES MICROSCOPIES MEB, TOMOGRAPHIE-X ET OPTIQUE ?

Sébastien Gaucel ^{*a}, Allison Vercasson^a, Valérie Guillard^a, Hélène Angellier-Coussy^a et Nathalie Gontard^a

^a UMR IATE, Université de Montpellier, INRAE, L'Institut Agro Montpellier.
2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier

* sebastien.gaucel@inrae.fr

Un emballage alimentaire a pour fonction primordiale le contrôle des transferts de matières (gaz et vapeurs) entre l'aliment, l'espace intra-emballage et l'atmosphère extérieure. Dès lors, concevoir de façon raisonnée un emballage alimentaire nécessite de disposer de modèles prédictifs des propriétés de transferts. Dans le cas des matériaux complexes, e.g. les matériaux composites, l'approche de modélisation doit en outre intégrer la formalisation du lien entre la structure du matériau et ses propriétés. Afin d'alimenter ces modèles, il faut donc obtenir des descripteurs quantitatifs de la structure (2D ou 3D) du matériau. Cette présentation propose un retour d'expérience sur l'utilisation d'images de microscopies MEB, Tomographie-X et optique pour caractériser la structure de composites isotropes et anisotropes.

Dans le cas des composites isotropes, i.e. constitués d'une phase continue (e.g. un polymère) et d'une phase dispersée (e.g. des fibres/particules naturelles), il est essentiel de caractériser la morphologie des fibres d'une part, et leur dispersion dans le matériau d'autre part. Nous verrons quels sont les apports et limites de chacune des techniques de microscopie considérées (MEB, Tomographie-X et optique) et comment elles peuvent servir le développement des modèles [1,2].

Dans le cas des composites anisotropes tels que des enductions de polymères sur un support cellulosique (papier/carton), au regard des transferts de matières, ces matériaux peuvent, en première approche, être assimilés à des structures multi-couches. Afin d'accéder à une mesure quantitative et reproductible des épaisseurs de couches, nous comparerons les microscopies Tomographie-X et MEB, avec, pour cette dernière, une analyse de l'impact de la technique de préparation de l'échantillon (microtome, cryofracture, ultramicrotome, cryo-ultramicrotome, inclusion dans moelle de bois, etc) [3].

References

- [1] Marouane Kabbej, Valérie Guillard, Hélène Angellier-Coussy, Caroline Wolf, Nathalie Gontard, Sébastien Gaucel. 2021. 3D modelling of mass transfer into biocomposite. *Polymers*, 13 (14).
- [2] Marouane Kabbej, Valérie Guillard, Hélène Angellier-Coussy, Valentin Thoury-Monbrun, Nathalie Gontard, Laurent Orgéas, Sabine Rolland du Roscoat, Sébastien Gaucel. 2023. From 3D real structure to 3D modelled structure: Modelling water vapor permeability in polypropylene/cellulose composites. *Polymer*, 269.
- [3] Thèse d'Allison Vercasson, 2021-2024.

Biographie.

De formation initiale en mathématiques appliquées (thèse de doctorat en 2005), j'ai intégré l'INRAE en 2006 pour y conduire des activités de modélisation dans différents domaines (épidémiologie, génie des procédés alimentaires). Depuis 2015, je suis membre de l'UMR IATE (Ingénierie des Agropolymères et Technologies Émergentes). Je poursuis mes activités de recherches sur la modélisation multi-échelles des transferts et réactions dans le système aliment-emballage, au sein de l'équipe multidisciplinaire ePOP (Eco Efficient Polymeric and Organic Packaging).

GESTION DE DONNEES D'IMAGERIE EN SCIENCE OUVERTE

Guillaume Gay*^a

^a FBI – BioCampus – LIRMM, 116 rue Ada, Montpellier

* guillaume.gay@lirmm.fr

La gestion des données scientifiques est en pleine évolution, technique et institutionnelle. L'objectif de cette transformation est de favoriser une gestion de données orientée vers les principes FAIR [1], pour *Findable, Accessible, Interoperable and Reusable*

Dans cette présentation, nous ferons le tour des concepts centraux de la science ouverte, des outils, et du paysage institutionnel en France et à l'international de cette nouvelle approche de la gestion de données : Métadonnées, Plan de Gestion de Données, Cycle de vie, Archives ouvertes. L'objectif est de poser les bases de la discussion qui suivra lors de la table ronde.

References

[1] Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. et al. (2016), *Sci Data* **3**, 160018



Biographie. Guillaume Gay est ingénieur de recherche au sein du projet DATA de l'infrastructure France BioImaging, chargé du déploiement d'une solution de gestion de données de microscopie pour les nœuds de l'infrastructure. Il est titulaire d'une thèse de physique et travaille depuis à l'interface de la biologie, de la physique et de l'informatique, en particulier autour de la microscopie.

BIOIMAGEIT : UNE SOLUTION POUR LA GESTION ET L'ANALYSE DE DONNEES ET D'IMAGES

Arthur Masson ^{*a}

^a SAIRPICO, Centre Inria de l'Université de Rennes,
Campus de Beaulieu, 263 Av. Général Leclerc, 35042 Rennes

* arthur.masson@inria.fr

Open science and FAIR principles have become major topics in the field of microscopy for biology. For more than 10 years, software solutions have been developed to make data management and analysis accessible to the large community of end-users. Nevertheless, each software is dedicated to one single task like data management (Omero) or image analysis pipelines design using an ad-hoc language (e.g. Fiji, Icy, Knime...).

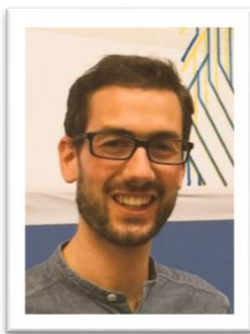
Now scientists need manual interactions with data leading to protocols that does not meet the FAIR principles. BioImageIT¹ solution is a new approach that jointly considers data management and data analysis in a unified framework. Data analysis tools are connected to the data management system to automatically generate metadata and guaranty the FAIRness of the experimentations. BioImageIT is built on top of existing software to guaranty interoperability and re-usability. We developed BioImageIT by exploiting advanced IT tools to propose a user and developer friendly software.

La science ouverte et les principes FAIR sont devenus des sujets majeurs dans le domaine de la microscopie pour la biologie. Depuis plus de 10 ans, des solutions logicielles ont été développées pour rendre la gestion et l'analyse de données accessible à une large communauté d'utilisateurs. Néanmoins, chaque outil est dédié à une seule tâche, comme la gestion des données (Omero) ou la conception de pipelines d'analyse d'images (Fiji, Icy, Knime...).

Aujourd'hui, les scientifiques doivent nécessairement interagir manuellement avec les données, ce qui conduit à des protocoles qui ne respectent pas les principes FAIR. La solution BioImageIT¹ propose une nouvelle approche qui considère conjointement la gestion et l'analyse des données dans un cadre unifié. Les outils d'analyse de données sont connectés au système de gestion de données pour générer automatiquement des métadonnées et garantir que les expériences respectent les principes FAIR. BioImageIT permet d'intégrer des outils existants en garantissant leur interopérabilité et leur réutilisation. Nous avons développé BioImageIT en exploitant des outils informatiques avancés pour proposer un logiciel performant et accessible tant pour les utilisateurs que pour les développeurs.

Reference

[1] Prigent, S., Valades-Cruz, C.A., Leconte, L. et al. (2022) *Nature Methods* 19 BioImageIT: Open-source framework for integration of image data management with analysis.



Biographie

Arthur Masson est ingénieur de recherche au centre Inria de l'Université de Rennes. Il a travaillé dans les domaines du traitement vidéo et de l'analyse d'images médicales, et en particulier sur la détection de lésions de sclérose en plaques dans les IRM au sein de l'équipe-projet Empenn, en collaboration avec l'Observatoire Français de la Sclérose en Plaques. Il a nouvellement intégré l'équipe-projet SAIRPICO pour développer la solution BioImageIT.

PL@NTNET: GESTION DE GRANDES BASES DE DONNEES ET PROBLEMATIQUE DE L'INTEGRATION D'IMAGES MICROSCOPIQUES

Benjamin Bourel*^a, Alexis Joly^a, Pierre Bonnet^b, Hervé Goëau^a, Antoine Affouard^a, Jean-Christophe Lombardo^a, Mathias Chouet^b, Hugo Gresse^a, Christophe Botella^a, Benjamin Deneu^a, Joaquim Estopinan^a, Cesar Leblanc^a, Camille Garcin^a, Diego Marcos^a, Maximilien Servajean^c, François Munoz^d, Joseph Salmon^e

^a Inria, LIRMM, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France

^b CIRAD, CNRS, INRAE, IRD, Montpellier, France

^c LIRMM, AMIS, UPVM, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier

^d LIPHY, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

^e IMAG, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France

* benjamin.bourel@inria.fr

Pl@ntNet est un projet de sciences participatives accessible sous forme d'applications web et mobile (iOS et Android) [1]. Via l'utilisation du *deep learning* (sous-domaine de l'intelligence artificielle qui utilise des réseaux neuronaux artificiels), ce projet vise à réaliser des identifications taxonomiques de plantes à partir de photos. Pl@ntNet dispose d'une base de données de plus de 14 millions d'images associées à plus de 37 000 espèces et l'application mobile a été installée 30 millions de fois [1]. Cette présentation s'axera sur deux points.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la manière dont Pl@ntNet gère cette grande quantité de données ainsi qu'aux éléments qui pourraient-être développés pour optimiser cette gestion. Dans un second temps, nous discuterons des apports d'une éventuelle intégration de données microscopiques à Pl@ntNet et des difficultés que pose l'utilisation d'images microscopiques par rapport à celle d'images macroscopiques. Comme exemple, nous nous appuierons sur des images de grains de pollen [2].

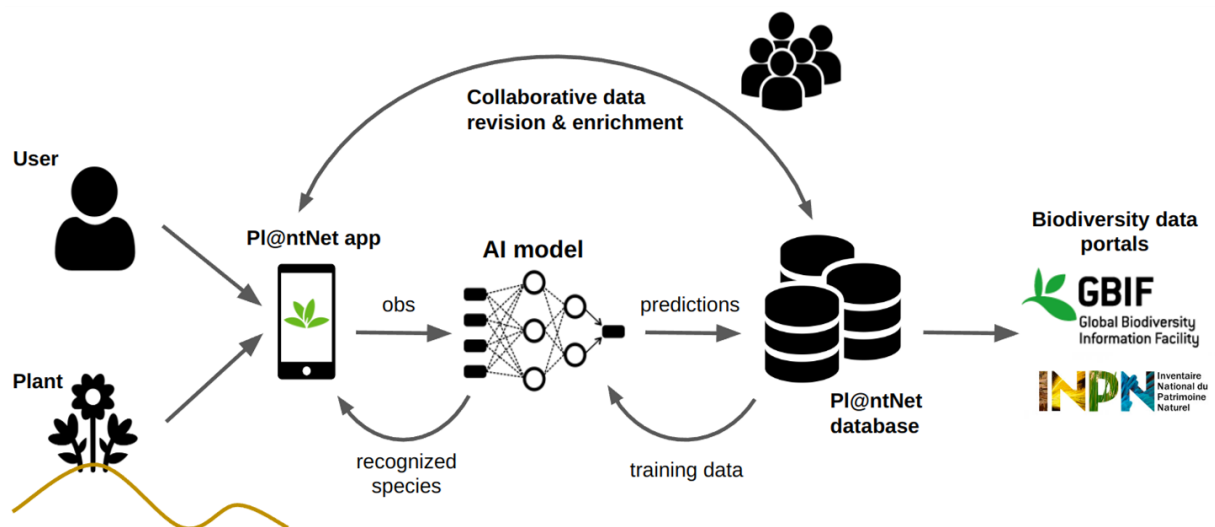


Figure 1: Visualisation du concept de l'application Pl@ntnet [3].

Références

[1] Pl@ntNet (2023), <https://plantnet.org>. Last accessed 15 November 2023.

[2] Bourel B., Marchant R., de Garidel-Thoron T., Tetard M., Barboni D., Gally Y., Beaufort L. (2020). Automated recognition by multiple convolutional neural networks of modern, fossil, intact and damaged pollen grains. *Computers & Geoscience*, 140, 104498.

[3] Joly A., Bonnet P., Goëau H., Affouard A, Lombardo J.C., Chouet M., Gresse H., Botella C., Lorieul T., Deneu B., Estopinan J., Leblanc C., Garcin C., Marcos D., Servajean M., Munoz F., Salmon J. (2023). PI@ntNet : Cooperative learning for biodiversity monitoring. 3rd Inria-Dfki European Summer School on Artificial Intelligence (IDESSAI). Sophia Antipolis, France, 4-8 September 2023.



Biographie

Benjamin Bourel a été recruté en octobre 2023 comme Chargé de Recherche à l'antenne INRIA de Montpellier. Ces recherches se situent à l'interface de l'écologie, de la paléontologie, des statistiques et de l'apprentissage automatique. Ces principaux travaux portent sur :

-1) l'identification taxonomique des restes végétaux actuels et fossiles (ex : pollens, phytolithes, feuilles, etc.) par la reconnaissance automatique d'images microscopiques afin de réaliser des suivis haute résolution de la biodiversité, du climat et des paysages dans présent et le passé

-2) l'utilisation d'analyses statistiques et de l'apprentissage automatique pour analyser les signaux d'assemblages de pollens dégradés et/ou complexes en vue de reconstructions paléo-environnementales

-3) la mise en place de modèle de distribution des espèces utilisant des données issues d'archives naturelles (ex : pollens, fossiles) et de documents historiques (ex : notes, herbiers et vestiges archéologiques) pour considérer à la fois les niches réalisées passées et présentes des espèces

RETOURS D'EXPERIENCES SUR DES DEPOTS D'IMAGES MULTI ET HYPERSPECTRALES DANS UN ENTREPOT DE DONNEES

Marie-Françoise Devaux 1. *^a

^a INRAE, UR 1268 BIA, 44316 Nantes, France

* marie-francoise.devaux@inrae.fr

Dans le cadre de la « fairisation » des données, le partage de jeux de données avec la communauté scientifique est largement préconisé. Parmi les objectifs, on trouve la réutilisation des résultats obtenus seuls ou agrégés avec d'autres jeux de données pour développer de nouvelles formes de recherche [1]. A l'échelle de l'équipe de recherche, les enjeux sont de permettre la réutilisation de données précieuses ou coûteuses à acquérir et d'augmenter la visibilité des recherches [1, 2]. Nous décrivons ici les motivations et les questions posées autour du partage de deux jeux de données d'images multi et hyperspectrales dans un contexte de recherche sur la quantification de l'hétérogénéité spatiale de composition de tissus végétaux.

Les données d'imageries de tissus végétaux peuvent être complexes ou volumineuses : images monochromes 2D ou 3D, images multi ou hyperspectrales, séries temporelles, images multimodales, collection d'images... La seule acquisition des images demande une expertise et une technicité considérables : connaissance et préparation des échantillons, connaissance de la microscopie et de la spectroscopie... L'analyse des images est une compétence additionnelle, nécessitant souvent des développements spécifiques : quelles méthodes d'analyse d'images multi et hyperspectrales ? comment segmenter ? quel recalage d'images ?... Ainsi, l'ensemble de la chaîne d'analyse nécessite des compétences pluridisciplinaires. L'analyse d'images multi ou hyperspectrales fait appel à des techniques d'analyse chimiométrique mono ou multibloc. D'autres communautés scientifiques développent des méthodes basées sur le traitement du signal et dédiées aux images d'astronomie, satellitaires ou aériennes – dont la nature est en fait très proche de celles obtenues en microscopie. Le partage des méthodes développées dans les différentes communautés semble naturel mais nécessite l'établissement de réseaux de partenaires ayant des expertises complémentaires. Dans ce contexte, le partage des données est une étape déterminante pour évaluer les techniques les plus appropriées pour répondre aux questions posées par les différents domaines de recherche.

Deux exemples de partage seront présentés : dépôt d'un jeu de données d'images multiéchelle en microscopie de fluorescence pour la communauté du traitement du signal [3], dépôt d'un jeu de données pour l'analyse multimodale d'images hyperspectrales pour la communauté de l'analyse multibloc [4].

References

[1] Rebouillat Violaine (2021), Les Enjeux de l'Information et de la Communication, n°22/1, 2021, p.35 à 53

[2] Cellule data – Grenoble Alpes (2022), « Valorisation des données scientifiques : publication et diffusion / partage » https://scienceouverte.univ-grenoble-alpes.fr/wp-content/uploads/2022/07/diffuser_Entrepots_datapaper_doctorants_vdiff7.pdf

[3] Devaux, Marie Françoise (2018), perscido.univ-grenoble-alpes.fr <https://doi.org/10.18709/perscido.2018.11.ds155>

[4] Devaux, Marie Françoise (2023), entrepot.recherche.data.gouv.fr/ <https://doi.org/10.57745/ROHF9X>,



Biographie. Marie-Françoise Devaux est Ingénieure de recherche en analyse d'images de tissus végétaux et membre fondateur de l'ISPS, « international Society of Plant Spectroscopy ». L'objectif de ses recherches est de quantifier l'histologie des tissus végétaux, morphologie et distribution spatiale des constituants biochimiques, afin d'établir des relations entre l'hétérogénéité spatiale et les propriétés d'utilisation finale. Les recherches sont basées le développement de l'imagerie multiéchelle et multimodale - macroscopie visible et en autofluorescence, microscopie par autofluorescence dans l'UV profond, UV et visible, microspectroscopies dans le moyen infrarouge, Raman et en autofluorescence – et des techniques d'analyse spécifiques des différents types d'images - en niveaux de gris, images multi et hyperspectrales, images multimodales. L'analyse d'images spectrales est basée sur l'analyse chimiométrique des données spectrales. Un accent est mis sur l'analyse de séries d'images pour quantifier la variabilité entre coupe.

ORGANISATION DES DONNEES IMAGES AVEC UN SYSTEME DE CODE-BARRES

Matthieu DEJEAN ^a, Marc LARTAUD^a

^a CIRAD UMR AGAP – Equipe PHIV, 2 Avenue Agropolis 34398 Montpellier - France

*matthieu.dejean@cirad.fr

Dans le cadre de projets d'envergure, la multiplication des données images et leur traçabilité devient rapidement un défi. Il en va de même pour le suivi des liens entre les différentes expériences réalisées sur un même individu (histologie, biochimie, physiologie ...)

Lors de son implication dans le projet « Biomass For the Future » (Projet ANR "Investissement d'Avenir" coordonné par H. Hofte, Inrae), l'équipe PHIV qui était impliquée dans le phénotypage anatomique de tiges de sorgho a développé un système de code-barres pour le suivi de plusieurs milliers d'échantillons (de leur collecte aux champs ou en serre, jusqu'à la photo prise sous microscope). Ce système nous a permis d'organiser et de centraliser les nombreuses données générées pendant les 8 ans du projet avec une bonne traçabilité et une facilité d'accès à l'information par simple lecture du code barre. On peut ainsi connaître l'historique d'une photo, d'une lame histologique, connaître le protocole histologique qui a permis de traiter l'échantillon, l'état des stocks d'échantillons, et remonter jusqu'à l'échantillon biologique collecté en champs et les conditions de croissance des plantes. Ce système de traçabilité performant s'est révélé indispensable pour un projet conduit sur le long terme et impliquant un nombre important d'échantillons.

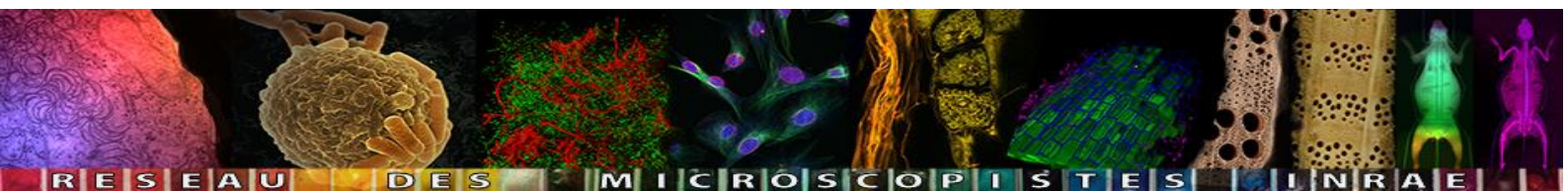


Biographie.

Je suis technicien sur la Plateforme d'Histocytologie et d'Imagerie cellulaire Végétale (PHIV) du CIRAD. Je suis spécialisé en microscopie et en analyse d'images, et fait également partie de la plateforme montpelliéraine de microscopie MRI.

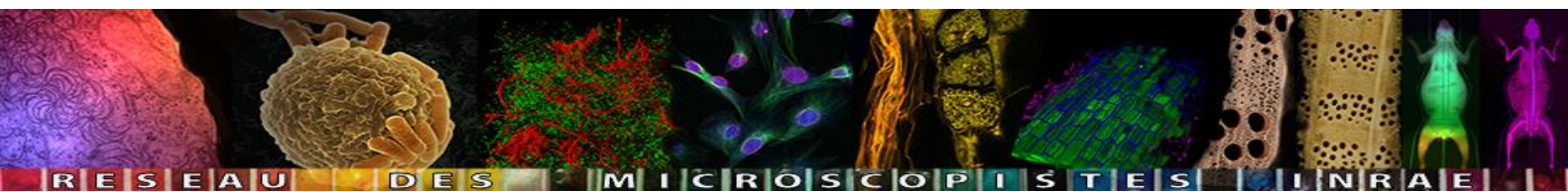


POSTERS



LISTE DES POSTERS

- P1** Structure and chemical composition of soil C-rich Al-Si-Fe coprecipitates at nanometer scale
Isabelle Basile-Doelsch (CEREGE, Aix en Provence)
- P2** La surexpression du transporteur de phosphate HcPT1.1 chez *Hebeloma cylindrosporum* confirme sa capacité de transfert de P dans les ectomycorhizes
Laurie Amenc (UMR Eco&Sols, Montpellier)
- P3** Effet des pratiques de gestion agricole sur la stabilité structurale du sol et la déprotection des matières organiques lors des cycles de desiccation-réhumectation
Clémentine Chirol (Ecosys, Palaiseau)
- P4** Automated quantitative morphological analysis of intracellular structures: application to the mitotic spindle of *Arabidopsis thaliana* root tip
Katia Belcram (IJPB, Versailles)
- P5** Assessment of microplastics toxicity on zebrafish model
Maxence Frétaud (VIM, Jouy en Josas)
- P6** Specific and label-free endogenous signature of dystrophic muscle by Synchrotron deep ultraviolet radiation
Laurence Dubreil (UMR PanTher, Nantes)
- P7** Modélisation de muscle squelettique in vitro en 3 dimensions (3D)
Elodie Jublanc (UMR DMEM, Montpellier)
- P8** Etude micromécanique et microstructurale au sein de l'albumen amylopectine du grain de blé par AFM
Valérie Lullien-Pellerin (UMR IATE, Montpellier)
- P9** Cuticle architecture and mechanical properties: a functional relationship delineated through correlated multimodal imaging
Angéline D'Orlando (URBIA, Nantes)



STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION OF SOIL C-RICH AL-SI-FE COPRECIPITATES AT NANOMETER SCALE.

Floriane Jamoteau^{1,2,3*}, Nithavong Cam¹, Clément Levard¹, Emmanuel Doelsch^{1,2,3}, Ghislain Gassier¹, Adrien Duvivier¹, Adrien Boulineau⁴, François Saint-Antonin⁴, Isabelle Basile-Doelsch¹

¹Aix Marseille University, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France

²CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-34398 Montpellier, France

³Recyclage et Risque, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

⁴Université Grenoble Alpes, CEA, LITEN, Grenoble, France.

* basile@cerege.fr

Soil carbon stabilization is mainly driven by organo-mineral interactions. Coprecipitates of organic matter with short-range order minerals obtained through indirect chemical extraction methods are increasingly recognized as key carbon sequestration phases. Yet the atomic structure of these coprecipitates is still rather conceptual. We used TEM imaging combined with EDX and EELS chemical mappings which enabled direct nanoscale characterization of coprecipitates from andosols. A comparison with reference synthetic coprecipitates showed that the natural coprecipitates were structured by an amorphous Al, Si and Fe inorganic skeleton, and were therefore even less organized than short-range order minerals usually described. These amorphous type of coprecipitates resembled previously described nanosized coprecipitates of inorganic oligomers with organics (nanoCLICs). These results mark a new step in the high-resolution imaging of organo-mineral associations, while shedding further light on the mechanisms that control carbon stabilization in soil, and more broadly in aquatic colloid, sediment and extraterrestrial samples.

This article is currently under revision (Jamoteau et al. ES&T)



Biographie. Isabelle Basile-Doelsch is Research Director at INRAE. She has a background in geology, geochemistry and paleoclimatology. She works on soil carbon dynamics, focusing on biotic/abiotic interactions. She is particularly interested in organo-mineral associations, using imaging approaches at micro and nano scales as well as isotopic approaches. The overall aim of her research is to gain a better understanding of soil carbon stabilization mechanisms, in order to help preserve soils for food security and climate change mitigation.

LA SUREXPRESSION DU TRANSPORTEUR DE PHOSPHATE HcPT1.1 CHEZ *HEBELOMA CYLINDROSPORUM* CONFIRME SA CAPACITE DE TRANSFERT DE P DANS LES ECTOMYCORHIZES

Laurie Amenc^a, Adeline Becquer^a, Carlos Trives-Segura^a, Sabine D. Zimmermann^b, Kevin Garcia^c, Claude Plassard^a

^aEco&Sols, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD, 2 place Pierre Viala 34060 Montpellier

^bIPSiM, Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro, 2 place Pierre Viala 34060 Montpellier

^cDepartment of Crop and Soil Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC, United States

*laurie.amenc@inrae.fr

On sait que les champignons ectomycorhiziens (ECM) associés aux espèces ligneuses les aident à acquérir du phosphore (P). Cependant, les mécanismes moléculaires responsables du transfert de P du champignon à la plante dans les ectomycorhizes sont encore mal compris. Nous avons montré précédemment que le champignon ECM *Hebeloma cylindrosporium* possède trois symporteurs H⁺:Pi [1] mais que 1) seuls deux d'entre eux (HcPT1.1 et HcPT2) sont exprimés dans les ectomycorhizes formées avec le Pin maritime (*Pinus pinaster*) [2] et 2) que HcPT2 est un excellent candidat pour assurer le transfert de P dans les ectomycorhizes [1]. Cependant, PT2 est absent du génome de certaines espèces fongiques ECM, contrairement à PT1 qui est toujours présent [3], interrogeant sur le rôle possible de PT1 dans l'efflux de P dans les ectomycorhizes.

Dans ce travail [2], nous avons surexprimé artificiellement HcPT1 par agrotransformation fongique et nous avons associé les différentes lignées, transformées ou sauvage, au Pin maritime cultivé sur couche mince de sol, pauvre ou enrichi en P soluble. Nous avons quantifié 1/ la distribution des protéines HcPT1.1 et HcPT2 dans les ectomycorhizes par immunolocalisation après avoir vérifié la spécificité des anticorps sur levures, 2/ l'accumulation de P par les plantes et 3/ l'efflux de ³²P dans un système expérimental imitant les hyphes intraradicaux.

Bien que la surexpression de HcPT1.1 n'ait pas affecté les niveaux d'expression des deux autres transporteurs de P dans les cultures pures, elle a induit une forte réduction des protéines HcPT2 dans les ectomycorhizes tout en améliorant le statut de P des parties aériennes du pin par rapport aux plantes non-mycorhizées. De fait, l'efflux de ³²P à partir des hyphes était plus élevé dans les lignées surexprimant HcPT1.1 que dans les lignées témoins.

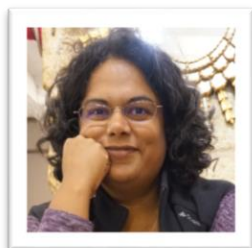
Ces résultats suggèrent que le transporteur HcPT1 peut être responsable de l'efflux de Pi dans les ectomycorhizes de pin maritime, indiquant qu'une redondance fonctionnelle entre les symporteurs H⁺:Pi de type PT1/PT2 pourrait exister pour assurer le transfert de P aux racines de la plante-hôte.

References

[1] Becquer A, Garcia K, Amenc L, Rivard C, Doré J, Trives-Segura C, Szponarski W, Russet S, Baeza Y, Lassalle-Kaiser B, Gay G, Zimmermann SD, Plassard C. (2018), *New Phytologist*, 220, 1185–1199.

[2] Amenc L, Becquer A, Trives-Segura C, Zimmermann SD, Garcia K, Plassard C (2023), *Frontiers in Plant Sciences*, 14, 1135483.

[3] Plassard C, Becquer A, Garcia K (2019), *Trends in Plant Science*, 24, 794–801.



EFFET DES PRATIQUES DE GESTION AGRICOLE SUR LA STABILITE STRUCTURALE DU SOL ET LA DEPROTECTION DES MATIERES ORGANIQUES LORS DES CYCLES DE DESICCATION-REHUMECTATION

Clémentine CHIROL^{a*}, Valérie POT^a, Patricia GARNIER^a, Claire CHENU^a, Cédric PLESSIS^a, Valérie POUTEAU^a, Dalila HADJAR^a, Marine LACOSTE^b, Andrew KING^c

^a UMR EcoSys, Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, Palaiseau, France

^b INRAE, Info&Sols, 45075, Orléans, France

^c SOLEIL Synchrotron, Saint-Aubin, France

* clementine.chirol@inrae.fr

L'augmentation des conditions de sécheresse due au changement climatique devrait entraîner des cycles de dessiccation et de réhumectation plus fréquents et plus intenses dans les sols. L'existence de pics d'émissions de CO₂ du sol vers l'atmosphère pendant la phase de réhumectation a été amplement documentée (Moyano et al., 2013 ; Barnard et al., 2020). Une hypothèse pour expliquer ces émissions est la déprotection physique de la matière organique des sols résultant de la modification de la structure du réseau poral (Schimel, 2018). La stabilité structurale du sol pendant les cycles de dessiccation et de réhumectation dépend des propriétés du sol (par exemple, la texture et la teneur en carbone), mais devrait également des pratiques de gestion du sol dans les agroécosystèmes (pratique ou non du labour).

Ce travail vise à visualiser pour la première fois la déprotection physique de la matière organique dans les sols naturels. Nous avons utilisé la tomographie RX au synchrotron pour mesurer l'évolution temporelle de la structure 3D du sol et de la distribution spatiale des matières organiques au cours de cycles de dessiccation et d'humectation. Les échantillons de sol ont été prélevés dans la couche de 2 à 5 cm de deux Luvisols, cultivés respectivement en agriculture conventionnelle et en agriculture de conservation. Les échantillons ont été séchés à température ambiante puis fragmentés manuellement en agrégats de 2-3 mm, et leur matière organique a été colorée à l'Osmium. Ensuite, 18 agrégats ont été soumis à 3 cycles de dessiccation-réhumectation et scannés à une résolution de 1,3 µm avant et après la réhumectation. La phase de réhumectation a également été capturée à l'aide de scans rapides d'une seconde effectués à intervalles réguliers pendant 10 minutes à une résolution de 2,2 µm.

La visualisation de la dynamique à court terme de la structure du sol nous permet d'observer la formation de microfissures pendant les phases de dessiccation et d'humectation, et l'impact des pratiques agricoles sur ces déformations. Une déformation plus intense se produit dans les agrégats sous agriculture conventionnelle par rapport à ceux sous agriculture de conservation, en particulier au cours des deuxième et troisième cycles. Les agrégats issus de l'agriculture de conservation gonflent moins, forment des fissures plus fines et présentent une meilleure récupération structurelle après séchage. Les agrégats issus de l'agriculture de conservation contiennent davantage de matière organique colorée à l'Osmium. La suite de ce projet permettra de quantifier les interactions entre la distribution des matières organiques et l'évolution du réseau poral au cours des cycles de dessiccation-réhumectation, afin d'explorer l'impact du mode de pratique agricole sur la décomposition des matières organiques en contexte d'aridité.

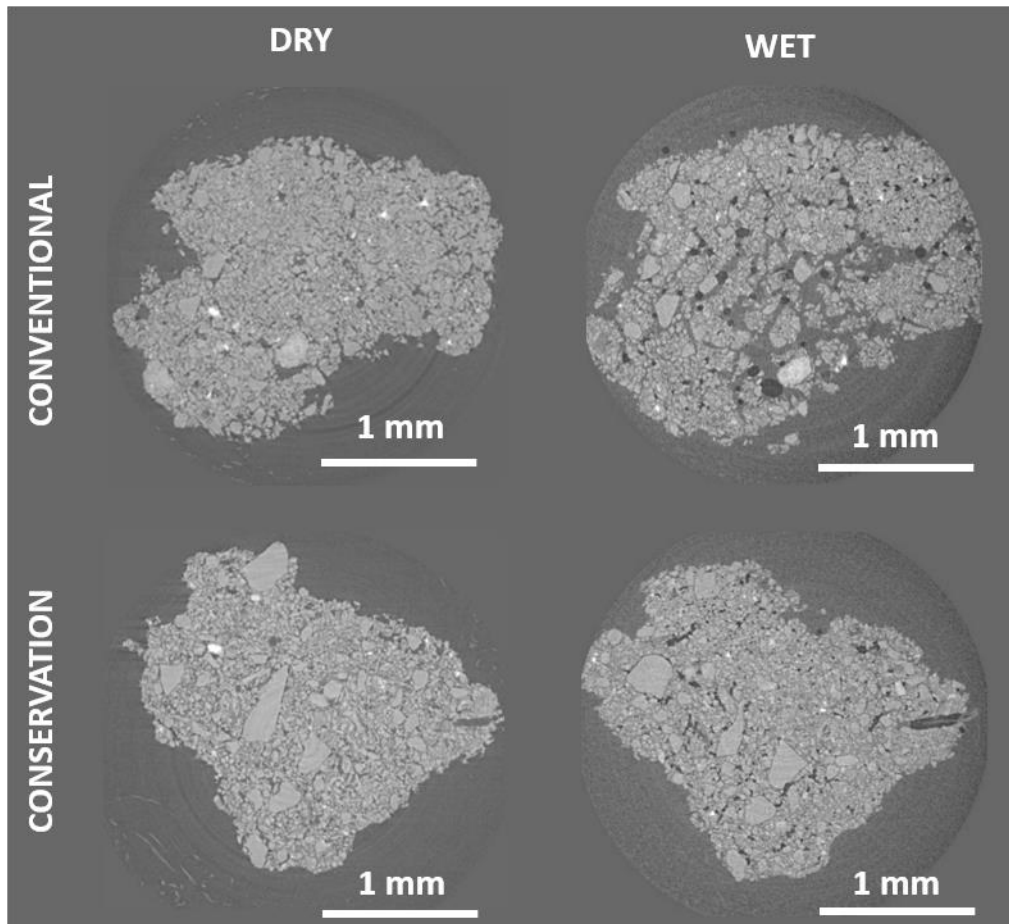


Figure 1 : Visualisation de la structure d'un agrégat avant et après réhumidification en agriculture conventionnelle et de conservation

References

- [1] Moyano, F. E., Manzonei, S., & Chenu, C. (2013), *Soil Biology and Biochemistry*, 59, 72-85.
- [2] Barnard RL, Blazewicz SJ, Firestone MK (2020), *Soil Biology and Biochemistry*, 147, 107819.
- [3] Schimel, J. P. (2018), *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 49, 409-432.



Biographie :

Clémentine Chirol est chargée de recherche en dynamique micro-échelle des matières organiques dans le sol depuis janvier 2023 à l'unité EcoSys d'INRAE. Issue d'une formation en Géosciences à l'Université Paris 6, son doctorat à l'université de Southampton portait sur l'analyse de la dynamique morphologique des systèmes de chenaux dans les marais littoraux restaurés. Ses projets postdoctoraux exploraient l'impact de l'architecture des macropores et des racines sur la résistance des sols à l'érosion par tomographie RX, ainsi que l'effet des propriétés physico-chimiques à l'échelle du pédon sur les services écosystémiques et la dynamique du carbone. Elle s'intéresse à l'organisation et à la dynamique des microhabitats dans les sols, définis comme le théâtre d'activité du microbiome combinant architecture porale, propriétés physico-chimiques et répartition des ressources et nutriments, ainsi qu'à la réponse de ces microhabitats à des perturbations intervenant à des échelles macroscopiques.

AUTOMATED QUANTITATIVE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF INTRACELLULAR STRUCTURES: APPLICATION TO THE MITOTIC SPINDLE OF *ARABIDOPSIS THALIANA* ROOT TIP

Katia Belcram*, Jasmine Burguet, Martine Pastuglia,

1

Institut Jean-Pierre Bourgin (IJPB - INRAE Île-de-France - Versailles-Saclay) – Institut National de la Recherche Agronomique - INRA (FRANCE) – Route de Saint-Cyr 78026 Versailles cedex, France

*katia.belcram@inrae.fr

Bipolar spindles ensure equal distribution of chromosomes during mitosis. In plant, spindles are acentrosomal with microtubules converged toward broad, diffuse poles. Plant cell spindles exhibit great plasticity in their morphology and size depending on the cell type but published works, up to now, are restricted to 2D measures. Here we have developed an analysis pipeline to measure spindle and cell shape in 3D. Our model is the Arabidopsis root meristem, a zone of active divisions located at the root tip and composed of several cell types that differ in size and shape. The analysis requires 3D confocal stacks of Arabidopsis roots immuno-localized with an anti alpha-tubulin antibody (for spindle labeling), and double-stained with a nucleus (for metaphase plate labeling) and a cell wall dye (allowing segmentation of cells). Each metaphase cell is segmented, then the pipeline automatically extracts the cell's and spindle's shape parameters enabling a precise measurement of spindle size and morphology within the cell (spindle and cell length, width, volume, etc...). We will present the first data obtained using this pipeline in a wild-type background. Our results indicates that in 3D, spindles from all different cell types tend to be radially symmetric even if the cell shape is not. We also confirm that each cell type has a distinct spindle geometry. Within a particular cell type, the spindle volume stays constant, even when the cell volume enlarges. We are now using mutants affecting cell shape to determine to what extent spindle morphology is determined by cell geometry rather than by genetic and developmental programs expressed in each cell. We also plan to analyze mutation mildly affecting spindle shape to evaluate the sensitivity of this new procedure to detect spindle defects.



Biographie.

Je suis ingénieur d'étude à l'IJPB où je partage mon temps entre la plateforme de cytologie et d'imagerie de l'observatoire du végétal et l'équipe SPACE (étude spatiale de la division cellulaire). Je suis spécialisée en imagerie 3D multiéchelle.

ASSESSMENT OF MICROPLASTICS TOXICITY ON ZEBRAFISH MODEL

Baby Naznin^a, Manon Mehrzad^b, Maxence Frétaud^c, Jean-Philippe Renault^d, Stéphanie Devineau^d,
Christelle Langevin^b

^aInfectious diseases and One Health master degree, Université de Tours, France

^b Université Paris-Saclay, INRAE, Infectiologie Expérimentale des Rongeurs et des Poissons, Jouy-en-Josas, France

^c Université Paris-Saclay, INRAE, VIM UMR 0892, 78350 Jouy-en-Josas, France

^d Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, NIMBE, F-91191 Gif Sur Yvette, France

^d Université Paris Cité, CNRS, Unité de Biologie Fonctionnelle et Adaptative, F-75013 Paris, France

* maxence.fretau@inrae.fr

Context : Microplastics (MP) are small particles resulting from the decomposition of plastic waste in the environment. Of variable composition, size and shape, they are poorly characterized in living organisms due to the lack of adapted detection methods. Our project aims at developing zebrafish model and innovative detection methods to describe the impact of MP on aquatic organisms, up to now modeled by polystyrene spheres that are not fully representative of the particles present in the environment.

Objectives : The project is based on the complementarity and interdisciplinarity of the partners with the aim to: study the uptake, biodistribution and fate of MP in zebrafish larvae (Zf); characterize their impact on fish health (development, growth and immunity) and develop an in vivo detection method by multimodal fluorescence imaging and Raman microscopy. **Results**: We showed that fish exposure to MP do not induce toxicity on Zf eggs neither on larvae, while we were able to detect their accumulation at the surface of the chorion and their ingestion by Zf larvae in a time and dose dependent manner. MP ingestion does not induce intestinal inflammation as determined by exposure of transgenic animals to assess expression of proinflammatory cytokines or neutrophil recruitment. Non-labelled environmental MP were successfully detected in Zf larvae combining fluorescence imaging and Raman microscopy.

Perspectives : The work is ongoing to evaluate the impact of chemical additives linked to the microplastics in addition to pathogenic microorganisms of the aqueous environment adsorbed to their surface.



Biographie.

Maxence Frétaud est ingénieur en biologie cellulaire et moléculaire de formation. Il a travaillé plusieurs années à l'institut Pasteur sur les réponses inflammatoires dans des contextes d'infection chez le poisson-zèbre. Il s'est ensuite spécialisé en microscopie en rejoignant l'INRAE de Rennes où il a développé les techniques de transparençation et d'imagerie de tissus de poissons. Depuis 2017, Maxence est ingénieur d'études à l'INRAE de Jouy-en-Josas dans l'unité VIM (Virologie et Immunologie Moléculaires). Il développe des modèles permettant d'étudier l'immunité et les interactions hôtes-pathogènes chez les poissons. Il est également responsable opérationnel de la plateforme d'imagerie

in vivo et transparençation de l'unité IERP (Infectiologie Expérimentale des Rongeurs et des Poissons). Dans ce contexte il met en œuvre des approches et des services de microscopie dédiés à l'imagerie du système immunitaire dans le modèle poisson-zèbre et à l'imagerie de gros échantillons.

SPECIFIC AND LABEL-FREE ENDOGENOUS SIGNATURE OF DYSTROPHIC MUSCLE BY SYNCHROTRON DEEP ULTRAVIOLET RADIATION

Laurence Dubreil^{1,†}, Noredine Damane^{1,2}, Romain Fleurisson¹, Marine Charrier¹, Julien Pichon¹, Isabelle Leroux¹, Cindy Schléder¹, Mireille Ledevin¹, Thibaut Larcher¹, Frédéric Jamme³, John Puentes^{2,†} & Karl Rouger^{1,†}

¹ Oniris, INRAE, PAnTher, 44300 Nantes, France

² IMT Atlantique, Lab-STICC, UMR CNRS 6285, Brest, F-29238, France

³ Synchrotron SOLEIL, BP48, L'Orme des Merisiers, F-91120 Gif-sur-Yvette, France

* laurence.dubreil@inrae.fr

Duchenne muscular dystrophy (DMD) is the most common form of muscular dystrophy, affecting 1 per 3,500–5,500 male newborns. This fatal genetic muscle disease is caused by mutations in the dystrophin gene, leading to a lack of a functional protein essential to maintain muscle fiber integrity. It is characterized by a progressive replacement of fibers by fibrotic and adipose tissues. Histological characterization of dystrophic muscle provides important information on disease pathophysiology, and is a key tool used to evaluate the effects of novel therapeutic strategies.

However, autofluorescence of bio-macromolecules as observed using Synchrotron deep ultraviolet (DUV) radiation may constitute an additional useful marker for ultrastructural characterization of different animal tissue and for monitoring muscle fiber typing and metabolic status [1].

In the present study, we investigated for the first time whether label-free tissue autofluorescence revealed by Synchrotron deep ultraviolet (DUV) radiation could serve as an additional tool for monitoring dystrophic muscle remodeling. Using Synchrotron DUV radiation with widefield microscopy and microspectroscopy, we analyzed skeletal muscle samples from healthy dogs and from two groups of Golden Retriever Muscular Dystrophy (GRMD) dogs: naïve and MuStem cell-transplanted animals, a recently identified therapeutic candidate for DMD [2]. Using machine learning approaches and multivariate statistical analysis, we demonstrated that muscle samples across groups exhibit differential autofluorescence emission intensity to distinguish them. We highlighted that collagen crosslinking and NADH display characteristic autofluorescence signature that can be used as biomarkers to evaluate the impact of MuStem cell transplantation.

References

[1] Jamme et al., *Biol. Cell* **105**, 277–288 (2013)

[2] Rouger K et al., *Am J Pathol.* **179**, 2501–2518 (2011)



MODELISATION DE MUSCLE SQUELETTIQUE IN VITRO EN 3 DIMENSIONS (3D)

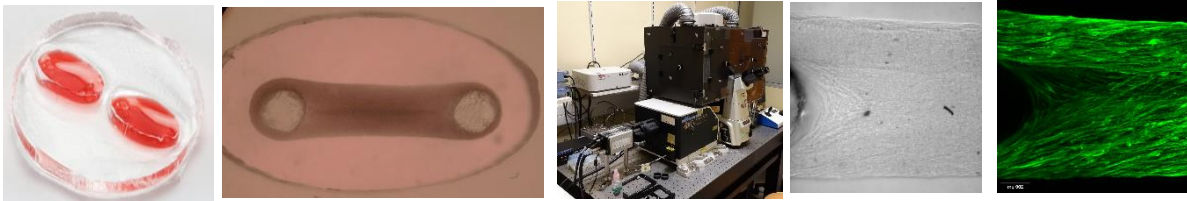
Barbara VERNUS^a, Elodie JUBLANC^{ab*}, Laurence PESSEMESE^a, Béatrice CHABI^a, Christelle RAMONATXO^a, Anne BONNIEU^a, Bénédicte GOUSTARD^a

^a UMR866 DMEM – INRAE-UM – 2 place Pierre Viala – 34070 Montpellier

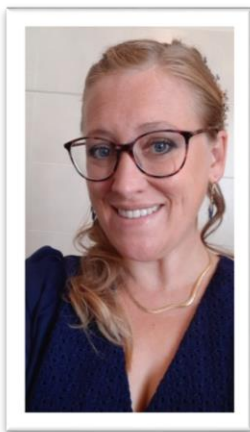
^b UAR Biocampus - Montpellier Ressources Imagerie (MRI)

* elodie.jublanc@inrae.fr

Ces dernières années, le développement de modèles cellulaires 3D mimant l'architecture et le fonctionnement d'un organe ou de tissu entier a pris une place croissante. Dans le cas du muscle squelettique, reproduire in vitro une telle structure est un véritable défi qui nous offre l'opportunité d'étudier les mécanismes de régulation de son métabolisme. Les cultures 3D constituent une bonne alternative aux expérimentations animales et permettent ainsi de répondre au principe des 3R (« remplacer, réduire, raffiner ») qui décrit les principes éthiques de la recherche avec des animaux.



Figures : mise en culture des muscles et prises d'images au spinning disk



Biographie. L'unité DMEM s'intéresse à la compréhension des mécanismes tissulaires, cellulaires et moléculaires qui permettent aux muscles squelettiques de se développer correctement et de s'adapter à leur environnement. Notre hypothèse est que des anomalies dans l'adaptation des tissus musculaires aux changements de l'environnement (régimes, niveau d'activité physique) peuvent moduler l'homéostasie du corps et, plus largement, l'état de santé.

Elodie Jublanc travaille en tant qu'ingénieur au sein de l'unité DMEM en tant que responsable imagerie et est impliquée dans les projets de recherche, ainsi que dans la plateforme MRI sur un plateau de microscopie optique.

MRI est une plateforme Technologique multi-sites de l'UAR Biocampus, certifiée ISO9001-2015 et NFX50-900, membre de FBI et labellisée IBISA. MRI propose des équipements et de l'expertise en microscopie photonique, électronique, criblage, μtomographie RX, cytométrie et analyse d'images.

<https://www.mri.cnrs.fr/fr/>

<https://dmem.montpellier.hub.inrae.fr/>

ETUDE MICROMECHANIQUE ET MICROSTRUCTURALE AU SEIN DE L'ALBUMEN AMYLACE DU GRAIN DE BLE PAR AFM

Michel Ramonda^a, Olivier Arnould^b, Matthieu George^c, Jean-Yves Delenne^d, Valérie Lullien-Pellerin^{d*}

^aCTM-LMCP, U. Montpellier, Montpellier, France

^bLMGC, U. Montpellier, CNRS, Montpellier, France

^cL2C, U. Montpellier, CNRS, Montpellier, France

^dIATE, U. Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

* valerie.lullien-pellerin@inrae.fr

Le fractionnement du grain de blé, qui permet la séparation de l'albumen amylicé (au cœur) de ses parties périphériques pour produire de la farine, dépend de ses propriétés mécaniques. On distingue, chez le blé tendre, des blés dits « soft », dont l'albumen est friable, et « hard » plus résistant. Ils diffèrent par la présence de gènes codant deux protéines spécifiques, les Puroindolines (PINs) A et B, qui sont de forme sauvage (cas des soft) ou mutés (cas des hard). Ces protéines sont impliquées dans les interactions entre les constituants majeurs du grain (amidon et protéines de réserve qui entourent les granules, capables de former un réseau aux propriétés uniques appelé gluten). Nous avons pu disposer de lignées quasi-isogéniques pour la dureté qui ne diffèrent que par la présence de ces gènes sauvages ou mutées, alors que le fond génétique est identique, et montré que ces seuls gènes affectent les caractéristiques physiques et le comportement au broyage des grains [1,2].

Nous avons pu caractériser *in situ* les propriétés mécaniques respectives de l'amidon et du gluten et montré leurs différences, contrairement à ce qui est établi dans la littérature, grâce au développement d'une méthode originale où la pointe d'un Microscope à Force Atomique (AFM) est utilisée pour abraser la surface de l'échantillon à analyser [3]. Nous avons également mis en évidence des différences d'interfaces entre les polymères en fonction de la dureté du grain [4].

Enfin, nous avons utilisé la méthode de caractérisation mécanique par AFM par résonance de contact (CR-AFM) pour mesurer le module d'indentation (élastique) au sein de granules d'amidon (échelle de la centaine de nanomètres), moyennant une correction originale prenant en compte la topographie locale [5]. Cette méthode a été utilisée sur des sections de grains (céréales) et graines (légumineuses) de différentes origines botaniques pour comparer les propriétés de leurs amidons.

References

- [1] Oury F.-X., Lasme P., Michelet C., Rousset M., Abecassis J., Lullien-Pellerin V. (2015). *Theoretical and Applied Genetics*, 128 (5), 913-929
- [2] Oury F.-X., Lasme P., Michelet C., Dubat A., Gardet O., Heumez E., Rolland B., Rousset M., Abecassis J., Bar l'Helgouac'h C., Lullien-Pellerin V. (2017). *Theoretical and Applied Genetics*, 130 (5), 929-950
- [3] Chichti E., George M., Delenne J.-Y., Radjai F., Lullien-Pellerin V. (2013). *European Polymer Journal*, 49 (12), 3788-3795
- [4] Chichti E., George M., Delenne J.-Y., Lullien-Pellerin V. (2015). *Plant Science*, 239, 1-8
- [5] Heinze K., Arnould O., Delenne J.-Y., Lullien-Pellerin V., Ramonda M., George M. (2018) *Ultramicroscopy* 194, 76-88

Biographie. Biochimiste et Biologiste moléculaire de formation, je m'intéresse depuis mon entrée à l'INRAE aux relations entre la structure et la composition biochimique des grains de céréales et la qualité des produits issus, notamment après leur fractionnement. Grâce à deux étudiantes en thèses (E. Chichti et K. Heinze), un matériel génétique original, nos acquis sur la structure et la composition du grain et une collaboration locale avec des spécialistes de l'AFM, j'ai pu revisiter les mesures mécaniques des polymères majeurs du grain en développant de nouvelles méthodes d'acquisition et montré l'intérêt de corriger les mesures en prenant en compte la topographie locale.



CUTICLE ARCHITECTURE AND MECHANICAL PROPERTIES: A FUNCTIONAL RELATIONSHIP DELINEATED THROUGH CORRELATED MULTIMODAL IMAGING

Nicolas Reynoud¹, Nathalie Geneix¹, Angéline D'Orlando^{1,2}, Johann Petit³, Jeremie Mathurin⁴, Ariane Deniset-Besseau⁴, Didier Marion¹, Christophe Rothan³, Marc Lahaye¹, Bénédicte Bakan¹.

¹ INRAE, Unite Biopolymeres, Interactions, Assemblages, BP71627, 44316 Nantes Cedex3, France;

² INRAE PROBE Research Infrastructure, BIBS Facility, F-44300 Nantes, France;

³ INRAE, Univ. Bordeaux, UMR BFP, F-33140, Villenave d'Ornon, France;

⁴ Institut de Chimie Physique, UMR8000, Universite Paris-Saclay, CNRS, 91405 Orsay, France

* angelina.dorlando@inrae.fr

Cuticles are multifunctional hydrophobic biocomposites protecting the aerial organs of plants, and made of a complex supramolecular assembly of monomeric and polymeric lipids, polysaccharides, and phenolics. **During plant development, plant cuticles must accommodate different mechanical constraints combining extensibility and stiffness, and the corresponding relationships with their architecture are unknown.** Recent data showed a fine-tuning of cuticle architecture during fruit development, with several chemical clusters which raise the question of how they impact the mechanical properties of cuticles.

The aim of this study was to investigate the **in-depth nanomechanical properties** of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit cuticle by atomic force microscopy (AFM) from early development to ripening, **in relation to chemical and structural heterogeneities** (Raman and Optical PhotoThermal InfraRed (OPTIR) spectroscopies) **by developing a correlative multimodal imaging approach.** Unprecedented sharps in-depth heterogeneities of the mechanical properties were evidenced within the tomato cuticle throughout the plant development. Furthermore, these local mechanical areas are correlated to chemical gradients. This study shed light on fine-tuning of mechanical properties of cuticles through the modulation of their architecture, providing new insight for our understanding of structure–function relationships of plant cuticles and for the design of bioinspired material.

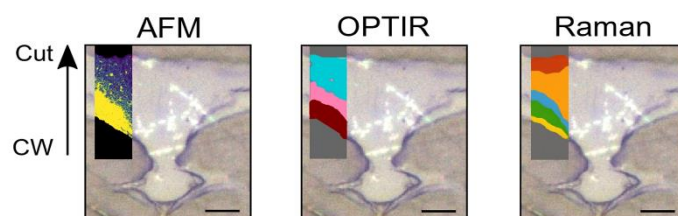


Figure 1 : Illustrations of sampling zone in cross-section of tomato cuticle at 25 d postanthesis (DPA) for atomic force microscopy maps (left), Optical PhotoThermal InfraRed (OPTIR) (middle) and Raman (right).

References

[1] Philippe, G., N. Geneix, J. Petit, F. Guillon, C. Sandt, C. Rothan, M. Lahaye, D. Marion and B. Bakan (2020) *new phytologist* 226(3): 809-822.

[2] Reynoud, N., N. Geneix, J. Petit, A. D'Orlando, M. Fanuel, D. Marion, C. Rothan, M. Lahaye and B. Bakan (2022). *Plant Physiology* 190(3): 1821-1840.



Biographie. Angéline D'ORLANDO est Ingénieur de recherche en microscopies corrélatives multimodales sur la plateforme BIBS de l'unité BIA INRAE Nantes. Elle est notamment responsable du couplage AFM/Raman, et met en œuvre des microscopies disponibles au sein de la composante pour la caractérisation structurale, chimique et l'imagerie de polymères, d'agroressources naturelles et de matériaux biosourcés (AFM, MET, ESEM, MCBL Fluo, Raman).

LISTE DES PARTICIPANTS

Alcon Carine

UMR IPSIM
2 place Pierre Viala - Bat 7
34060 Montpellier

Alvarado Camille

UR BIA - PVPP/BIBS
3 Impasse Yvette Cauchois - Site de la
Géraudière
44316 Nantes

Amenc Laurie

UMR Eco&Sols
2 place Pierre viala - Bat 12
34060 Montpellier

Amendola Julien

LORDIL
6 Rue de l'Église,
54690 Lay-Saint-Christophe

Auriac Marie-Christine

LIPME
24 chemin de Borde-Rouge
31320 Auzeville

Barron Cécile

UMR IATE
2 place Pierre Viala - Bat 31
34060 Montpellier

Basile-Doelsch Isabelle

CEREGE
Technopole Environnement Arbois
Méditerranée
13545 Aix en Provence

Batard Sandrine

Nikon France
191 rue du marché rollay
94350 Champigny-sur-Marne

Belaud Emma

UMR Eco&Sols
2 place Pierre viala - Bat 12
34060 Montpellier

Belcram Katia

Institut Jean-Pierre Bourgin
Route de Saint-Cyr
78026 Versailles

Benmeradi Selma

Delta Microscopies
22 Bis Route de Saint Ybars
31190 Mauressac

Benoit Pierre

UMR ECOSYS, Ecologie fonctionnelle et
écotoxicologie des agroécosystèmes
22 place de l'Agronomie - Batiment ARS (F)
91120 Palaiseau

Bertaux Karen

IPSIM
2 place Pierre Viala - Bat 7
34000 Montpellier

Bornard Isabelle

Unité Pathologie Végétale - Plateau de
microscopie 3A
Domaine saint Maurice - 67 allée des chênes
84143 Montfavet cedex

Bouillet Julien

Keyence
54 rue Macrel Dassault, Everest Parc
69740 Genas

Boulard Elsa

Cirad
Bâtiment 1, 389 Av. Agropolis
34980 Montferrier-sur-Lez

Bourel Benjamin

LIRMM
161 rue Ada
34095 Cedex 5 Montpellier

Bourgade Véronique

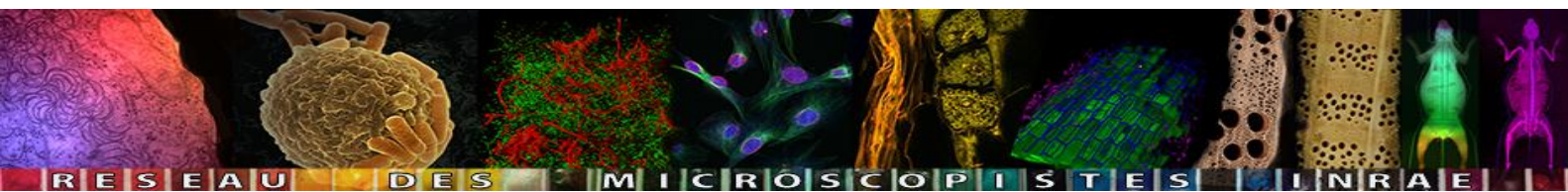
Direction de la culture scientifique et du
patrimoine historique
163 rue A. Broussonnet
34095 Montpellier

Bourlieu-Lacanal Claire

UMR IATE
2 place Pierre Viala - Bat 31
34060 Montpellier

Cayrol Bastien

PHIM
Campus International de Baillarguet TA A-
54/K





34398 Montpellier Cedex 5

CHABI Béatrice

UMR Dynamique du Muscle et Métabolisme
2 place Pierre Viala - Bat 22
34060 Montpellier Cedex 1

Chaurand Perrine

CEREGE
Technopole Environnement Arbois
Méditerranée
13545 Aix en Provence

Chirol Clémentine

ECOSYS
22 rue de l'Agronomie
91120 Palaiseau

Conejero Geneviève

UMR IPSIM
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier

Coriton Olivier

UMR IGEPP
Domaine de la Motte
35653 Le Rheu

Cottenot Lionel

UR Info&Sols
2163, avenue de la pomme de pin, CS 40001
Ardon
45075 Orléans Cedex 2

Daudin Gabrielle

UMR Eco&Sols
2 place Pierre viala - Bat 12
34060 Montpellier

De Lamotte Frédéric

Institut Français de Bioinformatique
Avenue Agropolis
34000 Montpellier

Dejean Matthieu

UMR AGAP, Plateform PHIV
Avenue Agropolis 34398 Montpellier Cedex
5 France
34398 Montpellier Cedex 5

Devaux Marie-Françoise

UR BIA
3 Impasse Yvette Cauchois - Site de la
Géraudière
44316 Nantes

D'Orlando Angéline

UR BIA - Plateforme BIBS
3 Impasse Yvette Cauchois - Site de la
Géraudière
44316 Nantes

Dubreil Laurence

UMR703 PAnTher
Oniris site de la chantrerie route de gachet
44307 Nantes

El Kholy Fathi

MILEXIA FRANCE SAS
Espace Technologique de Saint-Aubin,
Bâtiment Mercury II
91190 Saint Aubin

Fabre Roxanne

Zeiss
15 av. Edouard Belin
92500 Rueil-Malmaison

Falco Amandine

PhyMedExp
371 avenue doyen gaston giraud
34295 Montpellier

Fenou Lise

PEPCO
208 rue des apothicaires
34298 Montpellier

Ferrero Laetitia

UMR IATE
2 place Pierre Viala - Bat 31
34060 Montpellier

François Marie-Christine

IEES Paris
Bat 1 Route de Saint-Cyr
78026 Versailles

Frétaud Maxence

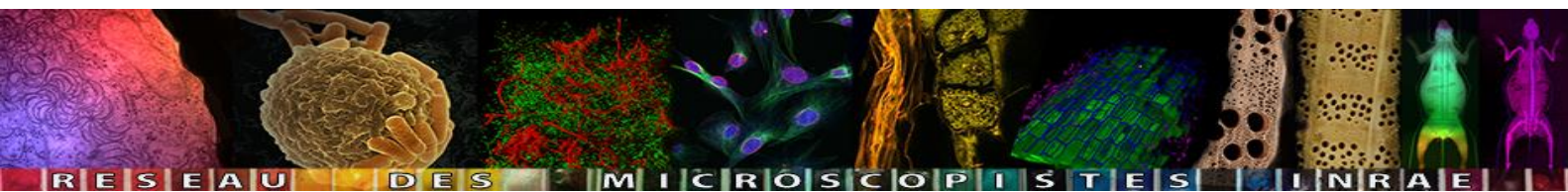
VIM
Domaine de Vilvert
78352 Jouy-en-Josas

Garnier Patricia

Ecosys
1 pace de l'Agronomie
91120 Palaiseau

Gaucel Sébastien

UMR IATE
2 place Pierre Viala - Bat 31
34060 Montpellier





Gauron Carole
UMR DIADE
911 av Agropolis
34000 Montpellier

Gay Guillaume
LIRMM, FBI
161 rue Ada
34095 Cedex 5 Montpellier

Gilleron Frédéric
LFG DISTRIBUTION
64 bis chemin des Bruyères
69280 Sainte Consorce

Gilleron Laetitia
LFG Distribution
64 Bis chemin des Bruyères
69280 Sainte Consorce

Grandjean Pascal
MILEXIA FRANCE SAS
Espace Technologique de Saint-Aubin,
Bâtiment Mercury II
91190 Saint Aubin

Guillon Fabienne
UR BIA
3 Impasse Yvette Cauchois - Site de la
Géraudière
44316 Nantes

Gully Djamel
PHIM
Campus de Baillarguet
34398 Montpellier

Heintz Dimitri
Institut de Biologie Moléculaire des Plantes
12 rue du Général Zimmer
67083 Strasbourg

Hervouet Catherine
UMR AGAP / équipe SEG
Avenue Agropolis TA A108/03
34398 Montpellier

Hurel Aurélie
Institut Jean Pierre Bourgin, Plateforme de
cytologie et d'Imagerie
Route de St Cyr
78000 Versailles

Huteau Virginie
UMR IGEPP Plateforme de cytogénétique
moléculaire
Domaine de la Motte

35653 Le Rheu

Janot Noémie
ISPA
71 avenue Edouard Bourlaux
33882 Villenave d'Ornon

Jublanc Elodie
DMEM
2 place Pierre Viala - Bat 22
34060 Montpellier

Kossayer Ghenwa
Hamamatsu Photonics France
19 rue du Saule Trapu
91300 Massy

Krasteva Donika
Laboratoire de Parasitologie et Mycologie
Médicale
15 avenue Charles Flahault
34093 Montpellier Cedex 5 Montpellier

Lacoste Marine
Info&Sols
Centre de Recherche Val de Loire - 2163
avenue de la pomme de Pin - CS 40001
Ardon
45075 Orléans Cedex 2

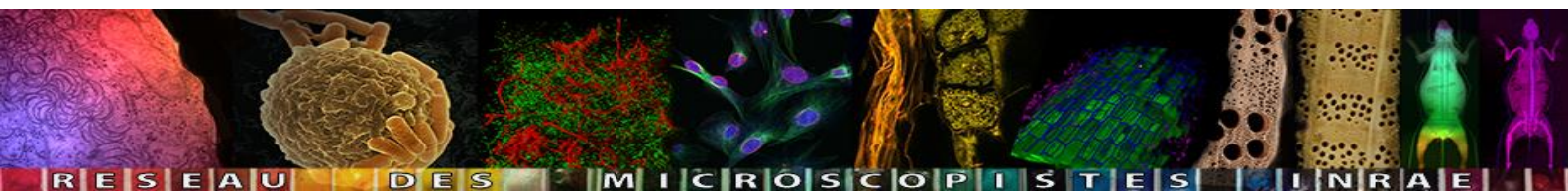
Lai Kee Him Josephine
Centre de Biologie Structurale
29 rue de Navacelles
34090 Montpellier

Lasson Philippe
SYNERGIE4
10 Rue du Bois Chaland
91090 Lisses

Legland David
UR BIA
3 Impasse Yvette Cauchois - Site de la
Géraudière
44316 Nantes

Loup Caroline
Direction de la culture scientifique et du
patrimoine historique
163 rue A. Broussonnet
34095 Montpellier

Lullien-Pellerin Valérie
UMR IATE
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier





Martinez Yves

FRAIB
24 chemin de Borde-Rouge
31320 Auzeville

Masson Arthur

SAIRPICO
Campus de Beaulieu, 263 Av. Général Lecler
35042 Rennes

Méchin Valérie

Institut Jean-Pierre Bourgin
Route de Saint-Cyr
78000 Versailles

Meylheuc Thierry

UMR 408 SQPOV, SPORALIM
228, chemin de l'Aérodrome - CS 40 509
84914 Cedex 09 Avignon

Navarro Mylène

Nikon France
191 rue du marché rollay
94350 Champigny-sur-Marne

Ollagnon Marie-Emmanuelle

UMR IATE
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier

Paës Gabriel

FARE
2 esplanade Roland Garros
51100 Reims

Pamukcu Sarah

BionomeeX
397 Rue de las Sorbes
34000 montpellier

Pelosi Céline

UMR1114 EMMAH
228 route de l'Aérodrome CS 40 509
84914 Avignon Cedex 9

Pepey Elodie

UMR ISEM
73 Rue Jean-François Breton
34398 Montpellier cedex 5

Pessemesse Laurence

UMR DMEM
2 place Pierre Viala - Bat 22
34060 Montpellier

Peyron Stéphane

UMR IATE
2 Place Viala

34060 Montpellier

Pinail Marie-Angeline

Service du patrimoine historique de l'UM
163 rue Auguste Broussonnet
34090 Montpellier

Pot Valerie

ECOSYS
22 place de l'Agronomie
91120 Palaiseau

Putois Aurélie

UMR IATE
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier

Ratovo Hajasoa Maria

Hamamatsu Photonics France
19 rue du Saule Trapu
91300 Massy

Rbii Khalid

France Scientifique
94 Avenue du Progrès | Parc Spirit - Bât. C
69680 Chassieu

Recoules Cynthia

UMR Toxalim
180 chemin de Tournefeuille
31027 Toulouse

Rivard Camille

TRANSFORM - Synchrotron SOLEIL
L'Orme des Merisier
91192 Gif-sur-Yvette Cedex

Robert Mélina

INRAE-UMR IATE
2 place Pierre Viala
34060 France

Ruiz Demoulin Salomé

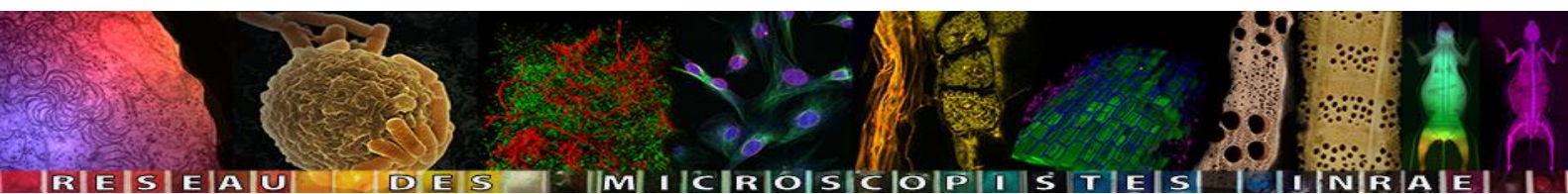
PhyMedExp
371 avenue doyen gaston giraud
34295 Montpellier

Segond Diego

UMR SPO
2 place Pierre Viala - Bat 28
34060 France

Seguret Evelyne

UMR Eco&Sols
2 place Pierre viala - Bat 12
34060 Montpellier





Souai Samia

Delta Microscopies.com
22 Bis Route de Saint Ybars
31190 Mauressac

Souzy Mathieu

RECOVER
3275 Route de Cézanne
13100 Tholonet

Talignani Céline

IRCM
208 avenue des apothicaires
34298 Montpellier

Tournier Géraldine

UMR IATE
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier

Vedere Charlotte

IEES
4 place Jussieu
75005 Paris

Verdeil Jean-Luc

UMR AGAP, Plateform PHIV
Avenue Agropolis 34398 Montpellier Cedex
5 France
34398 Montpellier Cedex 5

Verdin-Diakou Vicky

Plateforme MRI-Biocampus Montpellier
141 rue de la Cardonille
34094 Montpellier

Vernerey Marie-Stéphanie

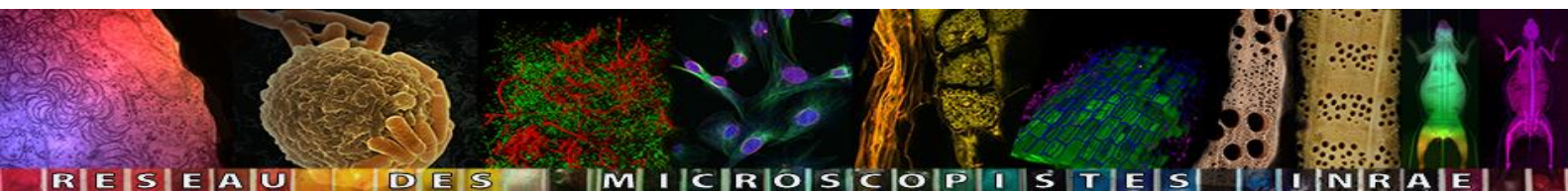
PHIM
Campus International de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5

Vernus Barbara

UMR DMEM
2 place Pierre Viala - Bat 22
34060 Montpellier

Watteau Françoise

Laboratoire Sols et Environnement,
Université de Lorraine, UMR INRAE 1120
2 avenue de la forêt de Haye, BP 20163
54505 Vandoeuvre-lès-Nancy

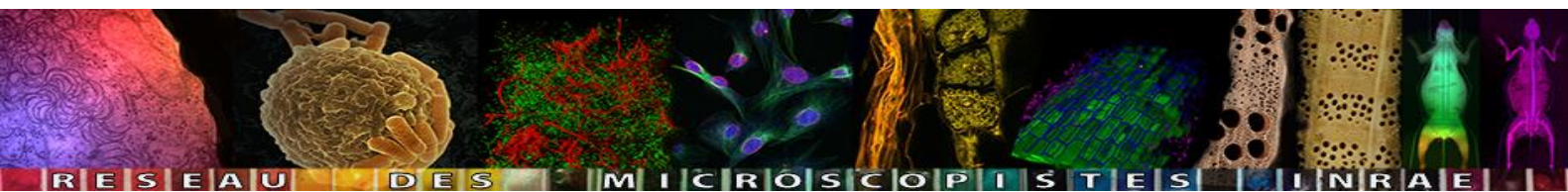


Comité de pilotage

Isabelle Bornard (UR Pathologie Végétale, Avignon)
Katia Belcram (IJPB, Versailles)
Thierry Meylheuc (UMR SQPOV, Avignon)
Camille Rivard (Soleil, Gif sur Yvette)
Angelina D'Orlando (UR BIA, Nantes)
Laurence Dubreil (UMR PANTher, Nantes)
Geneviève Conejero (IPSIM, Montpellier)
Maxence Frétaud (UMR VIM, Jouy en Josas)

Comité d'organisation local

Carine Alcon (IPSIM)
Laurie Amenc (UMR Eco&Sols)
Cécile Barron (UMR IATE)
Geneviève Conejero (IPSIM)
Matthieu Dejean (UMR AGAP)
Elodie Jublanc (UMR DMEM)
Lisbeth Michel (INRAE-DSI)
Marie Ollagnon (UMR IATE)
Elodie Pepey (UMR ISEM)
Aurélie Putois (UMR IATE)
Diego Segond (UMR SPO)
Géraldine Tournier (UMR IATE)
Marie-Stéphanie Vernerey (PHIM)



Sponsors



> Pôle FTLV
se former tout au long de la vie

