



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur
l'unité :

Caractérisation du Tissu Osseux par Imagerie :

techniques et Applications

sous tutelle des

établissements et organismes :

Université d'Orléans

INSERM

Février 2011



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :

Caractérisation du Tissu Osseux par Imagerie :
techniques et Applications
sous tutelle des
établissements et organismes :

Université d'Orléans

INSERM

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Février 2011



Unité

Nom de l'unité : Imagerie Multimodale Multiéchelle et Modélisation du Tissu Osseux

Label demandé : UMR_S INSERM

N° si renouvellement :

Nom du directeur : M. Claude-Laurent BENHAMOU (passé), M. Eric LESPESSAILLES (futur)

Membres du comité d'experts

Président :

M. Pascal LAUGIER, Université Pierre et Marie Curie, Paris

Experts :

M. Jacques FELBLINGER, Université Henri Poincaré, Nancy

M. Cyril LAFON, INSERM, Lyon

M. Thierry THOMAS, Université Saint Etienne, Saint Etienne, représentant du CNU

M. Georges WERYHA, Université Henri Poincaré, Nancy

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Bernard DASTUGUE Clermont Ferrand

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

Mme Anne LAVIGNE, Université d'Orléans

M. Bruno VARET, Université Paris Descartes

M. Jean-Robert CHEVALLIER, CHR Orléans

Mme Chantal LASSERRE, INSERM



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite a eu lieu le 10 février 2011 de 8h30 à 16h30 dans les locaux de l'Unité situés Hôpital Porte Madeleine à Orléans. La matinée fut consacrée à l'audition du responsable actuel de l'unité, du porteur de projet et des responsables des axes thématiques figurant au projet. Le comité a ensuite auditionné les doctorants et post doctorants, les ingénieurs, techniciens et administratifs et les chercheurs et enseignants chercheurs en poste. La matinée s'est poursuivie par un entretien avec le porteur du projet et s'est terminée sur l'entretien avec les représentants des tutelles. L'après midi fut consacrée à une synthèse à huis clos des auditions et d'une pré-rédaction du rapport de synthèse.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Les défis auxquels s'est attelée l'Unité sont de développer, valider et transférer vers la clinique de nouveaux outils d'analyse d'image pour améliorer la compréhension et l'évaluation de la qualité osseuse dans un contexte physiopathologique et clinique. Cette activité est clairement identifiée au sein de l'Université d'Orléans et bénéficie d'une insertion loco-régionale très solide, en particulier avec le CHR, mais également avec les autres composantes scientifiques de l'Université. Elle s'insère aussi parfaitement pour ce qui est de l'INSERM dans l'ITMO «Institut des Technologies de la Santé». Elle est favorisée, de plus, par les liens qui l'unissent à la société D3A Medical systems (dont le siège social est à Orléans) qui a développé un appareil de radiologie numérique en collaboration avec les chercheurs de l'unité. Le nouveau projet d'unité est l'héritier direct de celui porté par l'actuel directeur depuis deux mandats. C'est dans ce contexte que se situent les objectifs scientifiques que la nouvelle unité se propose d'étudier et qui sont, 1) l'architecture osseuse, 2) l'imagerie cellulaire et la caractérisation de l'ostéocyte et 3) la modélisation. Ce programme est entrepris dans le but d'améliorer le service médical rendu pour les patients atteints par des pathologies osseuses et ostéo-articulaires telles que l'ostéoporose, la polyarthrite rhumatoïde ou l'arthrose.

- Equipe de Direction :

M. Eric LESPESSAILLES est le directeur pressenti pour cette unité.



- Effectifs de l'unité : (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	4	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	6	10
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1.9 Equiv TP	1.9 Equiv TP
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	2	4
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	9

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

L'unité, dirigée depuis deux mandats par Claude-Laurent BENHAMOU, est à un moment charnière de son existence. L'actuel directeur a su insuffler à ses collaborateurs une vision novatrice interdisciplinaire dans le domaine de l'imagerie et de la qualité osseuse et donner à cette unité une bonne insertion dans les tissus hospitalier et universitaire locaux et une visibilité nationale. Il lui faut maintenant trouver son second souffle. Le départ de Claude-Laurent BENHAMOU est l'occasion pour Eric LESPESSAILLES de reprendre le flambeau autour d'un projet profondément restructuré dont le périmètre augmente de manière très significative. Les objectifs sont pertinents du point de vue scientifique, mais le projet apparaît trop ambitieux et parfois mal structuré au plan organisationnel et de l'adéquation objectifs/moyens. Le resserrement des thématiques de recherche devrait être recherché pour favoriser une cohérence globale accrue et viser à terme le leadership sur un petit nombre d'axes.

- Points forts et opportunités :

Il s'agit d'une équipe bien insérée dans le tissu scientifique non seulement loco-régional mais aussi national, qui a su développer une stratégie scientifique lui permettant de se rapprocher des autres composantes scientifiques et de développer des actions transversales.

L'accès aux cohortes de patients, à un plateau technique performant, aux grands instruments (SOLEIL) et le soutien méthodologique de multiples partenaires sont de véritables opportunités pour développer un programme original, apte à déboucher sur des propositions en termes de prise en charge des patients.

Il existe une bonne synergie et une bonne communauté de thèmes scientifiques entre les sites d'Orléans et de Paris.

Le nouveau porteur de projet apparaît consensuel.



- Points à améliorer et risques :

Visibilité internationale et leadership : ce sont des points à améliorer, notamment en cherchant à obtenir des financements de type ANR en propre, en développant des actions de collaborations sur le plan international, en valorisant plus systématiquement les recherches par des publications de haut niveau.

Politique de recrutement : l'Unité souffre d'un déficit de chercheurs permanents. Au moins un recrutement d'un chercheur paraît indispensable et d'un ingénieur pour la gestion des images acquises sur les deux sites. D'une manière globale pour l'unité un renforcement du recrutement de jeunes chercheurs ou de chercheurs senior étrangers semble très souhaitable.

Le nombre et la dispersion des thèmes scientifiques : le risque de l'éparpillement des thèmes de recherche rendant difficile des contributions scientifiques de très haut niveau du fait des moyens, en particulier humains, limités est présent. Il est apparu au comité que l'unité devrait prêter une attention particulière à cette question.

- Recommandations:

Le comité recommande fortement le recentrage du programme scientifique sur les compétences présentes en interne au sein de l'unité et sur un nombre plus limité de thèmes tout en maintenant les liens établis avec des équipes partenaires apportant des compétences dans le domaine de l'image ou de la modélisation.

L'amélioration de la qualité des publications, l'accès à des sources de financement Européens et le recrutement de doctorants et post-doctorants étrangers du meilleur niveau devraient permettre d'amorcer la pompe vers de futurs recrutements par les EPST et vers l'amélioration de la visibilité de l'équipe sur le plan international.

- Données de production :

(cf. http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Enspts-Chercheurs.pdf)

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	7
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	10.9
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	100%
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	1
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	7



3 • Appréciations détaillées :

Rappelons qu'il s'agit à la fois d'évaluer le bilan de l'Unité 658 (Directeur Claude-Laurent BENHAMOU) et la création d'une Unité après une profonde restructuration (Directeur proposé Eric LESPESSAILLES) pour la période 2012-2016.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Le questionnement scientifique est pertinent au vu des applications vers lesquelles cette recherche peut mener dans le domaine de la santé.

Certains aspects du programme de recherche, comme l'analyse de texture d'images radiologiques de l'os, restent peu développés en France comme à l'international et semblent en perte de vitesse. L'Unité a toujours su tirer partie des compétences en modélisation présentes dans le contexte régional ou national, ce qui aurait pu représenter une excellente opportunité pour l'équipe de trouver un positionnement original et une bonne visibilité internationale. Toutefois, l'essor de cet aspect semble limité par le peu d'intérêt suscité dans la communauté internationale. Un second souffle est recherché en s'intéressant à des pathologies ostéo-articulaires comme la polyarthrite rhumatoïde ou l'arthrose.

D'autres aspects du programme (imagerie de l'ostéocyte), également peu développés, présentent un caractère novateur certain, en particulier en lien avec les expérimentations au synchrotron SOLEIL.

La productivité est bonne en termes quantitatifs : un peu plus d'une soixantaine de publications dans des revues internationales à comité de lecture depuis 2006, dont 45 environ sont co-signées en premier ou dernier auteur par des membres de l'unité. En ce qui concerne les thèmes de recherche propres de l'unité, les publications sont pour la plupart dans de bonnes revues de spécialité (*Osteoarthritis and Cartilage*, *Calcif Tissue Int*, *J Bone Miner Metab*, *Phys Med Biol*, *Med Phys*), et un petit nombre d'entre elles seulement dans les meilleures revues de spécialité (*Radiology*, *J Bone Miner Res*, *Osteoporos Int*, *Bone*). Il en résulte une visibilité relativement limitée des travaux de l'équipe au plan international.

Le nombre de doctorants et de thèses soutenues pendant le quadriennal (7) est cohérent avec le nombre d'HDR (1) dans l'unité, mais devra être augmenté, pour suivre l'augmentation du nombre d'HDR (9) dans le nouvel organigramme. L'équipe n'a pas encore atteint la taille critique lui permettant de jouer un rôle de leadership. Elle se trouve de surcroît fragilisée par le départ du seul chercheur temps plein et par le départ prévisible de l'actuel directeur de l'unité (atteint par la limite d'âge) dont le dynamisme et le rôle fédérateur a été capital.

L'équipe a bénéficié pour ses projets au cours du quadriennal d'un fort soutien de la Région Centre et du PHRC et d'une participation à plusieurs projets ANR. La capacité à trouver des financements est avérée du côté de l'industrie pharmaceutique. La capacité à trouver des financements en propre du type ANR ou Européen apparaît encore limitée et reste un point à améliorer, ce qui lui permettrait notamment d'attirer des doctorants.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

L'unité a démontré sa capacité et son dynamisme pour attirer des post-doctorants et de jeunes maîtres de conférences. En revanche, l'unité devra tenter de corriger, par une politique volontaire, le faible recrutement extérieur de chercheurs EPST sur la durée de deux mandats (un unique CR1 INSERM recruté a changé d'affectation en cours de mandat).

L'autonomie financière est l'un des points forts de l'unité. Elle est leader de PHRC régionaux et de financements de la région, participe à des programmes ANR nationaux, et bénéficie de plusieurs financements industriels. La participation à des programmes internationaux (européens par exemple) est encouragée pour l'avenir.

La bonne intégration dans le paysage régional et national et les liens tissés avec d'autres équipes INSERM, CNRS ou universitaires au cours du quadriennal sont à souligner et témoignent d'une bonne stratégie scientifique et de la capacité à faire émerger de nouvelles thématiques. L'interaction avec des groupes de recherche complémentaires (biomécanique, imagerie, physique ou mathématique), autre point fort de l'Unité, est même assez remarquable et doit être soulignée.



Comme par le passé, l'unité est restée vigilante à la valorisation de ses recherches avec la protection de logiciels.

En revanche le rayonnement (sous forme d'invitations, prix, participation à des Editorial Board) reste limité. L'absence d'invitations dans les grands congrès nationaux ou internationaux marque un déficit de visibilité, tout particulièrement internationale.

- **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité:**

Le comité a apprécié l'excellent ancrage des activités du laboratoire au sein du CHR et de l'Université avec laquelle existe des relations étroites au travers d'équipes de recherches voisines. Le dynamisme des membres de l'unité et leur participation dans l'enseignement et les actions de structuration de la recherche en région est souligné avec en particulier la proposition d'un master STAPS adossé à l'unité. Les membres de l'équipe participent à des actions structurantes au niveau loco-régional ou national, sous forme, par exemple de collaborations scientifiques, de participations à des ANR et PHRC nationaux et d'organisation d'un séminaire annuel « Qualité Osseuse » avec l'aide des laboratoires Servier.

La mise en place d'un leadership participatif par le nouveau porteur de projet a été appréciée par le comité et devrait sensiblement améliorer la communication interne et la structuration de la gouvernance.

Le comité, tout en étant sensible au dynamisme et au souhait d'ouverture thématique manifestés par la Direction, s'est toutefois inquiété de l'ampleur d'un projet scientifique qui ne semble pas adapté aux contraintes de masse critique. Une analyse lucide des compétences et forces en présence au sein de l'unité devrait permettre de corriger le tir et de bâtir un projet de recherche plus cohérent.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

Le nouveau schéma proposé s'accompagne d'une profonde restructuration avec (i) le recrutement récent d'enseignants chercheurs sur le site d'Orléans (2 professeurs et 1 MCU en 2010), (ii) fusion de l'unité avec l'équipe de Christian ROUX de Cochin enrichie de plusieurs PU-PH ou praticiens (de Radiologie notamment) qui souhaitent se joindre au projet scientifique. Cette restructuration s'accompagne d'une augmentation notable du nombre d'HDR qui passe de 1 à 9. Notons toutefois l'absence de chercheurs statutaires dans la nouvelle structure.

Le nouveau projet scientifique, tout en restant dans la droite ligne de celui développé par l'Unité 658 au cours du quadriennal, propose une ouverture vers les pathologies articulaires (polyarthrite rhumatoïde et arthrose) ainsi que sur un plan plus fondamental vers l'exploration de l'ostéocyte et de son environnement par imagerie et spectroscopie haute résolution en collaboration avec des chercheurs opérant sur le synchrotron SOLEIL. Cette évolution dénote la capacité à renouveler les thématiques. Les questions posées restent pertinentes. Le projet, en revanche, est apparu trop ambitieux. Le comité a noté une trop grande dispersion des thèmes abordés (une quinzaine) au vu de la masse critique et des forces en présence (4 doctorants seulement, pas de chercheurs permanents EPST, peu de PU ou MCU sans activité clinique). Il a semblé qu'un recentrage du programme serait souhaitable autour d'un nombre limité de thèmes permettant à la future unité d'atteindre, sur ces thèmes, une masse critique et une visibilité de premier plan.

Le thème « architecture osseuse », visant à établir un index multiéchelle (macro- et microarchitecture, densité), paraît bien structuré avec un accès à des bases de données existantes, et paraît pouvoir bénéficier d'une bonne synergie avérée Paris-Orléans et du leadership incontestable du responsable de cet axe.

Le thème « imagerie de l'ostéocyte » est une opportunité intéressante et originale, en particulier l'interaction avec le synchrotron SOLEIL et l'accès à un grand équipement. En revanche, les questions scientifiques abordées, les objectifs recherchés et la structuration du projet sont apparus trop imprécis au comité.

Le troisième thème « modélisation » n'a pas convaincu par manque d'originalité et de structuration et l'absence de compétences suffisantes en interne pour développer cet axe et acquérir un rôle de leadership. Les aspects de modélisation (éléments finis personnalisés couplés à l'imagerie) sont dans le droit fil de ce qui se fait dans d'autres groupes spécialisés en biomécanique. Les aspects imagerie os interface-cartilage et développements méthodologiques associés pourraient être fusionnés avec le premier thème.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
CARACTÉRISATION DES TISSUS OSSEUX ET IMAGERIE (CTI)	A	B	B	B	B

C1 Qualité scientifique et production

C2 Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 Gouvernance et vie du laboratoire

C4 Stratégie et projet scientifique



Statistiques de notes globales par domaines scientifiques (État au 06/05/2011)

Sciences du Vivant et Environnement

Note globale	SVE1_LS1_LS2	SVE1_LS3	SVE1_LS4	SVE1_LS5	SVE1_LS6	SVE1_LS7	SVE2_LS3 *	SVE2_LS8 *	SVE2_LS9 *	Total
A+	7	3	1	4	7	6		2		30
A	27	1	13	20	21	26	2	12	23	145
B	6	1	6	2	8	23	3	3	6	58
C	1					4				5
Non noté	1									1
Total	42	5	20	26	36	59	5	17	29	239
A+	16,7%	60,0%	5,0%	15,4%	19,4%	10,2%		11,8%		12,6%
A	64,3%	20,0%	65,0%	76,9%	58,3%	44,1%	40,0%	70,6%	79,3%	60,7%
B	14,3%	20,0%	30,0%	7,7%	22,2%	39,0%	60,0%	17,6%	20,7%	24,3%
C	2,4%					6,8%				2,1%
Non noté	2,4%									0,4%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

* les résultats SVE2 ne sont pas définitifs au 06/05/2011.

Intitulés des domaines scientifiques

Sciences du Vivant et Environnement

- SVE1 Biologie, santé
 - SVE1_LS1 Biologie moléculaire, Biologie structurale, Biochimie
 - SVE1_LS2 Génétique, Génomique, Bioinformatique, Biologie des systèmes
 - SVE1_LS3 Biologie cellulaire, Biologie du développement animal
 - SVE1_LS4 Physiologie, Physiopathologie, Endocrinologie
 - SVE1_LS5 Neurosciences
 - SVE1_LS6 Immunologie, Infectiologie
 - SVE1_LS7 Recherche clinique, Santé publique
- SVE2 Ecologie, environnement
 - SVE2_LS8 Evolution, Ecologie, Biologie de l'environnement
 - SVE2_LS9 Sciences et technologies du vivant, Biotechnologie
 - SVE2_LS3 Biologie cellulaire, Biologie du développement végétal



LE PRESIDENT

Orléans, le 8 avril 2011

Référence à rappeler : DRED/MFC/n° 2011-322

Votre référence :

B2012-EV-0450855K-S2UR120001506-RT

Affaire suivie par : Marie-Françoise Combeau

☎ 02 38 41 71 97

📄 02 38 49 46 12

✉ direction.recherche@univ-orleans.fr

Monsieur Pierre Glorieux

Directeur de la section des unités de recherche
AERES

Objet : *commentaires sur le rapport d'évaluation du laboratoire CTI*

Monsieur le Directeur,

L'Université d'Orléans, ainsi que l'ensemble des personnels du laboratoire *Caractérisation du Tissu Osseux par Imagerie : techniques et Applications* et son équipe de direction, tiennent à remercier les membres du comité de visite pour le travail d'analyse approfondi du laboratoire, et apprécient le caractère constructif des remarques qui ont été formulées.

Suite aux recommandations du comité, le laboratoire projette de réduire ses axes de travail à deux au lieu de trois : l'Axe *Modélisation*, développé en grande partie dans le cadre de collaborations externes sera supprimé, et ne subsisteront que deux grands axes *Architecture* et *Imagerie de l'Ostéocyte*.

S'agissant de la visibilité internationale et du leadership, l'établissement est conscient des progrès à réaliser. La fusion avec l'équipe du Pr Christian Roux répond en partie à cet impératif, ce dernier ayant un profil de leadership international reconnu au plus haut niveau. Par ailleurs, le laboratoire s'est d'ores et déjà engagé dans la réponse à des appels à projets nationaux (ANR) et internationaux (réseau de recherche européen sur l'imagerie de l'ostéocyte, dans le cadre d'un programme COST).

S'agissant de l'absence de personnels Inserm au sein du laboratoire, les opportunités de recrutement s'appuieront sur la restructuration proposée de l'unité, notamment sur l'augmentation de sa masse critique et de sa visibilité. Plus généralement, l'unité a bénéficié de redéploiements de supports d'enseignants-chercheurs et a su réaliser des recrutements de premier plan, qui seront poursuivis avec l'arrivée de nouveaux PU-PH et personnels hospitalo-universitaires. Des contacts avancés existent avec des chercheurs étrangers (Cardiff, Royaume-Uni) ou des chercheurs français actuellement à l'étranger qui envisagent de rejoindre l'unité. Un dépôt de projet Equipe Avenir est prévu. Par ailleurs, le projet implique le recrutement d'un Ingénieur de Recherche pour la gestion des images acquises sur les deux sites.

Enfin, le comité suggère une reformulation du projet, en le limitant à deux axes et en précisant les questionnements scientifiques de l'axe *Imagerie de l'Ostéocyte*. L'équipe de direction de l'unité partage cette analyse, et souhaite d'ores et déjà apporter quelques précisions. Comme le souligne le rapport du comité, le développement de cet axe, en particulier l'interaction et l'accès à un Très Grand Instrument (Synchrotron Soleil), constituent une opportunité originale et innovante. Les questions scientifiques, les techniques utilisées et la structuration de cet axe de recherche seraient les suivantes :

- *Questionnements scientifiques :*
 - La morphologie du réseau lacuno-canaliculaire et des ostéocytes a-t-elle une relation avec la physiologie- physio-pathologie osseuse ? S'agit-il d'une relation de cause à effet ?
 - Quels sont les détails des relations entre le réseau ostéocytaire et les vaisseaux-microvaisseaux ?
 - Peut-on caractériser le contenu et l'environnement biochimique de l'ostéocyte ? En particulier les phénomènes de minéralisation et de résorption périostéocytaire ?

- *Techniques utilisées :*
 - microscopie optique classique, colorations histologiques
 - microscopie à épifluorescence (immunomarquages (CD 44 , caspase-3 clivée, phosphopaxilline, ostéocalcine, collagène type I...), colorations nucléaires spécifiques (DAPI, DRAQ5),
 - microscopie confocale (collaboration *Centre de Biophysique Moléculaire*, UPR CNRS),
 - microscopie électronique à transmission (Plateforme des Microscopies de Tours),
 - logiciel d'analyse d'images cellulaires CHOIC INSERM,
 - imagerie Synchrotron :
 - micro-spectroscopie Ultra-Violet : Synchrotron SOLEIL (ligne DISCO)
 - micro-spectroscopie Infra-Rouge : Synchrotron SOLEIL (ligne SMIS),
 - micro-spectroscopie X « tendres » : Synchrotron SOLEIL (ligne LUCIA),
 - lignes nano-tomographique X en devenir sur le Synchrotron SOLEIL,
 - imagerie à l'échelle micro : Synchrotron ESRF (collaboration).

- *Structuration : expérimentations prévues et/ou démarrées :*
 - Etude de la morphologie et de la physiologie cellulaire :
 - Objectif : caractériser les variations des paramètres morphologiques et physiologiques (apoptose, différenciation) ostéocytaires.
 - Etude sur séries animales (rat) :
 - effet de l'anticorps anti-sclérostine,
 - effet du Ranélate de Strontium,
 - effet de l'activité physique,
 - caractérisation de l'os sous-chondral de l'arthrose.
 - Relation avec les vaisseaux :
 - Objectif : caractérisation de la communication entre cellules endothéliales et le réseau canaliculaire et des échanges offerts par ces jonctions cellulaires.
 - Etude sur :
 - séries animales,
 - prélèvements humains,
 - cultures cellulaires.
 - Environnement biochimique (démarré) :
 - Objectif : décrire les processus de minéralisation et de résorption périostéocytaire.
 - Expérimentations sur les lignes de lumière du Synchrotron SOLEIL sur prélèvements animaux et/ou humains.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes meilleures salutations.



Yousoufi Touré