



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Bioingénierie, Tissus et Neuroplasticité

BIOTN

sous tutelle des

établissements et organismes :

Université Paris-Est Créteil Val de Marne - UPEC



Février 2014



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

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3 novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Christophe CORNU, président du comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).

# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.  
Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité : Bioingénierie, Tissus et Neuroplasticité

Acronyme de l'unité : BIOTN

Label demandé : Equipe d'Accueil (EA)

N° actuel : Création ex nihilo

Nom du directeur  
(2013-2014) :

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Pierre PORTERO

## Membres du comité d'experts

Président : M. Christophe CORNU, Université de Nantes

Experts : M<sup>me</sup> Sabine BENSAMOUN, Université de Technologie de Compiègne  
M<sup>me</sup> Florence LABESSE-JIED, Université Blaise Pascal Clermont 2  
(représentant du CNU)

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Gérard BREART

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

M. Jorge BOCZKOWSKI, Université Paris-Est Créteil

M. José COHEN (directeur adjoint de l'École Doctorale n° 402 « Science de la Vie et de la Santé »)

M. Georges GUELLAEN, Université Paris-Est Créteil

# 1 • Introduction

## Historique et localisation géographique de l'unité

Il s'agit d'une demande de création d'une équipe d'accueil ex-nihilo. Cette équipe sera localisée sur 2 sites : le site hospitalo-universitaire Henri Mondor de Créteil et celui de l'hôpital Rotchild (APHP).

## Équipe de direction

Directeur : M. Pierre PORTERO

Directeur Adjoint : M. Mustapha ZIDI

## Nomenclature AERES

SVE1 LS-7

## Effectifs de l'unité

La future unité de recherche sera composée de 9 membres, dont 4 HDR. L'équipe se répartit en 2 axes thématiques auxquels chacun des 9 membres est intégré à des degrés variables.

| Effectifs de l'unité                                                                      | Nombre au<br>30/06/2013 | Nombre au<br>01/01/2015 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                                |                         | 7                       |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                           |                         |                         |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)          |                         | 2                       |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                               |                         |                         |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC<br>(DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) |                         |                         |
| <b>N6</b> : Autres personnels contractuels<br>(n'ayant pas d'obligation de recherche)     |                         |                         |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>                                                                      |                         | 9                       |

| Effectifs de l'unité                                        | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Doctorants                                                  |                      |                      |
| Thèses soutenues                                            |                      |                      |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité * |                      |                      |
| Nombre d'HDR soutenues                                      |                      |                      |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées |                      | 4                    |

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le projet scientifique de l'équipe vise à étudier les adaptations tissulaires de l'appareil locomoteur induites par les pathologies neurologiques, neuromusculaires et locomotrices et leurs conséquences sur la motricité humaine. Les deux axes thématiques de recherche proposés "Bio-ingénierie des tissus mous" et "Posture, mouvement, Locomotion" apparaissent pour le premier comme relativement méthodologique c'est-à-dire le développement de méthode d'exploration, et au service du second axe, plus applicatif sur un certain nombre de pathologies. Ce projet d'équipe repose sur un travail important de structuration de la recherche dans le domaine de la physiologie/ biomécanique. Il s'appuie sur cinq enseignants-chercheurs ayant une activité de publication de bonne qualité et associe deux enseignants-chercheurs actuellement non publiants dans le cadre du retour à la recherche. Il s'agit d'un projet transversal pour lequel le soutien de l'UPEC est avéré. Enfin, ce projet d'équipe constitue un soutien indéniable aux formations.

### Points forts et possibilités liées au contexte

- Projet de recherche structurant au sein de l'UPEC ;
- Ancrage CHU ;
- Activité contractuelle ;
- Lien Enseignement / Recherche (adossement fort aux formations masters).

### Points faibles et risques liés au contexte

- Projet scientifique à mieux expliciter, particulièrement les interactions entre les deux axes de recherche proposés et les verrous scientifiques à lever ;
- Gouvernance de l'équipe à mieux préciser ;
- Masse critique.

## Recommandations

Il paraît utile de mieux préciser la structuration fonctionnelle de l'équipe (organigramme fonctionnel, modalité d'interaction entre la direction et le conseil de laboratoire, le rôle des responsables d'axe etc..) pour optimiser les interactions, la communication entre les membres de l'équipe et la dynamique collective au sein de l'équipe. La réflexion sur le projet de coopération, d'interactions entre les 2 axes et sur les verrous scientifiques à lever doit être poursuivie. La réflexion sur la stratégie d'affectation des moyens doit être mieux précisée.

### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'analyse des éléments fournis par les porteurs de projet montrent une hétérogénéité du niveau de publication entre les membres de la future équipe (5 enseignants-chercheurs publiants sur 7 membres). Néanmoins, la production scientifique des EC publiants est satisfaisante (55 pour 5 EC sur la période 2008/2013). Le niveau des publications est de bonne qualité dans les journaux du domaine (Clin. Biomech, Biomech Model Mechan, Clin Neurophysiol), attestant de la pertinence des axes de recherche proposés dans ce projet.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Des collaborations avec des laboratoires au niveau national sont engagées, des collaborations internationales sont en émergence. Les membres de la future équipe valorisent une activité d'expertise nationale et, à un degré moindre, internationale réelle. Ils ont participé à des conférences invitées nationales et internationales attestant d'un rayonnement scientifique avéré sur certaines des thématiques développées.

#### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'activité contractuelle (financements publics et privés) des EC de la future équipe est très bonne, témoignant d'une capacité de l'équipe à obtenir les moyens financiers lui permettant de développer son activité de recherche. Une difficulté pourrait néanmoins apparaître quant à la capacité de l'équipe, compte tenu de sa masse critique, à répondre à l'ensemble des contrats qui pourraient être obtenus. Les actions de diffusion de la connaissance, de vulgarisation vers le monde socio-culturel ne sont, dans l'état actuel du projet, que très peu développées.

#### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

La gouvernance de la future équipe tient compte des exigences de structuration affichée par la tutelle (statut, conseil de laboratoire) visant à favoriser et optimiser les interactions au sein de l'unité. Néanmoins il paraît utile d'engager une réflexion plus approfondie sur son organisation fonctionnelle : la gestion quotidienne de l'équipe par la direction (directeur, directeur adjoint) et la communication vers l'ensemble de l'équipe, les interactions entre la direction et le conseil de laboratoire (selon l'occurrence des réunions de ce conseil, ses missions et son rôle seront potentiellement différents), la fonction des responsables d'axe (animation d'axe, degré d'autonomie, modalités d'interactions avec la direction de l'équipe...). L'équipe doit s'emparer pleinement de ces dispositions pour organiser et favoriser la circulation de l'information au sein de l'unité ainsi que sa visibilité externe en mobilisant par exemple comme elle l'évoque au travers de l'affichage d'un webmaster, un site web dynamique de l'équipe.

#### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

La formation par la recherche constitue un point fort de la future équipe. En effet, les thématiques inscrites dans le projet d'équipe sont en parfaite adéquation avec les 2 masters (EBNS et Sciences chirurgicales). De plus, deux spécialités (ou parcours dans la nouvelle nomenclature des Masters) sont en demande de création. Il s'agit de « Motor » porté par M. GRACIES, « Bioingénierie pour la santé » porté par M. ZIDI. Trois thèses de doctorat sont en cours et l'inscription de deux nouveaux doctorants est prévue.

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet de l'équipe résulte d'un travail structurant important (souligné et encouragé par la tutelle) de la recherche sur la thématique développée par l'unité. Le projet interdisciplinaire proposé est ambitieux, ancré sur deux sites hospitaliers, intégrant 2 axes avec des visées essentiellement méthodologiques et applicatives, notamment dans le domaine médical. La complémentarité entre les deux axes du programme de recherche translationnelle proposé ainsi que ses verrous scientifiques mériteraient néanmoins d'être plus clairement explicités. De même, les modalités de transfert des modèles numériques développés pour des tissus vasculaires à l'étude du système musculo-tendineux nécessiteraient d'être précisées.

S'agissant d'un projet de création d'équipe, l'axe de développement prioritaire de l'unité consiste dans un premier temps à rendre opérationnel son fonctionnement, et à lui permettre de développer son activité de recherche dans le cadre d'une dynamique collective. Dans ce contexte, les deux enseignants-chercheurs en reprise d'activité de recherche doivent véritablement être associés à des projets de recherche visant à des publications internationales, et être encouragés à répondre à des appels à projets. La stratégie de gouvernance mise en place, moyennant quelques ajustements/réorganisation, doit contribuer à créer cette dynamique. Dans le contexte d'une création d'équipe d'accueil, cet axe de développement prioritaire (gouvernance/dynamique de recherche collective) mériterait d'être réinterrogé/réévalué à mi-parcours, par exemple par le biais d'une auto-évaluation. Par ailleurs, il pourrait être utile à l'unité de se fixer quelques axes de développement prioritaires à moyen terme et de réfléchir à un programme d'actions pluriannuel permettant de les atteindre.

Des perspectives de recherche de moyens sont annoncées sans pour autant que leurs affectations, privilégiant des axes de développement prioritaires de l'équipe, soient précisées. Une réflexion sur cette stratégie à court et moyen terme permettrait d'anticiper et d'optimiser le développement de l'équipe. Par ailleurs, les modalités de recherche de moyens sont centrées sur l'obtention de nouveaux contrats et le soutien des tutelles. Il serait également pertinent de mener une réflexion visant à accroître l'attractivité de l'équipe au niveau national et international.

## 4 • Déroulement de la visite

Date de la visite : 11 février 2014

Début : 9h

Fin : 17h

Lieu de la visite : Service de rééducation neurolocomotrice

Institution : Hôpital Henri Mondor

Adresse: 51, Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny, 94010 Créteil

Deuxième site éventuel : Hôpital Rotchild (APHP), non visité

Locaux spécifiques visités : Plateforme Analyse et Restauration du mouvement, Service de rééducation neurolocomotrice, Hôpital Henri Mondor.

### Déroulement ou programme de visite

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9h00-9h30   | Huis clos - Présentation de l'AERES au comité par le délégué scientifique AERES                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9h30-11h30  | Présentation générale de l'unité mono-équipe, bilan et projet par le directeur et les responsables d'axes puis discussion avec les experts                                                                                                                                                                                                                        |
| 11h30-12h00 | Rencontre avec les représentants de la tutelle (Université Paris-Est Créteil, Faculté de médecine)<br>Auditoire : membres du comité, délégué scientifique AERES                                                                                                                                                                                                   |
| 12h00-12h30 | Rencontre avec la direction de l'École Doctorale de l'Université Paris-Est                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 12h30-13h45 | Buffet de travail                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 13h45-14h15 | Rencontre avec les doctorants : 4 personnes<br>Auditoire : membres du Comité, Délégué AERES, sans les tutelles, ni la direction                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14h15-14h45 | Rencontre et visite du Laboratoire Analyse et Restauration du Mouvement avec les enseignants chercheurs et ingénieurs de recherche titulaires : 7 personnes<br>Lieu : Laboratoire Analyse et Restauration du Mouvement (service de rééducation neurolocomotrice)<br>Auditoire : membres du comité, délégué scientifique AERES, sans les tutelles, ni la direction |
| 14h45-16h45 | Réunion du comité à huis clos, service de rééducation neurolocomotrice<br>Présence : membres du comité, délégué AERES                                                                                                                                                                                                                                             |



## 5 • Observations générales des tutelles

## Réponse au rapport du comité d'experts AERES suite à l'évaluation EA BIOTN

Titre de l'unité : **Bioingénierie, Tissus et Neuroplasticité**

Label demandé : **EA**

Nom du Directeur : **Prof. Pierre PORTERO**

Nous remercions d'abord le comité de visite de l'AERES pour l'évaluation du projet d'EA BIOTN. Les membres de BIOTN ont lu avec beaucoup d'attention et d'intérêt le rapport du comité de visite. Ils prennent acte des avis et recommandations du comité et souhaitent apporter des observations sur le rapport de l'AERES.

### 1) Réponses à l'appréciation de l'unité

Le comité de visite de l'AERES a bien identifié le projet d'équipe BIOTN comme étant interdisciplinaire et ambitieux. Il souligne la bonne structuration de la recherche dans le domaine de la physiologie / Biomécanique et le soutien avéré de l'UPEC à la création de l'équipe. Le comité de visite de l'AERES souligne la base scientifique de BIOTN qui s'appuie sur une activité de publication de bonne qualité. Par ailleurs, ce projet d'équipe est apparu aux yeux des experts comme un soutien indéniable aux formations (masters et ingénieurs). Les autres points forts identifiés par le comité sont l'ancrage de BIOTN au sein du CHU Henri Mondor et son activité contractuelle qui assure une certaine autonomie financière de l'équipe.

En ce qui concerne les points à améliorer, plusieurs points faibles et risques liés au contexte ont été soulignés par le comité de visite AERES.

#### ☐ **Projet scientifique à mieux expliciter, particulièrement les interactions entre les deux axes de recherche proposés et les verrous scientifiques à lever**

Il nous apparaît indispensable de tenir compte des propriétés mécaniques des différents tissus constituant l'appareil locomoteur pour une meilleure compréhension de la motricité et plus particulièrement de la posture et du mouvement. Cela correspond à une approche intégrative qui représente de façon originale le principal verrou scientifique à lever pour répondre à la question fondamentale suivante : Quels sont les liens réciproques entre l'adaptation des tissus musculo-tendineux et la fonction locomotrice ?

Cette approche intégrative concerne aussi bien des sujets sains (sédentaires, sportifs, âgés) que des patients déficients moteurs et justifie l'existence et les interactions entre les deux axes de recherche de BIOTN (« Bioingénierie des tissus mous » et « Posture, Mouvement, Locomotion »). Ces deux axes sont donc primordiaux pour développer le projet scientifique de BIOTN : étudier la motricité humaine au travers des adaptations tissulaires de l'appareil locomoteur consécutives aux variations de la

demande fonctionnelle, particulièrement liées à différentes pathologies neurologiques et leurs prises en charge.

Cette approche intégrative, imbriquant ces deux axes de recherche, est illustrée par deux projets de recherche présentés en page 10 du dossier BIOTN :

#### Biomécanique du complexe muscle-tendon (CMT)

Il s'agit de quantifier la raideur du tendon, des fascicules musculaires et des aponévroses par des mesures couplant échographie supersonique et méthodes mécaniques spécifiques (détente rapide). Ce projet ouvre des perspectives cliniques dans l'évaluation des pathologies neurologiques et neuromusculaires affectant la motricité.

#### Analyse de la stabilisation de la tête

Il s'agit de déterminer l'interaction de plusieurs facteurs actifs et passifs (e.g. dépendants ou non de la commande nerveuse) dont l'efficacité est liée directement à la géométrie et aux propriétés mécaniques de tissus mous à savoir le CMT du rachis cervical.

Ce projet ouvre également des perspectives pour développer un modèle permettant de quantifier les propriétés mécaniques du CMT du segment tête-cou.

Ainsi, contrairement à ce qui a été écrit dans le rapport (page 2, avis global), il apparaît clairement que, l'axe 1 n'est pas au service de l'axe 2 et réciproquement. Les thèmes de recherche développés par BIOTN contribuent au développement propre de chacun des axes, avec des retombées tant expérimentales que théoriques. L'objectif *in fine* est d'appliquer ces recherches dans le domaine de la santé (évaluation, aide au diagnostic, prise en charge thérapeutique) comme cela est d'ailleurs indiqué à plusieurs reprises dans le dossier (ex. pages 9 et 10).

#### **□ Gouvernance de l'équipe à mieux préciser**

Il est indiqué en page 3 du dossier que l'équipe BIOTN sera dirigée par Pierre Portero et secondée par Mustapha Zidi, tous deux professeurs à l'UPEC. L'organisation proposée est destinée à assurer une représentation équivalente des sciences du vivant et des sciences de l'ingénieur à la tête de BIOTN. Par ailleurs, nous tenons à une gestion collégiale de l'équipe BIOTN au travers d'un conseil de laboratoire regroupant tous les membres de l'équipe qui se réunira au moins une fois par mois. Les missions du conseil de laboratoire sont conformes aux statuts des unités de recherche « équipes d'accueil » validés par le conseil scientifique de l'UPEC.

De plus, il nous semble indispensable d'organiser la gouvernance de BIOTN de telle sorte que les deux axes de recherche (« Bioingénierie des tissus mous » et « Posture, Mouvement, Locomotion ») et leur imbrication soient au cœur des projets scientifiques développés. Il s'agit d'une condition indispensable pour que cette imbrication des deux axes soit réelle. Pour cela, l'identification de responsables de ces deux axes est souhaitable afin que le conseil de laboratoire puisse juger régulièrement de l'état d'avancement des synergies scientifiques au sein de l'équipe. Nous souhaitons également que chaque axe puisse avoir une autonomie scientifique et financière permettant à BIOTN, dans son ensemble, d'élargir ses collaborations scientifiques nationales et internationales.

A mi-parcours du plan quinquennal, un bilan précis de l'organisation de cette gouvernance sera réalisé au travers d'une autoévaluation pilotée par le Conseil scientifique de l'UPEC.

#### **□ Masse critique.**

En page 11 du dossier, nous avons indiqué ce point faible dans la demande de création de BIOTN :

« La masse critique d'EC et de personnels BIATS est relativement limitée. Elle devrait croître avec le soutien de la tutelle. »

Dans le dialogue de gestion entre la faculté SESS-STAPS et l'université, il est prévu une demande de recrutement d'un MCU en septembre 2015.

Par ailleurs, nous envisageons que BIOTN puisse intégrer le Centre de recherche IMRB/INSERM en cours du prochain plan quinquennal. Cette intégration se fera après l'autoévaluation ce qui permettra à BIOTN de bénéficier des moyens techniques et humains des plateformes de l'IMRB.

#### **□ Affectation des moyens**

L'affectation des moyens (humains et financiers) sera décidée en conseil de laboratoire de BIOTN, conformément au règlement intérieur voté par le Conseil scientifique de l'UPEC (annexe 5 du dossier). Des règles sur la gestion financière des contrats de recherche seront votées en conseil de laboratoire.

## **2) Réponses aux appréciations détaillées**

### **Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel**

Comme il a été indiqué précédemment, il est prévu une augmentation de la masse critique, ce qui permettra d'assurer l'activité contractuelle prévue de l'équipe. Par ailleurs, il faut souligner que plusieurs praticiens hospitaliers sont d'ores et déjà impliqués dans les projets en cours et participent à cette activité contractuelle (cf. page 2 du dossier).

Par ailleurs, les actions de diffusion de la connaissance et de vulgarisation vers le monde socioculturel n'ont volontairement pas été développées dans le dossier du fait de la masse critique faible de BIOTN à sa création. Néanmoins, il est prévu de développer ces actions au cours du plan quinquennal dès lors que BIOTN aura atteint une masse critique plus importante.

### **Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité**

L'organisation de BIOTN (annexes 4 et 5) prévoit une vie collégiale de laboratoire. Dans ce cadre, la communication au sein de l'équipe sera réelle.

### **Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche**

(cf. tableau ci-joint pour les erreurs factuelles)

### **Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans**

Malgré l'essor des méthodes expérimentales invasives ou non invasives, la caractérisation des tissus biologiques mous (peau, muscle, artère, myocarde, peau...) constituent encore un verrou scientifique pour mieux appréhender leur comportement mécanique que ce soit dans des cas sains, pathologiques ou réparés. Ce point important a été indiqué dans le dossier (pages 6, 9 et 10). En effet, les limites expérimentales constatées dans l'étude des tissus biologiques doivent souvent être complétées par des approches numériques permettant par exemple d'évaluer des distributions de contraintes locales, grandeurs inaccessibles expérimentalement. A noter que les modèles numériques par éléments finis sont largement développées en biomécanique vasculaire et permettent de tenir compte du caractère non linéaire, composite et actif du tissu biologique.

L'expérience acquise par plusieurs membres de BIOTN dans la caractérisation mécanique du tissu vasculaire est un atout non négligeable pour étudier le complexe musculo-tendineux (CMT) dont certaines caractéristiques sont analogues (e.g. activation, nonlinéarités, anisotropie).

Sur cette base, il s'agira de développer des relations de comportement mécanique spécifiques pour le CMT prenant en compte les adaptations tissulaires aux sur-sollicitations chroniques (e.g. pathologies neurologiques, exercice physique). L'objectif sera alors d'étudier les liens existants entre les propriétés mécaniques des tissus de l'appareil locomoteur et la motricité, dans le cadre des capacités adaptatives humaines, afin d'optimiser l'évaluation de la fonction locomotrice du sujet sain au pathologique.

Concernant les dernières remarques du rapport d'expertise, nous avons indiqué lors de la journée d'évaluation que l'auto-évaluation à mi-parcours servira à valider la stratégie de gouvernance de BIOTN. L'auto-évaluation servira également à évaluer la capacité de l'équipe à intégrer deux enseignants chercheurs en reprise d'activité de recherche.

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

Pierre Portero  
Porteur de projet

A handwritten signature in black ink, featuring a large, prominent loop and several sharp, angular strokes.

Luc Hittinger  
Président de l'UPEC