



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

Section des Formations et des diplômes

Rapport d'évaluation du master



Bioingénierie

de l'Université Paris Descartes

Vague D – 2014-2018

Campagne d'évaluation 2012-2013



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

Section des Formations et des diplômes

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des Formations
et des diplômes

Le Directeur

Jean-Marc Geib



Evaluation des diplômes Masters – Vague D

Académie : Paris

Etablissement déposant : Université Paris Descartes

Académie(s) : /

Etablissement(s) co-habilité(s) : /

Mention : Bioingénierie

Domaine : Sciences, technologies, santé

Demande n° S3MA140006747

Périmètre de la formation

- Site(s) (lieux où la formation est dispensée, y compris pour les diplômes délocalisés) :

Cette formation est dispensée à l'Université Paris Descartes, l'Université Paris 7 - Denis Diderot, ENSAM ParisTech, Telecom ParisTech, Mines ParisTech, ESPCI ParisTech, Chimie ParisTech.

- Délocalisation(s) : /
- Diplôme(s) conjoint(s) avec un (des) établissement(s) à l'étranger : /

Présentation de la mention

La mention de master *Bioingénierie* (ou *BioMedical Engineering*, BME-Paris) propose une formation pluridisciplinaire dans le domaine biomédical s'appuyant sur de nombreuses structures académiques et entrepreneuriales de l'Université Paris Descartes et du réseau ParisTech. Cette mention propose de former des professionnels dans des secteurs variés tels que la bioimagerie, la biomécanique, les biothérapies, les neurosciences et les biomatériaux. Elle est accessible en première année (M1) à des étudiants titulaires d'une licence, à des étudiants de la filière santé de « niveau M1 », et à des élèves en troisième année de certaines écoles d'ingénieurs. Les débouchés et l'insertion professionnelle des diplômés concernent le milieu académique mais aussi le secteur privé. La volonté d'ouverture internationale est manifeste puisque les enseignements sont donnés en anglais dès le M1.

Cinq spécialités se distinguent en M2 :

- *Bioimagerie* organisée en deux parcours : *Imagerie de la molécule à l'Homme* (IMH) et *Modalités d'imagerie et traitement* (IMP) ;
- *Biomécanique : des tissus aux structures musculo-squelettiques* (BioMECA) organisée en quatre parcours : *Traumatologie et mécanismes lésionnels* (TML), *Modélisation du système musculo-squelettique* (MSM), *Biofluides et systèmes cardiovasculaires* (BSC) et *Biomécanique clinique* (BMC) ;
- *Biothérapies moléculaires et cellulaires* organisée en deux parcours : *Biothérapie moléculaire et cellulaire* (B2TMC) et *Innovation en biothérapies moléculaires et cellulaires* (iBTMC, IHV Imagine) ;
- *Bioingénierie et innovation en neuroscience* ;
- *Biomatériaux* (BioMat).



Le caractère interdisciplinaire de cette mention favorise une certaine diversité de la population étudiante (scientifiques, ingénieurs, professions de santé) mais aussi des débouchés nombreux, dans le domaine académique comme dans le domaine industriel. Les co-habilitations se traduisent dans la mise en commun de lieux d'enseignements mais également dans l'origine des enseignants.

Synthèse de l'évaluation

- Appréciation globale :

La mention *Bioingénierie* est ouverte depuis septembre 2010. Par rapport à l'offre initiale, des modifications mineures et pertinentes ont été apportées, permettant d'accroître sa cohérence et son positionnement. Les modifications portent essentiellement sur un remaniement de quatre spécialités aboutissant à une spécialisation plus poussée avec spécifiquement : 1) le développement de la « neuroingénierie », 2) la création d'un parcours entrepreneur Imagine dans la spécialité *Biothérapies moléculaires et cellulaires* en parallèle de la création de l'Institut Hospitalo-Universitaire (IHU) Imagine, 3) une simplification concernant la spécialité *Biologie systémique et synthétique, information et interaction* (S2I2), désormais proposée uniquement par la spécialité *Approches interdisciplinaires du vivant* (AIV) et 4) le découpage de la spécialité pré-existante *Biomécanique et biomatériaux* (BM)² en deux spécialités désormais mieux définies : BioMECA et BioMAT. L'offre de formation a un fort caractère interdisciplinaire et complémentaire avec une représentation de quasiment tous les domaines de l'ingénierie appliquée aux sciences bio-médicales. Le dossier révèle cependant une certaine hétérogénéité dans la qualité de la présentation des spécialités.

La mention se structure avec une première année commune aux cinq spécialités et une seconde année dans laquelle les différentes spécialités mutualisent encore certains enseignements. La structure des enseignements est claire, pertinente avec les objectifs de formation. On trouve une proportion significative d'enseignements pratiques et dirigés (2/3), et de nombreuses interventions de professionnels du secteur public ou privé (surtout en M2). Un effort est réalisé pour l'accès à cette formation en formation initiale avec diverses voies d'entrée, aussi bien en M1 qu'en M2, mais également en formation continue ou en VAP (validation des acquis professionnels) et VAE (validation des acquis de l'expérience), avec une prise en compte des spécificités de chaque candidat. En raison de son ouverture internationale, la maîtrise de l'anglais est un point crucial et l'accès à la mention est conditionné à la réussite préalable à un certificat de langue anglaise (TOEIC, TOEFL) mais également à une preuve de niveau scientifique (test GRE : Graduate Records Examination) pour l'accès directement en M2. La professionnalisation des étudiants se fait principalement i) durant des stages inclus dans le cursus qui sont effectués dans des domaines scientifiques complémentaires mais également à part égale dans le domaine académique et privé (un total de 3 stages sur les 2 années : 2 en M1 et 1 en M2, pour un total de 9 à 10 mois et 42 ECTS), ii) par des séminaires, des conférences et des projets en équipe (en M1 et en M2).

La mention occupe une position tout à fait justifiée dans l'offre de formation de l'établissement, en offrant une possibilité de poursuites d'études aux étudiants provenant de licence, de la filière santé ou d'écoles d'ingénieurs. Les thématiques abordées composent une mention sans réel équivalent en France, en raison de la qualité de l'adossement à la recherche, national et international, de l'accessibilité à plusieurs écoles doctorales et d'un partenariat fort avec le PRES ParisTech et l'Université Paris 7 - Denis Diderot.

Les relations avec les services de recherche et développement d'un ensemble d'entreprises bien identifiées (PSA, Renault, Stryker, L'Oréal, etc.) doivent favoriser l'insertion des diplômés. Les différents liens et partenariats mis en place offrent aux étudiants l'accès à des outils importants (cours additionnels pour compléter leur formation, réseau ATHENS pour des échanges scientifiques et culturels anglophones, etc.). Ils ont également accès à un programme d'échanges internationaux via le réseau IDEA regroupant cinq Universités Européennes de haut niveau [Imperial College de Londres (Grande-Bretagne), Université technologique de Delft (Pays-Bas), Université technologique de Zurich (Suisse), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule-Aachen d'Aix-la-Chapelle (Allemagne) et ParisTech]. Un double diplôme avec l'Université de Columbia (Etats Unis) est en préparation, et une évolution vers un diplôme ERASMUS Mundus est envisagée, sans plus de détails dans le dossier.

Du fait de la création récente de la mention, le devenir de ses diplômés est encore difficile à analyser. La diversité d'origine des étudiants (français et étrangers) ainsi que le doublement récent des candidatures indique une forte attractivité. Les effectifs espérés pour le M1 sont de 40 étudiants (16 actuellement) et entre 110 et 160 étudiants sur l'ensemble des cinq spécialités de M2 (actuellement 37 à 58 étudiants). Cependant, aucun détail n'est donné sur la formation d'origine des étudiants intégrant le M1 même s'il semble qu'ils soient majoritairement élèves des écoles d'ingénieurs. Le taux de réussite semble prometteur malgré une certaine hétérogénéité entre les spécialités.



La direction et le pilotage de la mention sont réalisés par une équipe de quatre personnes appuyées par un comité pédagogique comportant les responsables de mention et de spécialités ainsi que des étudiants. Il est prévu que deux personnes soient recrutées pour assurer la gestion administrative. Cette mention a aussi mis en place un conseil scientifique international (CSI) et un conseil stratégique (CST) pour assurer sa visibilité internationale, les liens avec le monde socioéconomique et l'évaluation des enseignements par les étudiants. La présence de deux conseils distincts, dont la composition est imprécise, ne semble pas justifiée car il apparaît que leur rôle est souvent identique (« attractivité internationale » et « visibilité internationale »). L'implication des étudiants est notable à différents niveaux de la mention : au niveau du conseil stratégique, de l'évaluation de l'enseignement et de l'association des anciens étudiants. On peut regretter que l'implication de professionnels du secteur privé n'apparaisse pas dans la composition des conseils, sauf pour la spécialité *Bioingénierie et innovation en neurosciences*. Une autoévaluation faite par le CEVU de l'université est présentée. Elle est réaliste et constructive. Le dossier général est de très bonne qualité.

- Points forts :
 - Une mention bien structurée, avec de nombreuses mutualisations.
 - Une ouverture internationale, avec des enseignements en anglais, qui favorise l'attractivité et élargit les débouchés possibles.
 - Un caractère interdisciplinaire des enseignements qui permet d'envisager une insertion professionnelle dans de nombreux secteurs d'activité.
 - Un tronc commun en début de M2 qui favorise l'acquisition de compétences transversales et professionnelles.
 - L'accès à plusieurs réseaux de laboratoires et d'entreprises (ATHENS, IDEA).

- Points faibles :
 - Une analyse encore incomplète du suivi des diplômés.
 - La participation d'intervenants du monde industriel trop peu détaillée dans le dossier.
 - Des conditions d'accès à la formation peu détaillées en particulier à propos de la filière santé, du niveau d'anglais requis et du test GRE (*Graduate Records Examination*).
 - Des informations insuffisantes dans le dossier sur la formation d'origine des différents étudiants intégrant le M1.

Recommandations pour l'établissement

Pour améliorer la lisibilité du pilotage de la mention, une clarification du rôle dévolu à chacun des conseils, CSI et CST, serait nécessaire.

Il serait utile de préciser les modalités de recrutement directement en M2 des étudiants de la filière santé (« de niveau M1 »).

Le dossier est dans l'ensemble très complet, mais l'organisation des stages de M1 et de M2 manque de précision. En particulier, le nombre de stages que l'étudiant réalise en deux ans (deux, trois, davantage ?) devrait être précisé.

Les responsables de la mention et des spécialités devront rester très attentifs au devenir des diplômés, en particulier quant au niveau des emplois occupés. L'augmentation annoncée des effectifs devra prendre en compte ce paramètre.

Notation

- Projet pédagogique (A+, A, B, C) : A
- Positionnement de la mention dans l'environnement scientifique et socio-économique (A+, A, B, C) : A
- Insertion professionnelle et poursuite des études choisies (A+, A, B, C) : A
- Pilotage de la mention (A+, A, B, C) : A



Evaluation par spécialité

Bioimagerie

- Périmètre de la spécialité :

Site(s) (lieux où la formation est dispensée, y compris pour les diplômés délocalisés) :

Universités Paris Descartes et Telecom ParisTech.

Etablissement(s) en co-habilitation(s) :

Telecom ParisTech (PRES ParisTech), Université Paris 7 - Denis Diderot (PRES Sorbonne Paris Cité).

Délocalisation(s): /

Diplôme(s) conjoint(s) avec un (des) établissement(s) à l'étranger : /

- Présentation de la spécialité :

Cette spécialité a accueilli huit étudiants en 2010-2011 et 19 en 2011-2012. Elle a pour objectif de former des professionnels dans le domaine des systèmes d'imagerie pour le vivant. Ce domaine couvre l'acquisition des données brutes par les systèmes d'imagerie jusqu'à l'obtention de l'image finale après traitement. La spécialité comporte des débouchés potentiels mais qui ne sont pratiquement pas présentés dans le dossier ; on notera simplement que 37,5 % des diplômés ont poursuivi en doctorat en 2010-2011. La co-habilitation avec l'école Telecom ParisTech permet de renforcer les compétences acquises par les étudiants dans les domaines du traitement du signal et des images.

- Appréciation :

La spécialité offre une formation dans des domaines porteurs de l'imagerie du vivant et du traitement des images : depuis la capture de l'image par des systèmes d'acquisition (IRM par exemple) jusqu'à son traitement par des logiciels spécifiques et l'obtention de l'image finale. La spécialité comporte deux parcours : 1) *Imagerie de la molécule à l'Homme* (IMH), pour des étudiants issus d'une licence ou d'une formation de santé, et se focalisant sur les technologies d'imagerie ; les débouchés, uniquement évoqués pour les étudiants médecins, concernent l'utilisation de logiciels de traitement des images ; 2) *Modalités d'imagerie et traitement* (IMP), pour les ingénieurs se focalisant sur l'acquisition des données et leur traitement offrant des débouchés dans les entreprises fabriquant le matériel d'imagerie, les éditeurs de logiciel d'imagerie, les laboratoires R&D utilisant l'imagerie, ou sur la poursuite en doctorat. La formation est multi- et interdisciplinaire et dispensée entièrement en anglais. La spécificité de l'enseignement se dégage principalement aux semestres 3 et 4 avec des unités d'enseignement « à la carte » et un stage d'au moins six mois. L'adossé à la recherche est clairement décrit avec 57 laboratoires listés. Le lien avec la recherche fondamentale et la professionnalisation sont succinctement décrits et se basent tous les deux sur les outils classiques que sont les projets, rapports, séminaires, conférences et un stage de cinq mois. Cette formation accueille en M2 des étudiants du M1 de la mention, des étudiants des écoles d'ingénieurs du réseau ParisTech et des étudiants venant d'autres M1 (sur dossier et entretien). L'ouverture et le dynamisme se reflètent dans le large réseau de collaborations (réseaux IDEA et ATHENS), dans le projet de double diplôme avec l'Université de Columbia (Etats Unis) ainsi qu'avec l'évolution prévue vers le label *Erasmus Mundus*.

Malgré la création récente de cette spécialité, le nombre d'étudiants a doublé dès sa seconde année d'existence. Le recul est faible pour juger du devenir des diplômés. Moins de la moitié (40 %) a pour le moment poursuivi en doctorat. Aucune information n'est fournie sur l'insertion professionnelle des autres étudiants. Les liens avec les milieux socio-professionnels (entreprises du secteur) et le positionnement de la spécialité vis-à-vis des formations proches ne sont pas détaillés.

Cette spécialité est pilotée par une équipe constituée des responsables des UE et de professionnels du secteur privé appuyés par un comité pédagogique. Les étudiants prennent part à l'évaluation de leur formation mais les ajustements réalisés en retour sont peu détaillés. Une évaluation est également prévue, en interne, sous l'égide de l'établissement.



- Points forts :
 - L'adéquation entre l'offre de formation et les demandes d'un secteur en croissance.
 - L'ouverture à l'international pouvant favoriser l'insertion professionnelle.
 - L'attractivité de cette formation ainsi que la progression de ses effectifs.
- Points faibles :
 - Le manque d'analyse du devenir des diplômés (mais il s'agit d'une formation récente).
 - L'adossement insuffisant aux milieux socio-professionnels et plus généralement le positionnement de la spécialité.
 - Le manque d'appui administratif (secrétariat), ce qui pourrait freiner l'ambition d'obtenir le label *Erasmus Mundus*.

Recommandations pour l'établissement

Un suivi très rigoureux du devenir des diplômés devrait être mis en place pour adapter le contenu de la formation aux possibilités d'emplois mais aussi pour moduler le nombre d'étudiants en fonction des besoins du secteur industriel et académique. Le recrutement d'un personnel administratif qualifié pourrait être nécessaire au développement de la formation.

Notation

- Projet pédagogique (A+, A, B, C) : A
- Insertion professionnelle et poursuite des études choisies (A+, A, B, C) : B
- Pilotage de la spécialité (A+, A, B, C) : B



Biomécanique

- Périmètre de la spécialité :

Site(s) (lieux où la formation est dispensée, y compris pour les diplômés délocalisés) :

Université Paris Descartes, Arts et Métiers ParisTech, Telecom ParisTech, Mines ParisTech, ESCPI ParisTech, Chimie ParisTech, Université Paris 7 - Denis Diderot.

Etablissement(s) en co-habilitation(s) :

PRES ParisTech (ENSAM ParisTech).

Délocalisation(s) : /

Diplôme(s) conjoint(s) avec un (des) établissement(s) à l'étranger : /

- Présentation de la spécialité :

La spécialité *Biomécanique* accueille 26 étudiants en 2010-2011, puis 30 en 2011-2012. Il s'agit d'étudiants venant du M1 *Bioingénierie*, d'un master de l'ENSAM, d'autres M1 (sous certaines conditions), d'élèves ingénieurs en troisième année ayant validé des unités d'enseignement du M1 (dans le cadre d'un double diplôme), et d'étudiants de la filière santé titulaire d'un M1. L'accès à cette formation est également conditionné à un niveau d'anglais suffisant (certifications TOEIC ou TOEFL) et une preuve du niveau scientifique (test GRE). Cette spécialité offre un enseignement basé sur la création de modèles théoriques à différentes échelles, à partir de phénomènes observés et analysés dans le monde vivant. Elle est issue d'un regroupement d'enseignement de masters préexistants avec pour but principal une poursuite en doctorat des diplômés. Quatre parcours sont proposés : *Traumatologie et mécanismes lésionnels* (TML), *Modélisation du système musculo-squelettique* (MSM), *Biofluides et système cardiovasculaire* (BSC) et *Biomécanique clinique* (BMC).

- Appréciation :

Le cursus présenté est articulé autour du développement de la biomécanique pour le domaine biomédical avec quatre parcours bien définis, allant des problématiques liées aux transports jusqu'aux pathologies traumatiques, en passant par les approches du fonctionnement mécanique du système cardiovasculaire. La présentation met en avant d'une façon originale l'impact de la société sur l'apparition ou le développement de nouvelles maladies. Dans toutes ces approches pluridisciplinaires, un lien important avec la clinique est maintenu. Les interactions avec les autres spécialités (des mutualisations sont annoncées) ainsi qu'avec le monde professionnel, grâce aux nombreuses visites prévues dans le cadre de la semaine spécifique « de professionnalisation » et du stage de cinq mois, préparent une insertion dans la recherche académique et industrielle. L'acquisition de compétences professionnelles est assurée avec la présence de deux UE professionnalisantes supplémentaires. Les critères d'accessibilité (formation continue, VAE, VAP) ainsi que les réseaux et programme (IDEA) portant cette formation vers un label *Erasmus Mundus* sont les mêmes que ceux présents au niveau de la mention.

L'attractivité de cette spécialité est attestée par le nombre croissant de candidatures nationales et internationales et par le nombre d'étudiants voulant acquérir un double diplôme (13 élèves ingénieurs en 2011-2012, parcours TML et MSM) et 10 internes en médecine sur le parcours BMC. Cependant, par manque de candidats, le parcours BSC n'a pu ouvrir depuis septembre 2010. L'insertion professionnelle est, sans surprise, rapide avec environ 90 % d'insertion après six mois et montre un équilibre entre poursuites d'études en doctorat et insertion directe.

Cette formation est soutenue par une équipe pédagogique forte, cohérente, efficace et diversifiée assurant une représentation équilibrée des différents corps professionnels. Un point important à souligner est la présence significative de professionnels de la santé (11 sur un total de 42) comme responsables d'UE. L'ensemble du cursus est clairement présenté et l'évaluation des étudiants est très cohérente avec l'objectif de professionnalisation. Le suivi des étudiants est rigoureux grâce à la présence d'un livret de suivi. Leur implication dans le cursus et son évolution est clairement établie. Le dossier comporte une analyse du positionnement de la spécialité par rapport à des formations proches au niveau national et des équivalences au niveau européen et international, ce qui est très positif.



- Points forts :
 - Une réflexion poussée sur le positionnement de la formation, et un pilotage efficace.
 - L'insertion professionnelle des étudiants diplômés est excellente avec des débouchés dans de nombreux secteurs.
 - L'offre de formation est très lisible et les parcours montrent une bonne adéquation avec la demande.
 - L'attractivité est forte et le suivi des étudiant pendant et après leur formation est exemplaire.
- Points faibles :
 - Les compétences transversales acquises par les étudiants devraient mieux être mises en avant.
 - Il n'existe pas suffisamment de candidatures pour l'ouverture du parcours BCS.

Recommandations pour l'établissement

Cette formation est un exemple de réussite et devrait être encouragée. Le manque de candidatures au parcours BCS révèle cependant un défaut de positionnement qui devrait être analysé plus avant.

Notation

- Projet pédagogique (A+, A, B, C) : A
- Insertion professionnelle et poursuite des études choisies (A+, A, B, C) : A
- Pilotage de la spécialité (A+, A, B, C) : A+



Biothérapies moléculaires et cellulaires

- Périmètre de la spécialité :

Site(s) (lieux où la formation est dispensée, y compris pour les diplômes délocalisés) :

Université Paris Descartes, Arts et Métiers ParisTech.

Etablissement(s) en co-habilitation(s) : /

Délocalisation(s) : /

Diplôme(s) conjoint(s) avec un (des) établissement(s) à l'étranger : /

- Présentation de la spécialité :

Cette spécialité, ouverte depuis septembre 2011, offre une formation pluridisciplinaire dans le domaine des biothérapies. Elle n'a accueilli que six étudiants en 2011-2012 (quatre ayant une licence de sciences de la vie, un étudiant en sciences pharmaceutiques et un étudiant d'AgroParisTech). Les étudiants pouvant intégrer cette formation sont issus de M1 *Bioingénierie*, d'autres M1 sous certaines conditions, d'écoles d'ingénieurs (en troisième année, ayant validés des unités d'enseignement spécifiques du M1 dans le cadre d'un double diplôme), et de cursus santé (titulaires d'un M1). Une preuve du niveau d'anglais (certifications TOEIC ou TOEFL) et du niveau scientifique (test GRE) doit être fournie. Deux parcours sont proposés : *BioThérapie moléculaire et cellulaire* et *Imagine*.

- Appréciation :

L'objectif de cette formation ambitieuse et fortement adossée à la recherche (il est prévu, entre autres, que les étudiants participent au Congrès européen annuel de thérapie cellulaire et génique) est de former aux compétences et connaissances théoriques et pratiques indispensables dans deux domaines assez distincts : les thérapies cellulaires et géniques d'une part et les biomédicaments d'autre part. Afin de pouvoir apprécier la complémentarité des formations et leur lisibilité dans l'offre de formation du PRES Sorbonne Paris Cité, il aurait été utile que cette spécialité (et en particulier son parcours « biomédicaments ») se positionne clairement par rapport à la spécialité *Biomolécules et thérapeutique* de la mention *Biochimie, cellule, cibles thérapeutiques* portée par l'Université Paris Descartes, et avec laquelle elle partage plusieurs objectifs. Les écoles d'ingénieur ou masters proposant en France des formations dans ces domaines ne sont également pas cités dans le dossier. De même, les possibilités d'emplois et de créations d'entreprises dans ce secteur, certes porteur mais très concurrentiel, ne sont pas présentées à l'appui du dossier.

A côté des différents enseignements théoriques et pratiques (projets, travaux pratiques), les enjeux socioéconomiques sont abordés dans le parcours *Imagine* avec une initiation aux stratégies industrielles et à l'entrepreneuriat. Les enseignements à caractère professionnalisant, très originaux dans un master en sciences de la vie, ne permettent cependant pas encore une insertion directe car la poursuite d'études en doctorat semble constituer le projet de la plupart des diplômés. Il est probable qu'après moins de deux ans de fonctionnement, les responsables de la formation n'ont pas encore de recul suffisant pour pouvoir faire un bilan sur ce point.

Comme dans d'autres spécialités de la mention *Bioingénierie*, la formation est donnée en anglais, ce qui offre la possibilité d'attirer des étudiants étrangers et permet d'envisager l'obtention du label *Erasmus Mundus*. Pouvant s'appuyer sur le réseau ParisTech qui rassemble diverses formations, écoles d'ingénieurs et laboratoires, l'étudiant a accès à de nombreux cours additionnels et peut réaliser son stage de M2 (durée : cinq mois) dans plusieurs laboratoires ou entreprises dont la liste est donnée dans le dossier. Le master est accessible en formation continue, VAP, VAE. Des collaborations sont entretenues avec les responsables des formations équivalentes au niveau international via le réseau IDEA.

L'équipe pédagogique comprend des représentants du monde académique et industriel avec 50 % de chercheurs, 25 % d'enseignants-chercheurs et 25 % d'industriels. Il est prévu la mise en place d'un conseil de perfectionnement, un suivi régulier des étudiants par un livret de contact, une évaluation des enseignements. Les compétences que doit acquérir l'étudiant sont bien identifiées et évaluées ; elles reflètent une réflexion réelle et pertinente sur ce point.



- Points forts :
 - L'ouverture internationale de la formation.
 - Le contenu pédagogique en bonne adéquation avec les objectifs envisagés.
 - Le parcours professionnel qui propose des enseignements originaux et adaptés à de futurs entrepreneurs dans le domaine des biothérapies.
- Points faibles :
 - Les possibilités d'emplois ou de créations d'entreprises dans le secteur des biothérapies, cible essentielle de la formation, n'ont pas fait l'objet d'études préalables.
 - Le positionnement de la spécialité par rapport aux autres formations en biotechnologies n'est pas assez clair.
 - Un parcours professionnalisant bien construit et pertinent, mais dont les diplômés poursuivent majoritairement en doctorat.

Recommandations pour l'établissement

Le dossier révèle une formation résultant d'une réflexion approfondie sur des thématiques émergentes, conduisant à la mise en place, à côté des enseignements disciplinaires, d'un ensemble d'enseignements à finalité professionnalisante. Cependant, il apparaît que la plupart des diplômés décident de poursuivre leurs études en doctorat, ce qui pourrait révéler, si cela est encore le cas pour la promotion 2012-2013, un décalage avec les possibilités d'emplois au niveau Bac+5. Cette observation, si elle se confirme dans les prochaines années, devra faire l'objet d'une analyse approfondie de la part du conseil de perfectionnement.

Notation

- Projet pédagogique (A+, A, B, C) : B
- Insertion professionnelle et poursuite des études choisies (A+, A, B, C) : sans objet
- Pilotage de la spécialité (A+, A, B, C) : A



Bioingénierie et innovation en neurosciences

- Périmètre de la spécialité :

Site(s) (lieux où la formation est dispensée, y compris pour les diplômes délocalisés) :

ESCPI ParisTech, Université Paris Descartes, ENSAM ParisTech.

Etablissement(s) en co-habilitation(s) : /

Délocalisation(s) : /

Diplôme(s) conjoint(s) avec un (des) établissement(s) à l'étranger : /

- Présentation de la spécialité :

La spécialité *Bioingénierie et innovation en neurosciences* est une formation en création qui prévoit d'accueillir 10 à 15 étudiants par an. Elle se situe dans le prolongement du mastère de *Bioingénierie* de l'ESCPI (école supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris), qui existait depuis 2007-2008. Il est proposé un enseignement pluridisciplinaire dans le domaine biomédical avec un champ d'application qui est le système nerveux. La formation se positionne vis-à-vis des masters en neurosciences existant en région parisienne, assez nombreux, par le fait qu'elle considère le système nerveux non comme un objet d'étude, mais comme un champ d'application. Cependant, sa structuration, son origine et sa spécificité demeurent quelque peu confuses dans le dossier. Les débouchés sont décrits comme existant aussi bien dans le domaine académique que dans le domaine industriel, mais apparaissent plutôt dans le secteur privé à la lecture du document. Dans ces conditions, on ne comprend pas qu'environ 60 % des diplômés poursuivent en doctorat. Le profil des étudiants concernés est très mal présenté.

- Appréciation :

La présentation générale de cette spécialité est succincte, peu claire et manque globalement d'informations précises et pertinentes. La formation est dispensée entièrement en anglais et se présente comme adaptable en fonction des étudiants tout en mettant l'accent sur la professionnalisation. L'objectif est de former les étudiants aux différents aspects de l'ingénierie biomédicale orientée vers le système nerveux. Les objectifs sont transversaux, allant de l'acquisition de connaissances en neurobiologie mais aussi en physique, informatique et robotique jusqu'au « *drug design* ». Le tout demeure malheureusement assez flou, sans présentation des unités d'enseignement du programme. Le côté professionnalisant ne se reflète pas dans l'origine des intervenants, qui est très majoritairement académique. Le stage de seconde année ainsi que l'utilisation de la langue anglaise apparaissent comme les seuls éléments de professionnalisation pour cette formation, qui n'est actuellement accessible qu'en formation initiale. Le potentiel d'attractivité est important puisque la moitié des étudiants viennent de l'étranger. Le nombre de laboratoires sur lesquels est adossée cette formation est important, puisque dix unités mixtes de recherche (UMR) sont citées. Du côté industriel, le rôle des intervenants reste flou et les débouchés peu clairs. Les diplômés ont une orientation paritaire entre le doctorat et le secteur privé (sans que soient présentés les postes occupés).

Cette spécialité est conduite par une équipe pédagogique aux compétences variées. Peu de renseignements sont fournis sur le pilotage de cette spécialité et beaucoup de projets sont « à venir ». Le dossier global manque d'arguments et de précisions dans sa présentation.

- Points forts :

- La diversité d'entreprise pouvant être intéressées par les compétences des diplômés.
- Le potentiel d'attractivité créé par les enseignements transversaux de cette formation.

- Points faibles :

- Le contenu, les objectifs, la structure de cette offre sont peu clairs : le dossier manque de détails et d'argumentation ; la justification de cette spécialité apparaît ainsi très approximative.
- La structure pédagogique semble inexistante.
- Les débouchés professionnels ne sont pas explicités.



Recommandations pour l'établissement

Le dossier présenté, insuffisant, ne permet pas une évaluation approfondie de cette spécialité et de son positionnement original dans le paysage des masters de neurosciences. Les responsables devraient être encouragés à apporter à ce projet les informations complémentaires nécessaires qui permettront de mieux en apprécier la pertinence et la lisibilité.

Notation

- Projet pédagogique (A+, A, B, C) : C
- Insertion professionnelle et poursuite des études choisies (A+, A, B, C) : B
- Pilotage de la spécialité (A+, A, B, C) : C



Biomatériaux

- Périmètre de la spécialité :

Site(s) (lieux où la formation est dispensée, y compris pour les diplômes délocalisés) :

Université Paris Descartes, Arts et Métier ParisTech, Telecom ParisTech, Mines ParisTech, ESCPI ParisTech, Chimie ParisTech, Université Paris 7 - Denis Diderot, Ecole Normale Supérieure.

Etablissement(s) en co-habilitation(s) :

PRES ParisTech (ENSAM, ParisTech).

Délocalisation(s) : /

Diplôme(s) conjoint(s) avec un (des) établissement(s) à l'étranger : /

- Présentation de la spécialité :

La spécialité *Biomatériaux* (BioMAT) accueille une dizaine d'étudiants (7 en 2010-2011 puis 11 en 2011-2012, provenant tous d'une formation autre que le M1 de cette mention) et propose une formation pluridisciplinaire qui couvre les différents domaines et échelles des biomatériaux : les enseignements vont en effet de la synthèse de biomolécules jusqu'aux dispositifs médicaux. Les débouchés de cette formation se retrouvent aussi bien dans le domaine académique (poursuites d'études en doctorat) qu'industriel avec, sur 70 % de répondants en 2010-2011, 100 % de diplômés insérés professionnellement dont environ 40 % en doctorat.

- Appréciation :

Cette spécialité a des objectifs clairs et propose un ensemble équilibré d'enseignements scientifiques et professionnalisants dans les différents domaines que sont le développement des biomatériaux, leur caractérisation et leur place dans le domaine médical et le secteur économique. Cette formation est interdisciplinaire avec un partage d'enseignements avec des disciplines connexes. Les enseignements proposés sont en adéquation avec les objectifs et sont clairement présentés dans le dossier. De nombreux laboratoires d'accueil ainsi que des entreprises sont présents pour assurer des offres de stages et d'emplois pour les étudiants. Le positionnement de cette formation est bien défini, avec des échanges envisagés au niveau national entre les formations similaires. La formation est accessible à différents niveaux par la formation continue, la VAP et la VAE. Les notions de travail en équipe, de management de projet, de communication et de maîtrise de l'anglais sont importantes. Elles doivent être maîtrisées par les étudiants et sont évaluées principalement lors du projet de recherche (grâce à une grille spécifique et au « livret de l'étudiant ») mais également lors de séminaires et d'une semaine d'immersion interdisciplinaire commune avec les spécialités BioMAT et BioMECA. Des échanges et collaborations sont établis avec des laboratoires étrangers grâce au réseau IDEA et une ouverture *Erasmus Mundus* est prévue ; cependant il est probable que cette ouverture se fasse sous condition d'un adossement plus important à la recherche.

L'accès à cette formation est possible à des étudiants ayant validé le M1 de cette mention ou d'une autre mention (sous conditions), à des ingénieurs ou élèves ingénieurs dans le cadre d'un double diplôme en dernière année (troisième année) et ayant validé des unités d'enseignement du M1, à des étudiants de M1 international de l'ENSAM et enfin à des étudiants du cursus santé titulaire d'un M1. Les effectifs sont encore modestes, mais croissants, avec un recrutement au niveau international qui devrait s'amplifier pour cette formation en langue anglaise. La plupart des étudiants sont des élèves ingénieurs (6 sur 7 inscrits en 2010-2011 puis 9 sur 11 en 2011-2012). Malgré le peu de recul, une analyse réalisée sur l'ancienne spécialité BM², dont découle en partie la spécialité BioMAT, montre un taux de réussite de 100 % avec une très bonne insertion des diplômés (90 % à 6 mois dont 20 % en doctorat), et un salaire intéressant. Le suivi des étudiants durant la formation est très rigoureux, avec un livret de l'étudiant qui est un outil de suivi original et exemplaire permettant une maturation du projet professionnel. Des enquêtes sur l'insertion des diplômés sont réalisées en ligne une fois par an.

Cette formation est pilotée par deux équipes : une équipe pédagogique « large » comprenant 10 membres et qui discute de la spécialité en général et une équipe « réduite », de 3 membres, qui réfléchit régulièrement aux actions à mener. Des réunions fréquentes, des interactions avec les autres spécialités sont à mettre en contraste avec l'absence de professionnels du secteur privé dans cette équipe et avec le rôle peu clair du conseil de perfectionnement. L'évaluation des enseignements par les étudiants, le suivi des étudiants durant leur formation et le suivi des diplômés sont très bien détaillés dans le dossier.



- Points forts :
 - L'insertion professionnelle est très bonne avec une dominante dans le secteur industriel.
 - L'offre de formation est très lisible et l'attractivité, en conséquence, très importante.
 - Le domaine de la formation est bien défini et permet une spécialisation adéquate.
- Points faibles :
 - Les métiers accessibles ne sont pas assez clairement présentés.
 - La présence de professionnel du secteur industriel/privé est faible dans le corps enseignant et les comités.
 - Un recrutement qui semble concerner essentiellement les élèves ingénieurs.

Recommandations pour l'établissement

L'aspect formation par la recherche mériterait être renforcé pour permettre une meilleure lisibilité et une part plus importante réservée à l'intervention de professionnels, dans cette formation offrant des débouchés réels dans le secteur industriel. Le prévisionnel du recrutement en 2012-2012 prévoit un rééquilibrage concernant l'origine des étudiants, ce qui devrait être encouragé.

Notation

- Projet pédagogique (A+, A, B, C) : A
- Insertion professionnelle et poursuite des études choisies (A+, A, B, C) : A
- Pilotage de la spécialité (A+, A, B, C) : A



Observations de l'établissement



Masters Vague D

Demande : n° S3MA140006747

Domaine : Sciences, Technologie, Santé

Mention : Bioingénierie

Nous remercions les rapporteurs de l'AERES pour leur évaluation globalement positive de notre formation. De nombreux points forts ont été mis en avant. Quelques faiblesses ont été signalées dans le dossier. Notre analyse est qu'il ne s'agit nullement de faiblesses structurelles, mais plutôt d'informations manquantes dans le dossier soumis. Nous sommes réellement désolés pour certains oublis dont nous assumons la responsabilité. Nous présentons ci-dessous des réponses détaillées aux questions soulevées par les rapporteurs. Ces réponses devraient permettre de nuancer certaines notes relativement sévères, qui sanctionnent les informations incomplètes du dossier initial plutôt que la qualité de la formation elle-même.

Réponse concernant la mention BME

Nous sommes très heureux de l'évaluation positive globale. L'originalité de notre mention, son adéquation au sein de l'université et du PRES ParisTech, son ouverture internationale exceptionnelle ont bien été reconnues par les rapporteurs.

Concernant les points faible soulevés :

Une analyse encore incomplète du suivi des diplômés. Notre mention regroupe des spécialités anciennes qui ont un suivi détaillé des diplômés, et des spécialités très récentes pour lesquelles ce suivi ne peut être qu' embryonnaire. Nous tenons compte des observations et allons instaurer un suivi encore plus rigoureux et homogène. Une nouvelle procédure de suivi des étudiants vient d'être mise en place au niveau de l'UFR des sciences fondamentales et biomédicales. Cette procédure inclut la mise à disposition, sans limitation de durée, de l'adresse électronique de l'université pour les étudiants. Cette procédure inclut également le développement d'un site Internet dédié aux étudiants de Master de l'UFR, actuels et anciens, avec des espaces de communication, des forums, des offres d'emploi... Une invitation à remplir un questionnaire en ligne sera adressée annuellement à tous les diplômés.

La participation d'intervenants du monde industriel trop peu détaillée. Il s'agit pourtant d'un point essentiel pour notre formation issue de l'ingénierie. Les rapporteurs ont apprécié l'intervention des industriels mise en avant dans certaines spécialités, par exemple la spécialité thérapie cellulaire et moléculaire dont le co-directeur est un industriel professeur associé. Pour d'autres spécialités, ces informations étaient peu détaillées alors que l'interaction avec les industriels est au cœur de leur approche pédagogique (neuroingénierie par exemple). Des séminaires sont notamment donnés à 50% par des industriels invités et sont une occasion d'interaction forte avec les étudiants. De même nous avons comme objectif de faire participer des industriels à l'UE Séminaire Interdisciplinaire, et avons obtenu le sponsoring d'un industriel (Guerbet) pour l'édition de 2011.

- ***Des conditions d'accès peu détaillées.*** Nous avons mentionné les conditions d'accès, par exemple l'équivalent d'un M1 santé pour la filière santé (ou l'acquisition d'UE recherche selon les nouvelles règles) et un niveau de connaissances générales et de connaissance de l'anglais. Notre formation interdisciplinaire s'adresse à des étudiants ayant la capacité d'appréhender des



disciplines très diverses et l'envie de diversifier leurs connaissances. L'entretien permet d'évaluer la motivation et les qualités du candidat. En conséquence, tout en maintenant des exigences strictes sur le niveau académique, nous fondons notre procédure de sélection sur une évaluation au cas par cas.

- **Des précisions insuffisantes sur la formation d'origine en M1.** Le M1 existe depuis un peu plus de deux ans. La moitié des étudiants vient de licences obtenues en France (multidisciplinaires, biologiques, chimiques, ou plus rarement physique). L'origine des étudiants étrangers est extrêmement diverse. Une grande proportion vient de formations d'ingénierie.

- **Rôles respectifs du CST et du CSI:** Nous allons suivre la recommandation des rapporteurs et fusionner le CSI et le CST. Un unique Conseil Scientifique sera mis en place, dont le rôle sera d'évaluer l'évolution du Master, de son catalogue d'enseignements, d'identifier les points d'amélioration nécessaires, d'aider au rapprochement avec des universités étrangères et d'aider la démarche de création des chaires industrielles.

- **Stages :** Les étudiants doivent effectuer 2 stages de 7 semaines pendant le M1 et un stage de 5 à 6 mois pendant le M2. Toutes les spécialités M2 incluent donc un seul stage.

- **Améliorer le suivi:** Le suivi des étudiants s'est amélioré depuis le lancement de la mention BME et continuera de s'enrichir grâce aux outils fournis par l'UFR des sciences fondamentales et biomédicales, l'université Paris Descartes et par le PRES ParisTech.

Spécialité Bioimagerie (BIM)

Nous remercions les rapporteurs pour leur retour positif sur le projet pédagogique de BIM. Toutefois, certains éléments d'information manquaient pour une bonne appréciation de la qualité du pilotage de la spécialité. Des informations sur le devenir des deux premières promotions confirment une excellente insertion professionnelle ou poursuite d'étude.

Nous avons choisi d'articuler nos éléments de réponses en fournissant des réponses aux trois points faibles indiqués dans l'évaluation, ainsi que des précisions concernant les remarques faites dans la partie appréciation.

Devenir des diplômés : Comme mentionné par les évaluateurs AERES, le recul est faible pour évaluer le devenir des étudiants (formation ouverte en 2010). Nous fournissons des données suite au recensement effectué par le comité de pilotage de la spécialité au premier trimestre 2013 (taux de réponses : 100%).

Promotion 2010-2011 (8 étudiants dont 7 médecins)

Inscription en doctorat (n=3). Poursuite du cursus médical (n=5) : praticien hospitalier (n=2) / Chef de clinique-Assistant (n=3). Parmi les 5 étudiants médecins, des inscriptions en doctorat sont prévues en 2013-2014.

Promotion 2011-2012 (19 étudiants dont 12 médecins).

Inscription en doctorat (n=6). Poursuite de cursus d'ingénieur (n=1) avec inscription en thèse envisagée en 2013. Poursuite du cursus médical (n=10) (interne, chef de clinique ou praticien hospitalier). Intégration du cursus médical: un étudiant de cursus biologique a intégré la 3ème année du cursus médical à la faculté de médecine Paris-Descartes au décours du M2. Sans emploi: un étudiant est sans emploi à diplôme+6mois.



Proportion globale d'étudiants inscrits en thèse au décours immédiat du M2 (33.3 % en moyenne sur les deux promotions):

- Nombre important d'étudiants internes de spécialités médicales (75% en moyenne sur les deux promotions). Les règles du cursus médical (délai maximum de trois ans entre la fin de l'internat et la prise de fonction en tant que chef de clinique-assistant) ne permettent pas de poursuivre en doctorat dans les suites immédiates du M2. Les étudiants médecins, qui embrassent une carrière hospitalo-universitaire, diffèrent l'inscription en doctorat en fin de formation médicale, c'est-à-dire après leur exercice en tant que chef de clinique-assistant.
- Pour certains médecins, le M2 est une formation scientifique complémentaire, nécessaire à une médecine de qualité en CHU, mais ne souhaitent pas poursuivre en doctorat.
- La spécialité BIM est à vocation recherche et professionnalisante pour les étudiants non médecins. Certains étudiants effectuent leur stage M2 dans des équipes industrielles et ne souhaitent pas poursuivre en doctorat.

"Adossement insuffisant aux milieux socio-professionnels et plus généralement le positionnement de la spécialité"

- *Adossement à la recherche, nous avons omis de lister les laboratoires industriels partenaires : Philips Healthcare, General Electric Healthcare, Siemens Medical, Thales, L'Oréal, Sanofi, Guerbet, Servier, Safran-Hrakles, Noxygen GMBH, Intracense.*

Nous n'avons pas rempli spécifiquement les parties 5 : « Adossement aux milieux socioprofessionnels » et 6 : « Positionnement de la formation dans l'offre de l'établissement, dans l'environnement régional et national », pensant que la description globale fournie au niveau de la mention suffisait. Voici un court descriptif pour ces deux points, pour la spécialité BIM:

- *Adossement aux milieux socioprofessionnels*

(le texte en italique est générique à toutes les spécialités)

Cette spécialité est particulièrement bien positionnée sur ce plan puisqu'elle apporte des ouvertures universitaires (Universités Paris Descartes et Paris Diderot) et de grandes écoles (Ecoles du PRES ParisTech). Aujourd'hui les étudiants bénéficient pleinement des réseaux de contacts de ces deux entités. La conception du tout nouveau site internet associé à la mention BME-Paris (www.bme-paris.com) devra permettre la création d'une association des anciens élèves et donc renforcer les liens des étudiants avec le monde socioprofessionnel.

Insertion professionnelle: Les débouchés de la spécialité « BioImaging » (BIM) sont nationaux, européens et de plus en plus internationaux, dans des domaines de l'innovation, de la recherche et du développement: ingénieur de recherche sur plateformes d'imagerie, ingénieur technico-commercial pour appareillage d'imagerie, ingénieurs de développement de logiciels d'imagerie, conception d'agents de contraste, conception de systèmes d'imagerie,...De nombreux étudiants continuent en thèse, avant de rejoindre le domaine industriel ou de poursuivre une carrière académique. Pour les médecins internes, le doctorat peut se trouver décalé de deux à trois ans par rapport à leur diplomation pour les raisons expliquées précédemment. L'enquête sur le devenir des étudiants de la spécialité BIM montre que 97% des étudiants ont trouvé un emploi dans les 3 mois suivant l'obtention du diplôme.

Ecole doctorale: Les étudiants peuvent s'inscrire dans diverses écoles doctorales selon la discipline principale de leur projet de doctorat. En 2014 l'ED « Médicament Toxicologie Chimie



Environnement » (MTCE), seule école trans-PRES, co-habilitée par Paris Descartes-Paris Diderot, devrait devenir l'ED « Médicament Toxicologie Chimie Imageries » (MTCI), avec un département consacré à l'imagerie. Celui-ci intégrera le PhD Program européen EMIDS (effectif depuis décembre 2012). Cette école doctorale délivrera des allocations doctorales pour des projets interdisciplinaires notamment en imagerie biomédicale.

- **Positionnement de la formation**

Les formations en bioimagerie au niveau national, qui sont recensées depuis 2013 sur le site d'AVIESAN (<https://its.aviesan.fr/document.php?pagendx=410>). Plus particulièrement nous positionnons BIM vis à vis des offres de Master suivantes :

- Offres au niveau régional (Ile-de-France) : *Signaux et images en médecine* (Paris 12 Créteil-Marne la vallée) ; Spécialité « Imagerie Médicale » du master « *Physique Médicale* » (Université Paris Sud) / *Master M2, « Signaux et Images en Médecine »* (Domaine : Sciences - Technologie – Santé, Mention : Sciences pour l'ingénieur, Université Paris 12 Val de Marne) ; *Parcours « Imagerie du Vivant »* (Master Informatique, Spécialité Imagerie, Université Pierre et Marie Curie) ; *European Master on Molecular Imaging* (EMMI) - Université Paris Sud.
- Offres au niveau national : Master en Bio-Imagerie au Bordeaux Imaging Center.

Par rapport à ces formations, BIM présente un programme véritablement pluridisciplinaire ouvert à un public varié provenant des sciences de la vie, sciences de la matière, de la santé, de la physique, et des domaines mathématiques et informatiques. Les étudiants proviennent à la fois de formations universitaires et d'écoles d'ingénieurs.

De plus, la spécialité BIM bénéficie d'un réseau de laboratoires d'accueil et soutien aux enseignements et à la recherche, inégalé par sa taille et sa visibilité mondiale, grâce au partenariat entre Paris Descartes et ParisTech. Aucune autre formation de niveau Master en bioimagerie en France ne possède un tel réseau, une telle mixité dans le recrutement des étudiants et un M1 de bio-ingénierie réellement pluridisciplinaire. La mise en place d'unités d'enseignement communes aux différentes spécialités permet de proposer une vision large de la bio-ingénierie. Grâce à cet environnement, la spécialité BIM a gagné une bonne visibilité en France et peut espérer gagner rapidement une visibilité mondiale dans les années à venir.

Offres au niveau international :

La spécialité BIM a des équivalents au niveau européen et international, notamment dans le réseau IDEA League avec lequel nous entretenons des collaborations.

"Le manque d'appui administratif (secrétariat), ce qui pourrait freiner l'ambition d'obtenir le label *Erasmus Mundus*"

- Support administratif

La spécialité BIM bénéficie d'un support administratif (un correspondant unique du service de la scolarité) au sein de Telecom ParisTech et de l'UFR Biomédicale de l'Université Paris Descartes. Les actions de développement à l'international de la spécialité sont menées par les responsables pédagogiques. Toutefois, un renfort administratif pourrait aider les responsables dans leurs démarches.

« Relations et échanges internationaux », nous mentionnons que: « l'évolution logique sera de faire un dossier de type *Erasmus Mundus*. Cette évolution se fera naturellement au niveau de la **mention** et la spécialité BIM bénéficiera du support administratif mis à disposition pour la



mention. Ce point nous semblait clair, sachant que toutes les spécialités ont inclus la même intention d'évolution, ce point n'était donc pas spécifique à la spécialité BIM.

« Relations et échanges internationaux, nous mentionnons qu' : « Un dossier pour la mise en place d'un double diplôme avec le Département of Biomedical Engineering de **Columbia University** (New York, USA) est en cours. Les étudiants sélectionnés effectueront une année d'étude complète de niveau M2 dans chacune des universités, et obtiendront deux diplômes de Master. » Les discussions pour ce double diplôme sont spécifiques à la spécialité BIM.

• Pilotage

La spécialité est pilotée par trois enseignants, de différentes institutions, et les tâches sont réparties entre les trois responsables (emploi du temps, gestion des stages, suivi des étudiants, organisation des soutenances et examens, liaison avec les responsables d'UE, compilation des évaluations,...).

Les responsables d'UE de BIM se connaissent, grâce à l'organisation de deux réunions annuelles en septembre (pour la rentrée) et en juin (bilan de l'année et de l'évaluation de la formation par les étudiants). Les responsables d'UE participent aux jurys des soutenances de stage de Masters. Les évaluations des enseignements par les étudiants se font via l'interface MOODLE de l'Université Paris Descartes. Elles sont compilées par les responsables de la spécialité et transmises aux responsables d'UE. Suite aux évaluations, le contenu de deux UE (Physique et technologie des méthodes d'imagerie médicale en 2011, Chimie et imagerie de l'in vitro à l'in vivo en 2012) a été modifié en profondeur, pour mieux répondre aux attentes des étudiants. Ces deux UE étant communes aux deux parcours (IMP et IMH), une période d'adaptation s'est révélée nécessaire pour qu'un public mixte et varié d'étudiants soit pleinement satisfait.

Eléments de précisions concernant des remarques faites dans la partie appréciation

- " La spécialité comporte des débouchés potentiels mais qui ne sont pratiquement pas présentés dans le dossier".

- "IMH: [...] les débouchés, uniquement évoqués pour les étudiants médecins, concernent l'utilisation de logiciels de traitement des images"

Concernant le **parcours IMH**, celui-ci apporte à des étudiants venant d'un cursus sciences de la matière/sciences de la vie/santé, une formation pluri-disciplinaire, pour développer des solutions innovantes en bioimagerie. Cette formation porte sur les différents types de modalités d'imagerie, les agents de contraste, le traitement des images produites pour en extraire les informations pertinentes permettant un meilleur diagnostic ou une compréhension accrue des mécanismes biologiques. Les **diplômés du parcours IMH médecins** acquièrent des **compétences**, telle que le **traitement d'image** leur permettant de manipuler des outils logiciels dédiés, d'en comprendre le fonctionnement, aptitude nécessaire aux échanges avec des experts en traitement d'images. Les **diplômés du parcours IMH non-médecins** pourront intégrer les entreprises dans le secteur de l'imagerie biologique et médicale, ou poursuivre en doctorat.

"Le lien avec la recherche fondamentale et la professionnalisation sont succinctement décrits et se basent tous les deux sur les outils classiques que sont les projets, rapports, séminaires, conférences et un stage de cinq mois"

Professionalisation: Deux UE professionnalisantes (Aspects éthiques en bioingénierie, et Aspects économiques et industriels) communes à toutes les spécialités sont proposées au deuxième



semestre de M2. L'équipe pédagogique inclut des intervenants issus du secteur privé, permettant aux étudiants d'avoir une meilleure connaissance de l'environnement économique, industriel et sociétal et d'échanger sur les différents débouchés professionnels, pour mieux concevoir leur projet professionnel.

Outils de formation: Conjointement à la formation théorique, une formation pratique est offerte à travers des visites de plateforme, des projets en traitement d'images, des rapports de travail, le séminaire hebdomadaire du Master BME-Paris, et le stage de recherche de 5 mois en laboratoire ou en entreprise en fin de M2. L'UE Séminaire Interdisciplinaire, commune à toutes les spécialités M2 permet aux étudiants d'appréhender l'approche interdisciplinaire, la conception, l'élaboration et la rédaction de projets scientifiques et la collaboration entre médecins et scientifiques.

Spécialité « Biomécanique »

Nous remercions les rapporteurs pour les commentaires très positifs sur la spécialité. Cette spécialité est issue d'une formation en biomécanique proposée aux Arts et Métiers ParisTech depuis les années 80 et qui s'est enrichie par la création de la mention de bioingénierie, fruit d'une coopération entre notre université Paris Descartes et le PRES ParisTech. Les pistes d'amélioration ainsi que les points faibles soulevés par les rapporteurs nous permettront d'encore améliorer cette offre de formation. Notre objectif à très court terme est de travailler sur le positionnement du parcours BCS dans le paysage des formations en Ile de France, en France et en Europe. Ce repositionnement semble nécessaire pour le développement de parcours et au recrutement d'étudiants.

Spécialité « Biothérapies moléculaires et cellulaires »

Nous remercions les rapporteurs pour les commentaires très positifs sur la spécialité. Notre proposition d'inclure un parcours nouveau professionnalisant adossé à la fondation Imagine a été bien compris. Notre ouverture internationale, notre intégration dans une mention de bioingénierie, fruit d'une coopération entre l'université Paris Descartes et le PRES ParisTech ont aussi été soutenus. Nous avons noté les points faibles et les recommandations des rapporteurs et nous aimerions y apporter des réponses :

« Les possibilités d'emploi et de créations d'entreprises dans le secteur des biothérapies n'ont pas fait l'objet d'études préalables. »

Il n'y a en effet pas dans notre dossier de projections sur la situation de l'emploi dans le secteur de biothérapies. En revanche, comme le notent les rapporteurs, le quart des intervenants sont des industriels. Ces intervenants nous confirment les besoins futurs, même si dans la situation actuelle, il est difficile de faire des projections précises. Nous avons eu des contacts avec un grand nombre d'entreprises et le pôle de compétitivité Medicen avant de lancer cette spécialité. Les biomédicaments sont l'un des secteurs les plus dynamiques de l'industrie pharmaceutique. Par ailleurs, le parcours entrepreneur iBMC est totalement fondé sur le volet valorisation de l'IHU Imagine. Nous ne prévoyons pas un nombre d'étudiants important dans ce parcours, cependant ils pourront disposer de toute la richesse scientifique de l'Institut.

« Le positionnement de cette spécialité par rapport aux autres formations en biotechnologies n'est pas assez clair ».

Nous avons partiellement discuté ce point dans notre texte. Aucune autre spécialité n'est intégrée dans un Master de Bioingénierie complet. Aucune autre ne bénéficie de la cotutelle d'une université orientée vers la santé et des écoles d'ingénieur. Les enseignements se font en



anglais. En réalité, notre spécialité est similaire à celles qui se font dans d'autres universités européennes (Idea league) et américaines. Si certains enseignements peuvent ressembler à ceux d'autres spécialités, les particularités citées ci-dessus distinguent bien celle-ci des autres. Enfin, le parcours nouveau adossé à la Fondation Imagine est assez unique.

« Un parcours professionnalisant bien construit et pertinent, mais dont les diplômés poursuivent majoritairement en doctorat. »

Les données statistiques ne reposent que sur la première année de lancement et le Master a besoin d'un certain recul pour qu'il soit connu des entreprises. Nous pensons qu'avec les enseignements très orientés vers la professionnalisation, l'intervention de plusieurs collègues industriels et le nouveau parcours, le rapport entre futurs doctorants et futurs professionnels de l'industrie évoluera considérablement.

« Recommandation : le devenir des étudiants est à surveiller »

Nous adhérons totalement à cette recommandation. Pour le suivi des étudiants, nous aurons nos propres dispositions, mais nous pourrons aussi nous appuyer sur celles de Paris Tech et de l'université. Une nouvelle procédure de suivi des étudiants vient d'être mise en place au niveau de l'UFR des sciences fondamentales et biomédicales. Cette procédure inclut la mise à disposition, sans limitation de durée, de l'adresse électronique de l'université pour les étudiants. Cette procédure inclut également le développement d'un site Internet dédié aux étudiants de Master avec des espaces de communication, des forums, des offres d'emploi... Une invitation à remplir un questionnaire en ligne sera adressée annuellement à tous les diplômés. Nous veillerons ainsi à ce que les parcours très professionnalisants conduisent bien à une intégration des étudiants dans le monde industriel, alors que ceux qui ont une approche plus académique puissent poursuivre en thèse dans les meilleurs laboratoires.

Spécialité « Bioingénierie et innovation en neurosciences »

Avant de répondre point par point aux critiques des rapporteurs, nous voudrions commencer par insister sur l'intérêt de créer une spécialité de neuroingénierie qui est indispensable à la mention dans son ensemble et qui occupe une place très originale dans l'offre universitaire et francilienne. La neuroingénierie est une clef de notre avenir. Dès 2010, le rapport remis à la Ministre de la Recherche sur "les nouveaux métiers du secteur des technologies de la santé" citait la neuroingénierie parmi les nouveaux métiers à développer : « Pour garantir la compétitivité, mais surtout l'attractivité de notre pays pour les innovations, les stratégies industrielles et les nouveaux métiers dans des domaines tels que la nanomédecine, la nanotoxicologie, la bioinformatique, la **neuroingénierie** par exemple, il faut innover en matière de formation... ». Il recommandait de « s'appuyer sur les vecteurs d'innovation exprimés par les industriels et favoriser ainsi l'émergence de formations multidisciplinaire : nanomédecine, bioinformatique, biomimétique, nanotoxicologie, neuroingénierie » (<http://www.capgeris.com/guide-metiers-366/nouveaux-metiers-du-secteur-des-technologies-de-la-sante-a14021.htm>).

Rappelons également deux récentes initiatives, de très grande envergure, qui mettent l'accent sur les neurosciences, la recherche translationnelle et l'innovation technologique. The Human Brain Project est prévu pour durer 10 ans et son coût, estimé à 1.19 milliard d'euro, sera couvert par l'UE. Fondé en mai 2005 à l'École polytechnique fédérale de Lausanne en Suisse, ce projet étudie l'architecture et les principes fonctionnels du cerveau.

(cf <http://www.cea.fr/recherche-fondamentale/human-brain-project-gagne-la-competition-du-plus-103440>). En s'appuyant sur ce projet, dès 2016, Neuropolis projette de devenir le grand



accélérateur de la Biotech Valley lémanique. Les Etats-Unis viennent également de lancer un ambitieux programme de cartographie du cerveau humain, qu'ils ont baptisé BRAIN pour "Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies". (<http://clesnes.blog.lemonde.fr/2013/04/02/obama-veut-revolutionner-letude-du-cerveau/>).

Dans ce contexte porteur pour cette nouvelle discipline qu'est la neuroingénierie, la spécialité BIN ambitionne donc d'offrir à des étudiants attirés par les neurosciences et par les sciences de l'ingénieur une double approche qui leur permettra soit d'entrer dans l'industrie avec un bagage adéquat pour traiter de l'interface « cerveau-machine » ou « homme-environnement » et/ou d'approfondir leur formation par la préparation d'une thèse. En conséquence, l'objectif de l'enseignement proposé est d'être capable d'effectuer la fusion de méthodes propres à des disciplines traditionnellement distinctes (neurosciences, médecine physique, neurologie, biomécanique, ingénieries informatique, mécanique, électronique) dans le but d'aboutir à la perception et à la maîtrise d'environnements complexes sur de longues durées. C'est en effet un des défis majeurs actuels de la médecine, des domaines classiques de l'industrie (avionique, automobile etc), du sport de haut niveau, de la défense, mais aussi de l'industrie du jeu vidéo. Par ailleurs, la grande palette de techniques associées aux différents niveaux d'étude du système nerveux permet aux étudiants de toucher à pratiquement tous les domaines de l'ingénierie biomédicale.

Réponse point par point

Nous remercions le comité pour ses remarques et nous regrettons que la présentation de notre spécialité ne l'ait pas toujours convaincu. Nous plaçons deux circonstances atténuantes :

- cette spécialité est nouvelle et nous manquons du recul nécessaire pour répondre à de nombreuses questions.
- la présentation des UE n'apparaît pas dans le document final. Nous le prions d'excuser ce regrettable point.

Nous espérons que les réponses ci dessous clarifieront les malentendus et les omissions qui ont desservi l'exposé de la spécialité BIN. Nous sommes en effet fermement convaincus de sa pertinence, au moment où de très grands projets américains et européens sont lancés dans le domaine de la neuro-ingénierie.

« La spécialité Bioingénierie et innovation en neurosciences est une formation en création qui prévoit d'accueillir 10 à 15 étudiants par an. Elle se situe dans le prolongement du mastère de Bioingénierie de l'ESPCI (Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la ville de Paris), qui existait depuis 2007-2008. Il est proposé un enseignement pluridisciplinaire dans le domaine biomédical avec un champ d'application qui est le système nerveux. La formation se positionne vis-à-vis des masters en neurosciences existant en région parisienne, assez nombreux, par le fait qu'elle considère le système nerveux non comme un objet d'étude, mais comme un champ d'application. Cependant, sa structuration, son origine et sa spécificité demeurent quelque peu confuses dans le dossier. »

La spécialité BIN provient de plusieurs UE faisant partie initialement de la spécialité Biomécanique du Master BME, ainsi que d'un Mastère spécialisé de Bioingénierie ouvert en 2002 (et non 2007, 1ère année proposée dans le tableau du dossier AERES). Ce Mastère spécialisé était accrédité par la Conférence des Grandes Ecoles, et propre à l'ESPCI.

Pour répondre aux remarques du rapport de l'AERES, et simplifier la structuration de la spécialité, nous avons fusionné deux UE et remanié plusieurs titres de cours. Nous avons par ailleurs expliqué la spécificité de la spécialité dans la 1ère partie de cette réponse.



« Les débouchés sont décrits comme existant aussi bien dans le domaine académique que dans le domaine industriel, mais apparaissent plutôt dans le secteur privé à la lecture du document. Dans ces conditions, on ne comprend pas qu'environ 60 % des diplômés poursuivent en doctorat. »

Ce taux de poursuite élevé en doctorat concerne les étudiants du Mastère spécialisé de Bioingénierie de l'ESPCI, qui préexistait au Master Biomedical Engineering. Il s'explique par 2 facteurs :

- forte proportion dans ce Mastère spécialisé d'élèves ESPCI, dont beaucoup font traditionnellement une thèse après leur sortie de l'Ecole.
- nombre non négligeable de thèses (notamment CIFRE) dans des laboratoires industriels.

Nous ne pouvons pas préjuger du pourcentage d'étudiants qui iront en thèse. Il pourrait être élevé, d'une part parce que les médecins ont besoin d'une thèse pour entamer une carrière hospitalière, d'autre part parce que les ingénieurs commencent à reconnaître la thèse comme une bonne voie pour trouver un emploi intéressant et rémunérateur, ce que la Fondation Bernard Gregory souligne depuis plusieurs années (<http://www.intelligence.fr>).

« Le profil des étudiants concernés est très mal présenté. »: Il est difficile d'avoir une idée nette du recrutement futur. Nous attendons une partie (40 à 50%) du M1 correspondant. Nous espérons maintenir ou accroître ce ratio. Nous accueillerons des étudiants en médecine (psychiatrie, neurologie, MPR, ORL etc) ainsi que des ingénieurs ou élèves-ingénieurs. Nous espérons avoir autant d'étudiants étrangers que de français.

« La présentation générale de cette spécialité est succincte, peu claire et manque globalement d'informations précises et pertinentes. » : Nous avons expliqué la spécificité de ce parcours par un texte de présentation et nous avons remanié et approfondi les présentations de chaque UE (malheureusement omise dans la version finale transmise à l'AERES).

« Le côté professionnalisant ne se reflète pas dans l'origine des intervenants, qui est très majoritairement académique. »

Ce jugement s'explique sûrement par une rédaction insuffisamment claire de notre part. De nombreux intervenants sont certes académiques, mais lorsqu'il s'agit de PU-PH ils dirigent aussi parallèlement des services hospitaliers. Plusieurs intervenants issus du Service de Santé des Armées, sont non seulement en charge de soins mais effectuent des missions prolongées sur des théâtres d'opérations militaires. Plusieurs intervenants sont issus de l'industrie, comme le Comité l'a noté lui-même, en regrettant que "l'implication de professionnels du secteur privé n'apparaisse pas dans la composition des conseils, **sauf pour la spécialité Bioingénierie et innovation en neuroscience**". De par leur nature, plusieurs intervenants combinent ainsi plusieurs cultures. Les industriels présents sont par ailleurs d'un très haut niveau. Par exemple Mr Le Coz a été le responsable de toute l'ergonomie de Renault, et Mr Couvet de Thalès est considéré comme un des meilleurs spécialistes européens dans le domaine des simulateurs. Enfin, l'atelier "Business plan" initie les étudiants à la création de start-ups. Les intervenants comprennent des créateurs d'entreprises et des responsables de fonds de capital-risque.

« Du côté industriel, le rôle des intervenants reste flou et les débouchés peu clairs. »

Nos débouchés sont en fait assez clairs. Pour les médecins, une carrière dans le secteur de santé civil ou militaire, voire un clinicat implique de suivre un M2. Pour les ingénieurs, le problème du facteur humain et des interfaces homme-machine se pose avec une acuité croissante dans de plus en plus de domaines d'activité, exigeant des compétences nouvelles. Ainsi, le rapport remis à la Ministre de la Recherche en 2010 sur "les nouveaux métiers du secteur des technologies de la santé" citait explicitement la neuro-ingénierie parmi les nouveaux métiers à développer.



« Les diplômés ont une orientation paritaire entre le doctorat et le secteur privé (sans que soient présentés les postes occupés) » : Il doit y avoir confusion en raison de notre rédaction (il ne peut s'agir que des diplômés du Mastère spécialisé de Bioingénierie de l'ESPCI, pré-existant au Master BME). Nous ignorons donc la future orientation de nos étudiants.

« Peu de renseignements sont fournis sur le pilotage de cette spécialité et beaucoup de projets sont « à venir ». Le dossier global manque d'arguments et de précisions dans sa présentation » :

Nous espérons que les explications ci-dessus, le fait que nous avons expliqué la spécificité de cette spécialité par un texte de présentation et remanié la présentation de chaque UE, répondent à cette remarque. Il y a des projets à venir en raison du fait que nous ne voulons pas figer cette spécialité qui en est à sa première année d'existence.

L'ensemble des responsables d'UE constitue le Comité pédagogique de la spécialité. Il s'est réuni à 3 reprises pour définir le programme de la spécialité. Il se réunira au minimum 2 fois par an, pour valider les notes des UE de 1er semestre, puis au moment des soutenances de stage de M2. Les étudiants de la spécialité BIN seront invités à répondre à une enquête de satisfaction anonyme, sur le modèle de celle mise en place par la spécialité BioMéca.

« La structure pédagogique semble inexistante »

La direction de la spécialité BIN associe un médecin directeur de recherche au CNRS, plus spécialisé dans les neurosciences intégratives, et un professeur de l'ESPCI plus spécialisé dans les neurosciences moléculaires et cellulaires. La même diversité académique et thématique existe entre les responsables des UE, et au niveau des intervenants. Ces regards croisés sont indispensables à la neuro-ingénierie, fondamentalement transdisciplinaire, et donc constitutifs de son enseignement. Au sein de chaque UE, nous présenterons le thème abordé sous trois angles de vue :

- Nous avons fait appel à des professionnels de haut niveau qui non seulement possèdent bien la théorie de la matière enseignée mais en ont la pratique.
- Nous avons explicitement demandé aux intervenants de coupler dans leurs cours une partie théorique à la description de la mise en œuvre sur le terrain des sujets enseignés.
- Nous avons sollicité de ces professionnels de haut niveau qu'ils prennent le temps d'accueillir tout étudiant de la spécialité souhaitant visiter les services ou les entreprises où ils/elles exercent leur activité.

Spécialité « Biomatériaux »

Nous remercions le comité d'évaluation pour cette évaluation très positive qui met en avant son bon positionnement dans l'offre existante en biomatériaux. Nous aimerions apporter quelques compléments au rapport qui répondent à une partie des remarques du comité d'évaluation.

Le comité suggère un renforcement de la formation par la recherche: Il est vrai que ce point est insuffisamment détaillé dans le rapport et ne reflète pas l'importance qu'accorde la spécialité BioMAT à cet aspect de la formation. La formation par la recherche est un des piliers de notre approche et nous avons essayé d'aller au-delà de ce qui est proposé dans un master de recherche « traditionnel » avec l'ensemble d'actions:

- un stage de recherche d'au moins 5 mois dans un laboratoire de recherche académique sur une thématique de recherche validée par le comité de pilotage.
- des conférences par des chercheurs chaque semaine communes à toutes les spécialités BME.



- des UE très largement tournées vers les grands défis de recherche actuels dans le domaine des matériaux et dispensées par des chercheurs et enseignants chercheurs dont les travaux de recherche sont reconnus internationalement.
- un grand nombre d'évaluations sous forme de mini-projet de recherche et d'analyse critique d'articles.
- une semaine de visites de laboratoires académiques de recherche.
- une semaine interdisciplinaire commune à toutes les spécialités BME dédiées à des exercices d'introduction à la recherche.
- une UE de méthodologie préparant aux méthodes de travail dans la recherche (rédaction d'articles, outils de recherche bibliographique, méthodes d'analyse statistique...).
- des cours d'anglais appliqués à la recherche.

Le comité indique comme point faible que *la formation semble recruter essentiellement sur le cursus ingénieur*. Nous voudrions assurer ici au comité notre volonté et l'ambition importante de la formation BioMAT de recruter des promotions fortement interdisciplinaires. L'ensemble de la formation est conçue pour offrir une spécialisation accessible et très complémentaire aux profils suivants :

- Les universitaires titulaires du M1 Bioingénierie.
- Les universitaires titulaires du M1 du Master international des Arts et Métiers ParisTech.
- Les universitaires titulaires d'un autre M1.
- Les étudiants de la filière.
- Les ingénieurs diplômés d'une école d'ingénieur (niveau BAC +5).
- Les élèves des écoles d'ingénieur dans le cadre d'un double diplôme en dernière année (3^{ème} année).

Les 2 premières promotions étaient majoritairement ingénieurs (démarrage progressif de cette formation et affichage regroupé avec biomécanique) mais une mixité des profils des promotions s'affirme avec les nouvelles promotions. La dernière promotion 2012-2013, est constituée de 18 étudiants dont 11 étudiants ingénieurs, 2 étudiants médecine-science et 5 étudiants biologistes. Depuis 2012, de nouvelles mutualisations d'UE avec la spécialité « Biothérapie » et le master « Science, santé et application » de Paris Diderot renforcent l'ouverture aux cursus non-ingénieurs (biologistes, médecins, pharmaciens, dentistes,...)

Sur la question des métiers accessibles, nous souhaitons apporter le complément suivant :

« Les métiers accessibles sont multiples et touchent à l'ensemble du secteur de la santé. Ils dépendent bien sûr de la nature du CV que vient compléter la formation BioMAT. Ainsi pour les étudiants en santé (médecine, pharmacie, dentaire), la formation BioMAT viendra compléter la suite du cursus pour permettre notamment une orientation vers les métiers de la recherche académique ou industriel dans les secteurs médicaux et cosmétiques.

Pour des étudiants en sciences (ingénieurs, chimistes, physiciens, biologistes), les métiers suivants sont directement accessibles pour les secteurs médicaux, cosmétiques et biotechnologiques en général : ingénieur R&D, ingénieur production, ingénieur qualité, ingénieur commercial, chercheur ou enseignant-chercheur.

A ce sujet, nous avons essayé dans les annexes d'être le plus exhaustif possible sur les références ROME.