

HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Entités de recherche

Évaluation du HCERES sur l'unité :

Qualité des Produits Animaux

QuaPA

sous tutelle des

établissements et organismes :

Institut National de Recherche Agronomique - INRA

Campagne d'évaluation 2015-2016 (Vague B)

HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Entités de recherche

Pour le HCERES,¹

Michel COSNARD, président

Au nom du comité d'experts,²

José Antonio BELTRAN, président du comité

En vertu du décret n°2014-1365 du 14 novembre 2014,

¹ Le président du HCERES "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5)

² Les rapports d'évaluation "sont signés par le président du comité". (Article 11, alinéa 2)

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 : Qualité des Produits Animaux

Acronyme de l'unité : QuaPA

Label demandé : UPR

N° actuel :

Nom du directeur
(2015-2016) : M. Alain KONDJOYAN

Nom du porteur de projet
(2017-2021) : M. Alain KONDJOYAN

Membres du comité d'experts

Président : M. José Antonio BELTRAN, Université de Saragosse, Espagne

Experts :

- M. Patrick BERTHAULT, CEA, Saclay
- M. Guillaume DELAPLACE, INRA, Lille
- M. Frédéric TESSIER, Université de Lille

Délégué scientifique représentant du HCERES :

M. Serge DELROT

Représentante des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M^{me} Monique AXELOS, INRA

Directeur ou représentant de l'École Doctorale :

M. Jean-Marc LOBACCARO, École Doctorale, « Sciences de la Vie, Santé, Agronomie, Environnement » SVSAE

1 • Introduction

Historique et localisation géographique de l'unité

L'unité a été constituée en 2005 à partir de l'unité « Station de Recherche sur la Viande » à la demande du chef du département CEPIA de l'INRA. En 2007, l'unité restructurée a subi une évaluation positive, et en 2011 une deuxième évaluation de l'AERES l'a amenée à une autre restructuration qui a abouti à l'organisation actuelle en 3 équipes :

- Biochimie et Protéines du Muscle (BPM) ;
- Imagerie et Transferts (IT) ;
- Micro-contaminants, Arômes et Sciences Séparatives (MASS).

Deux plateformes font aussi partie de l'unité :

- Protéomique (PFEMcp) ;
- RMN (AgroRésonance).

L'unité est localisée sur le centre INRA de Theix/Clermont-Ferrand.

Équipe de direction

Directeur de l'unité : M. Alain KONDJOYAN

Adjointe : M^{me} Véronique SANTE-LHOUTELLIER

Adjoint : M. Jean Marie BONNY

Nomenclature HCERES

Sous-Domaine principal* : SVE2 LS9 Sciences agronomiques et écologiques

Domaine secondaire 1 : ST5 Sciences pour l'ingénieur

Domaine secondaire 2 : ST4 Chimie

Domaine d'activité

L'unité de recherche Qualité des Produits Animaux (QuaPA) rattachée au département CEPIA de l'INRA focalise son activité sur l'analyse, le contrôle et la prédiction de la qualité des produits carnés à base musculaire. L'objectif principal est de garantir la qualité nutritionnelle et sanitaire des produits animaux transformés, tout en préservant leurs qualités sensorielles et technologiques. Ces études intègrent aussi une nouvelle dimension relative à l'ingestion des produits par l'homme et à la bioaccessibilité digestive des nutriments.

QuaPA est préférentiellement orientée vers les recherches académiques (pilotées par l'INRA, l'ANR, ou l'Europe), mais interagit avec des instituts techniques, les industriels et les filières d'élevage pour valoriser et définir des sorties plus finalisées à ses recherches. Elle répond également à des demandes d'expertises diverses, et elle est bien impliquée dans la formation et l'appui à la recherche.

Effectifs de l'unité

Composition de l'unité	Nombre au 30/06/2015	Nombre au 01/01/2017
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	8	7
N3 : Autres personnels titulaires (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)	20	21
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs (DREM, post-doctorants, etc.)	1	
N6 : Autres personnels contractuels (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)		
N7 : Doctorants	5	
TOTAL N1 à N7	34	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	7	

Bilan de l'unité	Période du 01/01/2010 au 30/06/2015
Thèses soutenues * étudiants co-encadrés inscrits dans d'autres unités	9 + 18*
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3
Nombre d'HDR soutenues	1

2 • Appréciation sur l'unité

Introduction

L'unité a été constituée en 2005 à partir de l'unité « Station de Recherche sur la Viande » à la demande du chef du département CEPIA. Suite à l'évaluation AERES de 2011 l'unité s'est restructurée en 3 équipes :

- Biochimie et Protéines du Muscle (BPM) ;
- Imagerie et Transferts (IT) ;
- Micro-contaminants, Arômes et Sciences Séparatives (MASS).

L'unité abrite également deux plateformes :

- Protéomique (PFEMcp) ;
- RMN (AgroRésonance).

Avis global sur l'unité

L'unité de recherche Qualité des Produits Animaux (QuaPA) rattachée au département CEPIA, INRA focalise son activité sur les produits carnés à base de muscles. La trajectoire et la qualité scientifique de l'unité lui permettent de bien répondre à une demande sociétale qui vise à garantir la qualité nutritionnelle et sanitaire des produits carnés transformés. La structure de l'unité après la réorganisation de 2011 lui permet de conduire des études complètes incluant l'analyse, le contrôle et la prédiction de la qualité des produits carnés. Ces études intègrent aussi une nouvelle dimension relative à l'ingestion des produits par l'homme.

Sur la période considérée, l'unité a publié 163 articles, (dont 70 où l'unité est en dernier auteur), ce qui traduit une production scientifique importante eu égard à la taille de l'unité. 76 % de ces articles ont été publiés dans des journaux classés comme « exceptionnels » ou « excellents » dans le référentiel INRA de notoriété des revues. Les chercheurs sont également actifs dans l'organisation de conférences internationales ou dans des comités éditoriaux.

La participation et la coordination de projets de recherche sont également importantes : 5 projets européens, 10 ANR (dont 2 comme porteur), et d'autres. Les recherches menées dans l'unité ont donné lieu à 1 brevet et à différents types d'outils à destination des professionnels (modèles prédictifs, méthodologie pour tracer des marqueurs de qualité ou microcontaminants).

L'organisation et la gouvernance de l'unité ont été sensiblement améliorées au cours de la période 2010-2015, et le projet scientifique est très cohérent.

L'implication de l'unité dans la formation par la recherche est forte. Elle participe activement au Master de Nutrition et Science des Aliments (NSA). L'unité a encadré ou co-encadré 27 thèses (dont 9 rattachées à l'ED principale de l'unité), 17 masters et 5 séjours postdoctoraux.

Points forts et possibilités liées au contexte

- c'est la première unité de recherche sur la qualité et la technologie de la viande en France, bien reconnue au niveau national et international ;
- la production scientifique est excellente en quantité et en qualité, et combine études fondamentales et finalisées ;
- l'unité participe à (ou coordonne de) nombreux projets collaboratifs nationaux et internationaux. Elle représente un partenaire majeur dans la filière des produits carnés ;
- les projets menés sont assez complémentaires les uns des autres, ce qui engendre une bonne cohésion d'ensemble ;
- les moyens techniques de l'unité sont conséquents et bien répartis entre les 3 équipes. Ils permettent de répondre sans difficulté apparente aux problèmes posés par la filière des produits carnés ;
- la réorganisation parfaitement réalisée et apparemment adoptée par tout le personnel permet de parvenir maintenant à une bonne dynamique d'ensemble.

Points faibles et risques liés au contexte

- le nombre de brevets est très réduit, malgré les potentialités industrielles importantes offertes par le type de recherches qui est conduit dans l'unité ;
- les interactions entre l'équipe MASS et les deux autres, BMP et IT, sont faibles au niveau des publications scientifiques ;
- la visibilité et la lisibilité du site internet de l'unité peuvent être améliorées ;

- les moyens humains ont été fortement réduits depuis 2010 (20 départs contre 5 recrutements) ;
- le nombre de post-doctorants accueillis dans la période est faible.

Recommandations

Le bon rayonnement de l'unité dans le domaine de la technologie de la viande et produits carnés doit être mis à profit pour se situer au plus proche des industriels ; les bonnes collaborations avec des entreprises de la filière doivent être entretenues. Compte tenu du fait que l'unité développe un nombre important de recherches appliquées, le dépôt d'un seul brevet pendant la période considérée est très faible, la publication de brevets pourrait largement être améliorée. Face aux grands défis qui attendent la filière animale, il serait opportun de mettre en place une stratégie permettant de contribuer plus activement à des innovations de rupture en partenariat avec les leaders industriels.

La force méthodologique de l'unité est un grand atout, mais Il faudra veiller à éviter les risques de dispersion et d'opportunisme face aux sollicitations multiples. Le maintien d'un fil conducteur centré sur la compréhension des mécanismes réactionnels (processus d'oxydation et biodisponibilité des nutriments au terme de la digestion intégrant les mécanismes réactionnels dans la sphère orale) permettra de préserver l'approche systémique et d'apporter des réponses utiles à la société en termes nutritionnel et sanitaire.

Les interactions entre les trois équipes qui forment l'unité ont été nombreuses pendant la période évaluée, et le projet pour les cinq prochaines années est très cohérent, mais l'unité doit faire l'effort de renforcer les publications communes, particulièrement entre l'équipe MASS et les deux autres : BPM et IT.

L'attractivité à l'international devrait être améliorée avec, entre autres, l'accueil de chercheurs étrangers au sein des 3 équipes de l'unité.

La formation toute récente de la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes, qui contient à elle seule une majorité d'industriels français dans le domaine des produits carnés, doit être vue comme une opportunité à saisir.

3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Sur la période considérée (5,5 ans), l'unité a publié 163 articles dans des journaux internationaux à comité de lecture, 1,98 articles par publiant et par an. Ceci représente une très bonne production scientifique. Un tiers des articles (53) ont été publiés dans deux revues (Meat Science et Food Chemistry) qui sont placées dans le premier quartile du domaine « Food Science and Technology » du Web of Knowledge, et pour 35 de ces articles, l'unité figure en dernier auteur. La dimension internationale des publications est aussi démontrée par le fait qu'une partie importante est cosignée avec de chercheurs étrangers. Il faut remarquer aussi l'implication de l'unité dans des réseaux et l'organisation de colloques internationaux, plus particulièrement l'organisation du 61st International Congress of Meat Science and Technology à Clermont-Ferrand en aout 2015 (plus de 400 participants).

Par son approche intégrée allant des systèmes carnés modèles à l'aliment dans toute sa complexité pour comprendre les mécanismes réactionnels, l'unité développe une démarche scientifique originale, pertinente et approfondie, caractérisée par une bonne identification des problèmes-clés des industriels de la filière (par exemple recherche de biomarqueurs de qualité nutritionnelle sur des matrices à bases de produits carnés, devenir des micro-contaminants après ingestion).

Parmi les nombreux résultats originaux que l'unité a obtenus, il faut remarquer :

- ✓ Réduction du sel et des nitrites dans les produits de charcuteries.

Sur ce sujet important pour la santé publique, un projet ANR (projet Na-) et un autre avec l'Interprofession (Thèse CIFRE IFIP) ont permis de réduire la teneur en sel dans le jambon cuit supérieur sans affecter ses qualités technologiques ni sa sécurité microbiologique. Ces résultats vont être transférés à l'industrie dans le cadre du FUI Meatic. L'élaboration d'un outil de simulation numérique (« le jambon numérique ») va permettre l'élaboration de jambon cuit avec une concentration de sel réduite. Un centre technique, l'ADIV va utiliser cet outil. En relation avec les nitrites, l'identification de composés odorants par GCxGC-MS couplée à l'olfactométrie et l'étude de l'effet des nitrites sur la perception de ces molécules ont mené à la production des jambons cuits sans nitrites avec un potentiel aromatique préservé. Cette recherche a été conduite dans le cadre d'une thèse CIFRE financée par Fleury-Michon.

- ✓ Modélisation des changements d'état des protéines et des lipides induits par la conservation et la cuisson de la viande.

Dans le cadre du projet européen Dream, l'unité a développé un outil de simulation pour mieux connaître l'impact des traitements thermiques sur la dénaturation des protéines de la viande. Le modèle a permis de quantifier l'incidence spécifique de la chaleur et de la composition du milieu sur l'oxydation et la dénaturation des protéines. Cette modélisation a été optimisée grâce au projet Staboxal (Institut Carnot, Qualiment). Cet outil de simulation fournira aux professionnels de la filière viande des informations sur les formulations et les paramètres de transformation qui permettent de mieux préserver les qualités sensorielles et nutritionnelles des produits.

- ✓ Améliorer la sécurité chimique des viandes.

L'unité aborde ce sujet par deux stratégies :

1 - l'étude et la caractérisation de produits « bio » en termes de bénéfices et risques associés à la consommation de ces produits en fonction de leur teneur en micropolluants, et aussi à l'influence modulatrice de la cuisson et de la digestion (bioaccessibilité). Le projet ANR SOMEAT a permis d'avancer dans cette direction.

2 - la réduction des néoformations de substances toxiques à la cuisson. La stratégie, qui intégrera aussi la formation de composés odorants pendant la cuisson et leur acceptation pour le consommateur porte sur le développement de modèles « transfert-réaction » dans le cadre du projet européen ProSafeBeef. Dans ce cadre, l'unité a développé et breveté un mode de cuisson sous atmosphère moins oxydante et moins génératrice de composés néoformés.

Appréciation sur ce critère

La production scientifique et technique de l'unité est d'excellente qualité et abondante. Les publications paraissent dans les meilleurs journaux du domaine. L'unité a déposé 1 brevet.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

La participation et la coordination de projets régionaux, nationaux et internationaux par l'unité a été très importante pendant la période considérée : 5 projets européens, 10 projets ANR (2 comme porteur) et d'autres (CASDAR, Carnot,...). Pendant la période, l'unité a accueilli des professeurs invités, post-doctorants et de nombreuses thèses. Les chercheurs sont également actifs dans l'organisation de conférences internationales (participation à l'organisation de 6 colloques, dont 3 internationaux ; 61th International Congress of Meat and Science & Technology - ICoMST 2015) ou dans des comités éditoriaux (Editorial Board des revues Meat Science et Journal of Biochemistry Research and Review).

Appréciation sur ce critère

Le rayonnement et l'attractivité académique sont excellents. L'unité participe à des programmes régionaux, nationaux, européens et internationaux.

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

L'interaction de l'unité avec l'environnement social et économique diffère significativement selon les équipes, mais l'ensemble est très complémentaire. L'équipe BPM est bien placée sur la filière viande et le tissu industriel. Elle contribue aussi à diffuser la culture scientifique en communiquant vers divers publics (R&D des Industries agro-alimentaires, professionnels de la restauration et de santé, étudiants et enseignants des filières carnées...). Quelques conférences de presse et interviews vers le grand public ont également été données pour promouvoir, auprès de la région Auvergne-Rhône-Alpes, l'organisation du 61th International Congress of Meat and Science & Technology - ICoMST) à Clermont-Ferrand en 2015. L'équipe IT s'est attachée à publier des articles et des revues destinés aux professionnels du secteur et au grand public, et à organiser quelques manifestations d'information pour le grand public. De plus, l'interaction de cette équipe avec le monde socio-économique s'est traduite par 13 contrats (dont 9 coordonnés par l'unité) et collaborations scientifiques avec des entreprises, que ce soit sous la forme de FUI (participation au FUI Meatic) ou de thèses CIFRE (IFIP, Fleury Michon, Rousselot Belgique, Terrena France). Plusieurs membres de l'équipe font partie de Conseils Scientifiques d'entreprises. On note aussi une forte interaction avec les instituts techniques (participation à la construction de l'UMT APROCEL, participation aux RMT Qualima et Quasaprove, appartenance à l'Institut Carnot Qualiment). L'équipe MASS a rédigé trois chapitres de livre de vulgarisation scientifique destinés à un public large. Cinq articles appelés « faits marquants » ont également été publiés pour le grand public par le biais du centre INRA de Theix. Diverses manifestations, dont des conférences de presse, des journées portes ouvertes et des interviews filmées (1 à 5 par an), organisées essentiellement par l'INRA, ont été l'occasion de présenter les moyens originaux et les résultats scientifiques de l'équipe MASS. Ces manifestations avaient pour cible aussi bien les acteurs du secteur agro-alimentaire que le grand public.

La production de brevets constitue une partie essentielle de l'interaction avec l'environnement social et économique. Un seul brevet, émanant de l'équipe IT, a été déposé dans la période considérée, ce qui semble faible au regard de la part importante des recherches appliquées et de la forte interaction avec le monde industriel. Compte tenu du fort potentiel et de la thématique de l'unité, le transfert de compétences de la recherche vers les filières viandes devrait être plus développé. A contrario, différents outils ont été conçus à destination des professionnels (bancs de mesures, modèles, logiciels, etc.) ce qui contribue à la reconnaissance du laboratoire. Le dépôt d'un brevet sur la cuisson en atmosphère de dioxyde de carbone, de trois logiciels utilisés en chimie analytique, la participation à deux contrats industriels (Thèse CIFRE et prestation avec une entreprise agroalimentaire) attestent de la valorisation économique et sociale d'une partie de la recherche de l'équipe MASS.

Appréciation sur ce critère

L'interaction avec le milieu socio-économique est globalement très bonne, quoique inégale selon les équipes. Les bonnes collaborations de l'unité avec des entreprises de la filière viande doivent être entretenues. Il semble que la publication de brevets pourrait être améliorée. Face aux grands défis auxquels doit faire face la filière animale il est recommandé de contribuer plus activement à des innovations de rupture en partenariat avec les leaders industriels du domaine.

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

Une animation formalisée existe au sein de l'unité QuaPA (comité de direction, conseil scientifique, conseil d'unité) et au sein des différentes équipes (réunions de planification du travail et utilisation du matériel, réunion sur les projets en cours, recrutement de stagiaires, points budgétaires...). Ce dispositif est complété par 9 cellules opérationnelles, chargées de divers aspects de la vie de l'unité (formation, gestion, hygiène et sécurité, etc). Les cellules sont composées sur la base du volontariat et des compétences, pilotées par un responsable, et dotées d'une lettre de mission par la direction de QuaPA. Au-delà de cette formalisation, on sent la confiance et l'implication de l'ensemble des agents permanents (sans doute grâce aux cellules opérationnelles) et le bien-être des agents non-permanents. L'animation des équipes se fait selon des modalités un peu différentes selon les équipes (par exemple pour la fréquence des réunions intra-équipes).

Pour l'équipe IT, le rapport mentionne des réunions bimestrielles d'une 1/2 journée destinées à transmettre des données d'ordre financier et permettre des discussions scientifiques. Étant donné la taille de l'équipe, la fréquence de ces réunions n'est peut-être pas suffisante, un rythme mensuel devrait créer plus de dynamique de groupe tout en n'alourdissant pas trop l'organisation.

Les projets qui sont menés sont assez complémentaires les uns des autres, et donnent une bonne cohésion d'ensemble, favorisée par la structuration de l'unité. L'absence de cloisonnement entre les projets, constitue une force pour l'unité. L'activité des plateformes semble très liée à l'unité, mais les relations plateformes-unités ne sont pas très clairement décrites. L'articulation avec la plateforme AgroResonance mériterait d'être clarifiée. On ne sait pas exactement comment se passent les interactions, tant du point de vue scientifique (est-ce que ce sont uniquement les personnels de la plateforme qui réalisent les expériences RMN ? quelle est la politique de communication ?) que pour la gestion administrative et financière de la plateforme.

L'équipe MASS dispose de moyens analytiques impressionnants, mais la gestion technique de ce parc analytique n'est pas précisée.

La page web de l'unité est difficile à trouver, sans doute parce qu'elle n'a été que récemment créée.

Appréciation sur ce critère

L'organisation et la vie de l'unité ont été sensiblement améliorées au cours de la période 2010-2015 et sont excellents. L'organisation est clairement formalisée et l'animation est réelle, bien qu'hétérogène. Les projets menés sont assez complémentaires les uns des autres pour engendrer une bonne cohésion d'ensemble. Les échanges entre les différents membres de l'unité sont réguliers, mais ils pourraient être plus fréquents. Un excellent encadrement est fourni aux étudiants.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'implication de l'unité dans la formation par la recherche est forte. L'unité a dirigé ou co-encadré 27 thèses parmi lesquelles 9 ont été codirigées et soutenues et 18 ont été co-encadrées, (avec un soutien plus expérimental), 17 masters et 5 séjours postdoctoraux. Toutefois, sont comptabilisées de nombreuses thèses non rattachées à l'ED principale de l'unité et pour lesquelles les durées de séjour dans l'unité sont faibles.

Elle participe activement au Master de Nutrition et Science des Aliments (NSA). Durant la période, 12 thèses ont été L'insertion professionnelle des docteurs après 3 ans est approximativement de 96 %.

L'équipe BPM intervient dans trois masters 2 de l'Université Pierre et Marie Curie de Clermont (15H). Des TD en analyse protéomique à l'Université d'Auvergne (8 h) et à l'IUT d'Aurillac (64 h) et des TP (64 h) en génie Biologique sont également enseignés par les membres de BPM.

Le responsable de l'équipe MASS a, depuis 2005, participé à un master 1 (5 h de cours magistral) et un master 2 (5 h de cours magistral). Il intervient également devant des élèves ingénieurs depuis 2009 (3 h de cours magistraux sur les sciences du goût). Trois heures de cours magistraux sont enseignées chaque année, depuis 2010, à des élèves ingénieurs par un autre membre de l'équipe.

Quelques membres de l'unité sont sollicités pour des jurys de thèse et des comités de thèse.

Appréciation sur ce critère

L'unité a été jugée excellente sur le plan de la formation par la recherche, vu le nombre de thèse dirigées, l'insertion professionnelle des docteurs et l'effort réalisé pour l'enseignement universitaire.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Pour répondre aux deux axes « conception raisonnée d'aliments carnés » et « améliorer la durabilité des systèmes alimentaires », le découpage en 3 équipes de recherche appuyées par 2 plateformes est judicieux.

La complémentarité des équipes et les apports des deux plateformes pour aborder l'axe 1 « conception raisonnée d'aliments carnés » sont clairs. L'étude des propriétés technologiques, nutritionnelles et sensorielles des aliments carnés menée par les trois équipes et les deux plateformes commencera par l'approfondissement sur l'acceptabilité des aliments (Imagerie et Transferts, MASS). L'étude des aspects de digestibilité et bio-acceptabilité des composés à impact nutritionnel ou toxique (Biochimie et Protéine du Muscle, MASS) peut et doit aboutir à une représentation in silico de la réalité et à une connaissance plus précise du comportement des différents aliments carnés dans l'organisme vivant.

L'axe 2 « améliorer la durabilité des systèmes alimentaires » va être abordé par deux aspects principaux : sécurité chimique et limitation des pertes en produits d'origine animale. La durabilité sera étudiée au travers de la filière bio qui est le prototype de système de production durable le mieux accepté à ce jour par le consommateur. L'obtention de données scientifiques objectives permettra d'évaluer les bénéfices et les risques éventuels des systèmes de production de viandes biologiques au regard notamment de leur teneur en contaminants. La recherche des marqueurs d'exposition pour le contrôle systématique de la sécurité chimique des chaînes de production des viandes est un objectif important de cet axe. La limitation des pertes constitue une partie importante de la recherche à développer par l'unité dans les cinq prochaines années: la caractérisation de la matière première, et la prédiction de l'effet des procédés sur les réactions d'oxydation et de protéolyse permettront de diminuer les pertes. La collaboration entre les trois équipes ainsi que les apports des plateformes augurent du succès dans cet axe de recherche.

Appréciation sur ce critère

Le projet à cinq ans est cohérent pour les trois équipes et jugé excellent. Il s'appuie sur l'expertise ancienne et nouvelle acquise par l'unité, mais présente aussi des orientations originales (processus de digestion dès la sphère orale, aliments à effet santé, association de fibre végétale à des matrices carnées) pour concevoir des produits carnés dotés de qualités sanitaires et nutritionnelles avérées.

Conclusion**Points forts et possibilités liées au contexte**

- c'est la première unité de recherche sur la qualité et la technologie de la viande en France, bien reconnue au niveau national et international ;
- la production scientifique est excellente en quantité et en qualité, et combine études fondamentales et finalisées ;
- l'unité participe à (ou coordonne de) nombreux projets collaboratifs nationaux et internationaux. Elle représente un partenaire majeur dans la filière des produits carnés ;
- les projets menés sont assez complémentaires les uns des autres, ce qui engendre une bonne cohésion d'ensemble ;

Points faibles et risques liés au contexte

- le nombre de brevets est très réduit, malgré les potentialités industrielles importantes offertes par le type de recherches qui est conduit dans l'unité ;
- les interactions entre l'équipe MASS et les deux autres, BMP et IT, sont faibles au niveau de publications scientifiques ;
- la visibilité et la lisibilité du site internet de l'unité peuvent être améliorées.

Recommandations

Les bonnes collaborations de l'unité avec des entreprises de la filière viande doivent être entretenues. Le comité estime que la publication de brevets pourrait être améliorée et/ou que certaines productions de connaissances doivent être plus systématiquement intégrées dans la filière. Face aux grands défis qui attendent la filière animale, il est recommandé de contribuer plus activement à l'émergence d'innovations de rupture en partenariat avec les leaders industriels du domaine.

Il faut éviter les risques de dispersions et d'opportunisme face aux sollicitations multiples et garder un fil conducteur centré autour la compréhension des mécanismes réactionnels (processus d'oxydation et digestion en intégrant la sphère orale). Ceci permettra de garder l'approche systémique et d'apporter des réponses utiles à la société en termes nutritionnel et sanitaire.

La formation toute récente de la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes, qui renferme à elle seule une majorité d'industriels français dans le domaine des produits carnés, doit être vue comme une opportunité à saisir.

4 • Analyse équipe par équipe

Équipe 1 : Biochimie et Protéines du Muscle (BPM)

Nom du responsable : M^{me} Véronique SANTE-LHOUTELLIER

Domaine d'activité de l'équipe

L'équipe BPM s'attache principalement à comprendre les réactions physico-chimiques qui influencent la qualité nutritionnelle des matrices à bases de produits carnés. L'accent est mis autour de deux axes :

- i) identifier les mécanismes réactionnels (biochimique, radicalaire...) qui ont lieu au cours du procédé d'élaboration (Axe1-Construction de l'aliment) ;
- ii) comprendre le devenir des constituants des matrices carnées dans le tractus digestif (Axe2-Déconstruction de l'aliment dans le tube digestif).

Effectifs

Composition de l'équipe	Nombre au 30/06/2015	Nombre au 01/01/2017
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	2
N3 : Autres personnels titulaires (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)	5	5
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs (DREM, etc.)	1	
N6 : Autres personnels contractuels (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)		
N7 : Doctorants	1	
TOTAL N1 à N7	9	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	

Bilan de l'équipe	Période du 01/01/2010 au 30/06/2015
Thèses soutenues	3,5
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1
Nombre d'HDR soutenues	

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe a produit 68 articles à comité de lecture (ACL) sur la période de référence (dont 29 où l'équipe est en dernier auteur, et 37 co-signés avec les acteurs des autres équipes et plateformes). Les articles sont publiés en majorité dans de très bons journaux des disciplines (69 % des articles dans des revues excellentes et exceptionnelles selon le référentiel INRA des notoriétés des journaux, avec un membre de l'équipe comme dernier auteur), comme par exemple Food chemistry (10 % des ACL en dernier auteur), and Meat Science (20 % des ACL en dernier auteur). La production et la valorisation des connaissances fondamentales est importante car la moyenne des articles par publiant (4 dans l'équipe) est de 3,1 ACL/publiant/an. 2 chapitres d'ouvrages ont également été produits sur la période et on note une participation à 66 communications (dont 24 propres à l'équipe).

Par son approche intégrée pour comprendre les mécanismes réactionnels i) allant de systèmes carnés modèles à l'aliment dans toute sa complexité, ii) combinant les expériences *in vitro* and *in vivo*, l'équipe développe une démarche scientifique pertinente et approfondie, caractérisée par une bonne identification des problèmes-clés des industriels de la filière (recherche de biomarqueurs de qualité nutritionnelle sur des matrices à base de produits carnés).

Les actions de recherche conduites dans l'axe « construction de l'aliment » ont permis de mieux comprendre la stabilité oxydative des aliments à base de produits carnés et l'agrégation protéique se produisant au cours de la conservation et de la cuisson. Divers mécanismes impliqués dans la propagation de ces oxydations et l'agrégation ont été identifiés (réactions radicalaires, implication du glycogène résiduel, adduction des aldéhydes : le 4-HNE). De plus, des efforts ont été réalisés pour modéliser les connaissances descriptives acquises en collaboration avec l'équipe IT : par exemple un modèle mathématique stoechio-cinétique a été proposé pour quantifier les effets synergique des oxydants et du chauffage sur les modifications de l'état des protéines.

Les actions de recherches plus récentes conduites dans l'axe « déconstruction de l'aliment carné dans le compartiment gastrique » ont également permis d'acquérir diverses connaissances fondamentales (rôle oxydant du compartiment gastrique, cinétique d'oxydation des contenus stomacaux *in vivo*, impact de la cuisson et ses conséquences sur la dégradation des protéines par des enzymes digestives). Ces études sur le devenir de l'aliment après ingestion ont également permis des développements méthodologiques (méthode de quantification des adduits HNE-P, sondes spécifiques des radicaux OH* et O2*-).

Les travaux les plus récents, publiés par d'autres équipes dans des revues de premier plan/ouvrages ne manquent pas de mentionner les résultats de l'équipe.

Appréciation sur ce critère

La production scientifique et technique de l'équipe Biochimie et Protéines du Muscle est de qualité et abondante. Les publications paraissent dans les meilleurs journaux du domaine. Le comité d'experts l'a jugée excellente.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Les indicateurs du rayonnement et de l'attractivité de l'équipe BPM sont excellents.

Sur la période évaluée, l'équipe a été impliquée dans de nombreux projets collaboratifs. Au plan international, on dénombre 4 participations à des projets européens (TRUEFOOD, Q-PORKCHAINS, PROSAFEBEEF, DREAM). L'équipe a également participé à un projet collaboratif Hubert Curien avec le Riddet Institute (Nouvelle Zélande) et a co-encadré plusieurs thèses avec des universités étrangères (Roumanie, Brésil, Algérie). Au plan national, l'équipe est également intervenue à de nombreuses reprises dans des projets nationaux : 5 ANR (GENMASQ, PIG FEED, NA-, SECURIVIANDE, PRONUTRIAL) dont l'un en tant que coordonnateur (ANR PRONUTRIAL). Pour un projet ANR (ALIMASSENS) en cours l'équipe est impliquée en tant que coordinatrice de tâche.

L'équipe BPM a accueilli 2 chercheurs invités (Algérie, Pologne) et 2 post-doctorants (12 mois). Le nombre de doctorants coencadrés (13, dont 7 dirigés par les 2 HDR de l'équipe) durant la période de référence démontre également l'attractivité de l'équipe.

Les chercheurs participent également à des réseaux dans leur domaine de compétence et s'investissent dans les programmes prioritaires transversaux du département CEPIA (Modaltub -consacré aux mécanismes de déconstruction/ré-assemblage des matrices alimentaires et de leurs constituants dans le tube digestif).

Les chercheurs de l'équipe sont également actifs dans l'organisation de conférences internationales (61th International Congress of Meat and Science & Technology -ICoMST 2015). L'équipe a participé à des comités éditoriaux (notamment Editorial Board de la revue Meat Science).

Seul bémol dans ce constat sur le rayonnement et l'attractivité académique, la visibilité internationale pourrait être consolidée par plus de participations à des conférences invitées (2) de renom.

Appréciation sur ce critère

L'activité de l'équipe sur ce critère est jugée excellente. L'équipe participe à des programmes régionaux, nationaux, européens et internationaux. Pendant la période, l'équipe a accueilli des professeurs invités, post-doctorants et de nombreuses thèses.

Les chercheurs sont également actifs dans l'organisation de conférences internationales ou dans des comités éditoriaux.

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

De par ses travaux sur la conception raisonnée d'aliments carnés (moins riches en gras, en sel, adaptés au vieillissement de la population), l'équipe est engagée dans les recherches en lien avec l'environnement social et économique.

Un ingénieur de l'équipe BPM est dans l'UMT (ADIV/QuapA/Univ. Blaise Pascal) APROCEL (Procédés de Transformation des Produits Carnés). Par ailleurs, l'équipe a été partenaire de 3 projets financés par l'institut Carnot Qualiment (VECTORISATION, QUALIGRASPHY, STABOXAL). Un des membres de BPM est délégué scientifique au Carnot pour QuaPA.

L'activité de l'équipe BPM lui a aussi permis d'établir des collaborations contractuelles avec des industriels du secteur agroalimentaire (CIFREs groupe Rousselot Belgique - producteur de gélatine -, Terrena France - Nutrition animale -) sur la thématique de la conception raisonnée d'aliments à haute valeur nutritionnelle. Ces collaborations doivent être entretenues pour permettre le transfert systématique des connaissances scientifiques produites vers le tissu industriel.

L'équipe contribue à diffuser la culture scientifique en communiquant vers divers publics (R&D des Industries agro-alimentaires, professionnels de la restauration et de santé, étudiants et enseignants des filières carnés..) sur les actions de recherche entreprises et notamment autour de « l'alimentation des seniors et le bien-vieillir ». Ce fut le cas au Carrefour de l'innovation agronomique à Dijon en 2013 (intervention sur l'Influence des modes de cuisson sur la digestion des protéines : approches in vitro et in vivo - projet conclusion ANR PRONUTRIAL). Ce fut aussi le cas via les faits marquants du département CEPIA et l'élaboration de fiches de vulgarisation de résultats ANR téléchargeables. Quelques conférences de presse et interviews vers le grand public ont également été données pour promouvoir auprès de la région Auvergne-Rhône-Alpes l'organisation du 61th International Congress of Meat and Science & Technology - ICoMST) à Clermont-Ferrand en 2015.

Appréciation sur ce critère

Ce critère a été évalué comme étant très bon. L'équipe BPM s'attache à comprendre les bases physiques et chimiques de la qualité (nutritionnelle, technologique, sensorielle, sanitaire) des aliments transformés à base de produits carnés. Elle doit poursuivre ses efforts pour transférer cette excellence scientifique vers les industriels de la filière via des outils opérationnels (logiciels sur processus d'oxydation, biomarqueurs de la qualité nutritionnelle) et des thèses codirigées.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Durant la période, 11 thèses ont été dirigées (4) ou co-dirigées (7) avec des membres d'autres équipes de l'unité. 8 thèses ont été soutenues, dont 4 dirigées par l'équipe. 4 thèses ont également été co-encadrées sous forme d'appui expérimental, le directeur de thèse étant hors unité. 2 thèses sont en cours. Toutes les thèses soutenues ont donné lieu à des publications dans de bonnes ou très bonnes revues scientifiques internationales du domaine (Meat Science, Food Chem., J Agric Food Sci.) avec le doctorant en premier auteur (entre 1 et 4 articles selon les thèses, avec 4 articles chacun pour 2 doctorants). Les doctorants sont recrutés dans le secteur privé après leur thèse.

L'équipe BPM (sans enseignant-chercheur) intervient dans trois masters 2 de l'Université Pierre et Marie Curie de Clermont (15 h). Des TD en analyse protéomique à l'Université d'Auvergne (8 h) et à l'IUT d'Aurillac (64 h) et des TP (64 h) en génie Biologique sont également enseignés par les membres de BPM.

Appréciation sur ce critère

Excellent. L'équipe s'attache à s'impliquer dans la formation en master et en IUT, en utilisant son expertise et des dispositifs régionaux existants pour diffuser et transférer la connaissance. Le rapport thèses soutenues par HDR est élevé, et les thèses se traduisent par de bonnes publications.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet de l'équipe consiste essentiellement à poursuivre l'élucidation des mécanismes réactionnels intervenant au sein de matrices carnées depuis la conception des aliments (formulations, paramètres de transformation et de cuisson,...) jusqu'au processus de digestion. Il s'agit, par cette production de connaissances, de lever les verrous scientifiques permettant de raisonner la construction d'aliments carnés pour :

- 1) obtenir un effet santé avéré au terme de la digestion ;
- 2) qu'ils soient plus en adéquation avec nos ressources en nutriments (association protéine et/ou fibre végétale à des matrices carnées) en vue d'accroître la durabilité des systèmes.

En étudiant la digestion de l'aliment dès la sphère orale, le projet de l'équipe BPM permettra de mieux décrypter les facteurs gouvernant la biodisponibilité de certains nutriments. Des projets collaboratifs récemment acceptés devraient faciliter le démarrage des recherches sur ces aspects.

Concevoir des aliments « à la carte » pour une population ciblée (senior/vieillesse) avec un effet santé avéré et concevoir, dans le cadre du développement durable, des aliments en meilleure adéquation avec nos ressources en nutriments (association protéine et/ou fibre végétale à des matrices carnées) sont des perspectives pertinentes qui s'inscrivent au cœur des enjeux de la recherche internationale. Le projet de BPM s'inscrit bien également dans le projet d'ensemble de l'unité et au cœur des programmes prioritaires du département CEPIA (Modaltub, Ammac).

La stratégie présentée qui consiste à poursuivre l'élucidation des mécanismes réactionnels sur la stabilité oxydative des aliments carnés depuis la conception des aliments (formulations, assemblage de protéines végétales/animales, paramètres de transformation,..) jusqu'au processus de digestion est cohérente. L'avancement des études sur la déconstruction des aliments est désormais suffisant pour intégrer l'influence de la sphère orale dans le devenir de l'aliment dans le tractus digestif. Ceci est d'autant plus vrai que certains cadres collaboratifs existent déjà (ANR ALIMASSENS, Carnot QUALIGRASPHY, FUI Meatic..) et que des résultats préliminaires de l'équipe montrent l'influence de la phase masticatoire sur la biodisponibilité des nutriments. Comprendre la formation de certains composés potentiellement délétères (nitrosamines) dans ce contexte semble pertinent.

Pour le prochain contrat, le projet proposé s'appuie sur l'expertise ancienne et nouvelle acquise par l'équipe, mais présente aussi des orientations originales (processus de digestion dès la sphère orale, aliments à effet santé, association de fibre végétale à des matrices carnées..) pour concevoir des produits carnés dotés de qualités sanitaires et nutritionnelles avérées. La stratégie repose sur la maîtrise de toutes les étapes de construction et déconstruction de l'aliment carné. Compte tenu des forces en présence, il semble aussi judicieux de bien définir le périmètre des effets santé souhaités au terme du processus de digestion et de veiller à interagir très étroitement avec la communauté scientifique nutrition et santé.

Le démarrage de plusieurs cadres collaboratifs doit permettre de consolider ces orientations qui sont pertinentes compte tenu des changements de paradigme vis-à-vis des matrices carnées (défiance sociétale vis-à-vis de la consommation de protéines animales et besoin accru en protéines à haute valeur nutritionnelle).

Appréciation sur ce critère

La stratégie et le projet à cinq ans ont été jugés très bons.

Conclusion

▪ Points forts et possibilités liées au contexte

Les publications sont abondantes et de bonne qualité. L'équipe démontre des implications multiples dans des projets collaboratifs (Europe, ANR, Carnot...) et peut s'appuyer sur des équipements et plateformes de pointes PFEM-Cp. L'appartenance au centre INRA-Rhône -Alpes facilite les liens élevage/produits et les expériences *in vivo*.

▪ Points faibles et risques liés au contexte

La défiance sociétale vis-à-vis des produits carnés rend difficilement prévisible la consommation future en protéines animales en Europe. Par exemple, on ne sait pas encore prévoir si le consommateur est prêt à accepter de profonds changements du niveau des ratios protéines animale/végétale dans les plats carnés transformés. De même, il est difficile de prédire et préciser aujourd'hui quels sont les besoins spécifiques en termes de qualité de protéine ainsi que les molécules à effet santé qu'il faille cibler.

▪ Recommandations

Il faut veiller à éviter les risques de dispersion et d'opportunisme face aux sollicitations multiples. Le maintien d'un fil conducteur centré sur la compréhension des mécanismes réactionnels (processus d'oxydation et biodisponibilité des nutriments au terme de la digestion intégrant les mécanismes réactionnels dans la sphère orale) permettra de préserver l'approche systémique et d'apporter des réponses utiles à la société en termes nutritionnel et sanitaire.

Équipe 2 : Imagerie et Transferts (IT)

Nom du responsable : M. Pierre-Sylvain MIRADE

Domaine d'activité de l'équipe

Les recherches de l'équipe IT visent à élucider les mécanismes responsables des évolutions structurales, chimiques et réactionnelles de la transformation des produits animaux par des approches multi-échelles (principalement les effets se produisant lors du salage, du chauffage et de la cuisson des produits carnés). Une autre part grandissante de son activité vise à comprendre la construction de l'image sensorielle de l'aliment dans le cerveau afin d'identifier les facteurs déterminant son acceptabilité par le consommateur.

Effectifs

Composition de l'équipe	Nombre au 30/06/2015	Nombre au 01/01/2017
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	3
N3 : Autres personnels titulaires (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)	9	9
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs (DREM, etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)		
N7 : Doctorants	2	
TOTAL N1 à N7	15	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	

Bilan de l'équipe	Période du 01/01/2010 au 30/06/2015
Thèses soutenues	4
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1
Nombre d'HDR soutenues	1

L'équipe IT a été créée en janvier 2012, et comporte 5 chercheurs, 10 ingénieurs et techniciens et 7 non-permanents (doctorants et post-doctorants). Trois permanents de l'équipe font aussi partie de la plate-forme AgroResonance, ce qui explique sans doute que dans l'introduction il ne soit mentionné que 13 permanents. Trois départs de permanents ont eu lieu dans la période évaluée, pour un seul recrutement. Le nombre de doctorants présents dans la période évaluée a été de 16 (même si beaucoup d'entre eux ne sont accueillis que sur de courtes périodes), mais on ne note qu'un seul post-doctorant dans les effectifs.

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Au cours de la période évaluée, l'équipe IT a publié 71 articles, dont 27 co-publiés avec d'autres équipes de l'UMR et 21 en dernier auteur pour l'équipe, ainsi que 11 chapitres d'ouvrages. L'effort est fait pour publier dans des revues placées dans le premier quartile de leur catégorie (Food Chem., Meat Science, J. Agric. Food Chem.). De manière générale, ces publications sont bien citées dans le domaine, ainsi qu'en témoigne le fait que les 3 publications majeures de l'équipe de 2012 à 2014 (dont 2 où elle est auteur principal) ont déjà été citées 25 fois. Les membres de l'équipe ont présenté les résultats de leurs travaux dans 168 communications dont 96 communications internationales (22 orales, dont 3 invitées).

En plus de la RMN (spectroscopie, imagerie) l'équipe a recours à différents instruments de caractérisation de la matière à différentes énergies et propriétés (IR, Raman, UV, fluorescence et micro-analyse X, ToF-SIMS), dont certains utilisent le rayonnement synchrotron. Elle n'hésite pas à concevoir et réaliser des dispositifs expérimentaux permettant l'étude in situ des processus dynamiques se produisant lors de la transformation des aliments carnés, ce qui permet des avancées significatives et en fait une spécialité de l'équipe mondialement reconnue.

Appréciation sur ce critère

Sur la base des éléments détaillés ci-dessus, la production scientifique et technique de l'équipe Imagerie et transferts est excellente.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe IT démontre un grand dynamisme dans la recherche de financements et est impliquée dans un grand nombre de projets régionaux, nationaux et européens (outre 8 actions incitatives du département CEPIA et 1 projet CASDAR, on note 6 ANR dont 1 en tant en porteur, 4 projets européens et 1 projet collaboratif Hubert Curien avec la Nouvelle Zélande). D'autre part, trois chercheurs étrangers ont été accueillis dans la période 2010-2015.

L'équipe est aussi fortement engagée dans des réseaux nationaux et internationaux ; ceci, ajouté au fait qu'elle a organisé dans la période 6 colloques dont 3 internationaux et que l'un de ses membres est dans la direction éditoriale d'une revue très cotée dans le domaine, est révélateur de la réputation et de la reconnaissance scientifiques de l'équipe.

Six des membres de l'équipe (qui ont tous leur HDR) participent à des enseignements (de 5 à 35 h/an, principalement en master), et ont fait partie de jurys de thèse, d'HDR, ou de recrutement (université, INRA, IRSTEA, Grandes Écoles). Cela montre que l'équipe est un acteur clermontois important en sciences du vivant, voire au-delà du fait de la compétence de certains de ses membres en méthodologie RMN.

Enfin, plusieurs personnes de l'équipe IT ont été requises pour réaliser des expertises, principalement pour des appels d'offre nationaux (ANR, ED, MESR, etc.) et des évaluations d'unité (HCERES).

Appréciation sur ce critère

Le rayonnement et l'attractivité académiques de cette équipe, qui dépassent les cadres régionaux et nationaux, sont excellents.

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

Dans la période évaluée, l'équipe IT a publié 7 articles et une revue destinée aux professionnels du secteur et au grand public, et a participé à 7 manifestations d'information, également pour le grand public.

De plus, l'interaction de cette équipe avec le monde socio-économique s'est traduite par plusieurs contrats et collaborations scientifiques avec des entreprises, que ce soit sous la forme de participation à un FUI (Meatic) ou de thèses CIFRE (4). Plusieurs membres de l'équipe font partie de Conseils Scientifiques d'entreprises.

On note aussi une forte implication dans des structures de valorisation : participation, pilotage et coordination d'axes de recherches dans les UMT Génie alimentaire appliqué aux produits carnés, UMT Aprocel, RMT Qualima, Institut Carnot Qualiment.

Un seul brevet (partagé avec l'équipe MASS) a été déposé dans la période considérée, ce qui semble un peu paradoxal étant donné la part importante de recherches appliquées et la forte interaction avec le monde industriel. Il semble que sur ce point la valorisation pourrait être améliorée. A contrario, différents outils ont été conçus à destination des professionnels (banques de mesures, modèles, logiciels, etc.) ce qui contribue à la reconnaissance du laboratoire.

Appréciation sur ce critère

En conclusion, cette équipe montre une très bonne interaction avec l'environnement social, économique et culturel.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les membres de l'équipe ont dirigé 15 doctorants dans la période évaluée (dont 7 en commun avec l'une des 2 autres équipes ou les 2, et avec des collègues extérieurs à l'UMR), 12 stages de master 2 (3 en commun) et 6 stages de master 1 (3 en commun). Tous les doctorants ayant soutenu, sauf un, ont publié entre un et 5 articles en premier auteur, dans de bonnes revues internationales. On note que 4 thèses ont fonctionné avec des financements CIFRE. Les chercheurs de l'équipe IT ont d'autre part contribué à la formation de 9 ingénieurs. Le devenir des doctorants et des ingénieurs ayant terminé leur stage n'est pas indiqué. On note un encadrement de thèse qui n'a duré que 3 mois, et une thèse arrêtée au bout de 2 ans et demi pour réorientation professionnelle. La durée moyenne des autres thèses est de 3 ans (1 thèse faite en 4 ans et demie toutefois).

Pour l'enseignement, l'équipe est impliquée principalement dans le Master « Sciences, Technologie & Santé » de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand (24 h/an la dernière année) et est même en charge d'un module d'enseignement dans le master 2. De plus, des enseignements ont été dispensés dans d'autres masters et dans des écoles d'ingénieur (AgroParisTech, ENITAC, Polytech'Clermont). Au total, l'équipe a assuré 70 h/an d'enseignement.

Appréciation sur ce critère

L'implication dans la formation par la recherche a été jugée globalement très bonne.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet à cinq ans de l'équipe Imagerie et Transferts s'inscrit dans la continuité des recherches déjà effectuées, mais élargit le champ de disciplines et tient compte des avancées scientifiques et de la conjoncture actuelle. De fait, il s'appuie sur une construction à 3 facettes.

1/ Étudier le rôle capital de la structure sur la migration des solutés. Cet axe est déjà soutenu par des financements nationaux et européens, et par diverses actions incitatives du département CEPIA.

2/ Poursuivre la modélisation *in silico* des réactions d'oxydation et de génération de substances carcinogènes, et l'étendre aux réactions enzymatiques et de fermentation. Le rôle de la RMN quantitative, avec accès à de nouvelles échelles dynamiques sera ici important.

3/ Décrypter le comportement alimentaire par neuro-imagerie fonctionnelle. Cette action s'appuiera sur la plateforme IVIA et travaillera en étroite collaboration avec les UMR PNCA AgroParisTech et LIMOS et accentuera la participation de l'équipe au métaprogramme INRA « Did'it » pour proposer des approches innovantes.

Ces axes de recherche sont tout à fait réalistes, et l'équipe Imagerie et Transferts semble la plus apte à les porter. Ces perspectives devraient pouvoir se développer en symbiose étroite avec les deux autres équipes et s'inscrivent parfaitement dans celles de l'unité.

La création de la plateforme multi-centres IVIA, qui a accédé à la labellisation nationale IBISA fin 2015 est un très bon point. Elle devrait permettre de rapprocher différents spécialistes de résonance magnétique d'Auvergne, au-delà des problématiques d'alimentation et de nutrition. Dans ce domaine, les perspectives de la plateforme AgroResonance sont intéressantes : utilisation des techniques de spectroscopie RMN ultra-rapide, d'hyperpolarisation, RMN *in situ* à bas champ magnétique...

Appréciation sur ce critère

Sur la base des éléments détaillés ci-dessus, le comité juge que la stratégie et le projet de l'équipe IT sont excellents.

Conclusion

▪ Points forts et possibilités liées au contexte

- recherche de haut niveau combinant études fondamentales et finalisées ;
- nombreuses collaborations industrielles et nombreux projets financés en cours ;
- partenaire majeur dans la filière des produits carnés ;
- instrumentation dédiée et compétences uniques (IRM, GS/MS, etc).

▪ Points faibles et risques liés au contexte

- nombre de brevets très réduit, malgré des potentialités industrielles importantes ;
- réunions bimestrielles d'une 1/2 journée : peut-être pas assez fréquent, voir s'il ne serait pas mieux d'en faire plus fréquemment des plus courtes.

▪ Recommandations

Les bonnes collaborations de l'unité avec des entreprises de la filière viande doivent être entretenues. Le comité estime que la publication de brevets peut être améliorée.

Équipe 3 : Micro-contaminants, Arômes et Sciences Séparatives (MASS)

Nom du responsable : Mr Erwan ENGEL

Domaine d'activité de l'équipe

L'activité de recherches de l'équipe porte sur la sécurité chimique des aliments d'origine animale.

Effectifs

Composition de l'équipe	Nombre au 30/06/2015	Nombre au 01/01/2017
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	2
N3 : Autres personnels titulaires (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)	7	8
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs (DREM, etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (appui à la recherche et/ou n'ayant pas d'obligation de recherche)		
N7 : Doctorants	2	
TOTAL N1 à N7	11	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	

Bilan de l'équipe	Période du 01/01/2010 au 30/06/2015
Thèses soutenues	1,5
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2
Nombre d'HDR soutenues	

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

En 2011, après une réorientation de la problématique scientifique, qualifiée de « radicale » par l'équipe MASS, l'étude de l'authenticité des produits animaux et des qualités aromatiques a été abandonnée au profit de l'étude de la sécurité chimique des aliments d'origine animale. Trois axes de recherches ont alors été mis en place.

Leur originalité réside dans leur complémentarité et dans l'utilisation d'outils analytiques de pointe tels que la chromatographie en phase gazeuse à deux dimensions couplée à la spectrométrie de masse, pour la détection et la quantification de contaminants chimiques à risque dans les matrices animales.

L'axe 1, qui porte sur l'étude de l'influence de micro-contaminants sur le métabolome, le transcriptome et le protéome pour identifier des marqueurs d'exposition spécifiques, peu coûteux et faciles à quantifier, représente l'originalité majeure du projet de l'équipe 3. Cette approche constitue une nouvelle proposition de surveillance de la qualité des aliments d'origine animale. Cependant les retombées scientifiques et surtout économiques dans le domaine de la sécurité alimentaire restent à montrer.

L'axe 2 est aussi très original puisqu'il permet de soulever la question du devenir des micro-contaminants après transformation des matrices alimentaires et de leur bio-accessibilité après digestion (chimique et microbiologique). Cet axe ne constitue pas une véritable rupture théorique par rapport à ce qui existe déjà dans le domaine de l'analyse du risque sanitaire des aliments, mais il apporte une ouverture qui est à l'origine de collaborations nationales indispensables pour l'équipe et l'unité dans sa globalité (UMR TOXALIM et CIDAM).

La formulation plus ou moins complexe des aliments ainsi que leur transformation thermique affectent la néoformation de composés toxiques, mais aussi celle d'arômes responsables en partie de la qualité gustative. L'axe 3 a pour ambition de comprendre les mécanismes réactionnels impliqués dans ces phénomènes et de les contrôler pour améliorer la qualité sanitaire des aliments sans effet sur les qualités gustatives.

De manière globale, sur la période évaluée, l'équipe MASS a publié 28 articles (0.93 article par publiant et par an) Cette production comprend 4 articles publiés en collaboration avec les autres équipes de l'unité, et MASS est en dernier auteur sur 10 articles.

La production scientifique associée à l'axe 1 et, plus généralement, à l'analyse GC×GC/MS de composés volatils dans diverses matrices animales est importante (environ 40% de la production scientifique). Elle est essentiellement retrouvée dans des journaux scientifiques renommés tels que *Journal of Chromatography A*, *Food Chemistry* et *Analytica Chimica Acta*, les membres de l'équipe étant en dernier auteur. Cela atteste de l'excellence de la recherche produite dans cet axe. La notoriété de l'unité dans le domaine de l'analyse des micro-contaminants et composés volatils alimentaires est confirmée par la participation active des membres de l'équipe 3 à des congrès nationaux et internationaux.

La production scientifique associée aux axes 2 et 3 est plus limitée. Elle reflète la réorientation récente de l'équipe vers de nouvelles questions scientifiques. Cette ouverture vers de nouveaux axes et de nouvelles problématiques semble aujourd'hui se limiter à quelques exemples ponctuels de collaborations opportunistes. Une véritable notoriété reste à mettre en place sur les axes 2 et 3.

Appréciation sur ce critère

L'équipe MASS possède aujourd'hui une très bonne notoriété internationale dans le domaine de l'analyse GC×GC/MS des matrices animales, mais son ancrage dans le domaine de la qualité sanitaire des aliments d'origine animale reste à renforcer. L'étude du "volatolome" correspond à une proposition originale de lecture des données sur les composés volatils et le devenir des contaminants dans les matrices animales.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe MASS est impliquée dans plusieurs projets collaboratifs nationaux. Le plus important en termes de conception, de financement, et d'implication est le projet ANR SOMEAT pour lequel le responsable de l'équipe est coordinateur. Les autres projets nationaux (CASDAR BrAviPorc et JAMBONOL) auxquels l'équipe 3 participe, permettent de compléter le financement des axes 2 et 3 de l'équipe.

L'équipe MASS montre aussi un dynamisme au niveau européen avec sa participation à deux projets : TrueFood et TeRiFiQ.

La participation en tant que « membre » à un réseau européen COST (Bioflavour) et à une société savante internationale (IMARS) atteste de la volonté de l'équipe de s'intégrer dans des consortiums scientifiques internationaux. Les différents membres de l'équipe participent aussi à 6 réseaux nationaux (dont 3 réseaux INRA). Hormis la responsabilité scientifique du responsable de l'équipe dans le réseau CADTI DIISCO, aucun rôle de leader n'est mentionné dans les réseaux nationaux ou internationaux.

Concernant le recrutement de chercheurs étrangers, un seul chercheur (Suisse) a été reçu sur une période d'un mois (mai 2014). Pour ce qui concerne les échanges internationaux, le responsable de l'équipe 3 est parti en mission d'un an à l'université Monash de Melbourne. Cette mobilité a été valorisée par deux publications scientifiques en 2011 et 2013. Deux post-doctorants ont aussi été reçus sur des périodes de 12 et 18 mois.

La réputation et la reconnaissance scientifiques de l'équipe, aussi bien au niveau national qu'international, sont entre autres démontrées par le nombre important de conférences invitées sur la période évaluée : 9 dans des conférences internationales (dont 3 dans une seule conférence, 24th *Conference of residue Chemists*, Melbourne 2013) et 3 dans des conférences françaises.

Seul le responsable de l'équipe a été impliqué dans l'organisation de manifestations scientifiques internationales (Participation à l'organisation de 3 conférences entre 2010 et 2015 en tant que membre de comité scientifique et chairman de session).

L'équipe MASS ne déclare aucune participation à des comités éditoriaux de revues scientifiques.

Les nombreuses demandes d'expertises auxquelles l'équipe MASS a répondu depuis 5 ans démontrent aussi la bonne réputation de ses scientifiques (7 expertises de projets nationaux ou européens ; 7 autres expertises).

Les membres de l'équipe MASS, et en particulier le responsable, sont sollicités régulièrement pour des jurys : 9 jurys de thèse (dont 7 en tant que rapporteur) ; 6 comités de thèse ; 5 jurys de concours ; plusieurs jurys de master et BTS.

Appréciation sur ce critère

Le rayonnement académique de l'équipe, régional, national et international est très bon. Il est fondé sur une expertise reconnue et originale. Celui-ci semble cependant reposer essentiellement sur la reconnaissance de l'expérience du responsable de l'équipe.

Par ailleurs, l'absence de participation à des comités éditoriaux est regrettée.

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

De 2010 à 2015, trois chapitres de livre de vulgarisation scientifique ont été rédigés par l'équipe 3. Cinq articles appelés « faits marquants » ont aussi été publiés pour le grand public par le biais du centre INRA de Theix. Diverses manifestations dont des conférences de presse, des journées portes ouvertes et des interviews filmées (1 à 5 par an), organisées essentiellement par l'INRA, ont été l'occasion de présenter les moyens et les résultats scientifiques de l'équipe MASS. Ces manifestations avaient pour cible aussi bien les acteurs du secteur agro-alimentaire que le grand public. Les retombées médiatiques et économiques pour l'équipe 3 et son unité ne sont pas précisées.

Le dépôt d'un brevet sur la cuisson en atmosphère de dioxyde de carbone, de trois logiciels utilisés en chimie analytique, la participation à deux contrats industriels (Thèse CIFRE et prestation avec une entreprise agroalimentaire) attestent de la valorisation économique et sociale d'une partie de la recherche de l'équipe MASS.

L'équipe est membre d'un Réseau Mixte Technologique (RMT) qui travaille sur la sécurité sanitaire des produits végétaux. Elle espère tirer profit de cet outil de partenariat pour initier de nouvelles collaborations. Celles-ci restent à concrétiser. D'autres UMT ou RMT plus en adéquation avec les 3 axes de l'équipe pourraient être sollicités.

Il est recommandé de contribuer plus activement à des innovations de rupture en partenariat avec les leaders industriels du domaine. La formation toute récente de la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes, qui renferme à elle seule une majorité d'industriels français dans le domaine des produits carnés, doit être vue comme une opportunité à saisir.

Appréciation sur ce critère

Malgré les recommandations faites ci-dessus, l'équipe MASS, dont une partie engage de nouvelles pistes de recherches, développe des interactions avec l'environnement social, économique et culturel qui peuvent déjà être qualifiées de très bonnes.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Voir analyse faite sur la globalité de l'unité.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Durant la période évaluée, trois thèses ont été soutenues, une est en cours et trois doctorants ont été accueillis pour une durée n'excédant pas 30 jours. Parmi les 3 thèses soutenues, une a donné lieu à deux publications en premier auteur pour le doctorant (Food Chem., International Dairy Journal), l'autre 3 (Food Chem.), et un doctorant n'a pas publié. Le devenir des doctorants n'est pas précisé dans le rapport.

Trois master 2 et trois master 1 ont aussi été encadrés.

Le responsable de l'équipe MASS intervient depuis 2005 dans un master 1 (5 h de cours magistral) et dans un master 2 (5 h de cours magistral). Il intervient également devant des élèves ingénieurs depuis 2009 (3 h de cours magistral sur les sciences du goût). Trois heures de cours sont enseignées chaque année depuis 2010 à des élèves ingénieurs par un autre membre de l'équipe MASS.

Les membres de l'équipe, et en particulier le responsable, sont sollicités pour des jurys de thèse (9 dont 7 en tant que rapporteur) et des comités de thèse (6).

Appréciation sur ce critère

Au vu des commentaires qui précèdent et de la priorité qui a été donnée depuis 2011 à la réorientation scientifique, l'implication dans la formation par la recherche est qualifiée de très bonne.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La stratégie et le projet à cinq ans de l'équipe MASS s'inscrit dans la continuité des recherches effectuées dans les 3 axes, et est en adéquation avec le projet d'ensemble de l'unité et s'appuie sur des collaborations adéquates.

Pour l'axe 1, une étape importante devra être franchie avec la validation de la robustesse et la pertinence des marqueurs volatils identifiés en début de projet. Les deux approches qui seront utilisées sont complémentaires (« terrain » et « *in vitro* ») et devraient permettre d'obtenir une réponse sans équivoque.

Grâce à une collaboration interdisciplinaire, la recherche de marqueurs non volatils devrait permettre de compléter l'approche « toxicogénomique ». L'ensemble des données recueillies ne pourront être traitées que par une analyse chimométrique adaptée. Là encore l'intervention d'une équipe extérieure à l'unité sera sollicitée.

L'élargissement de l'axe 1 ne se limitera pas à l'étude de marqueurs non volatils, mais il portera aussi sur l'analyse de marqueurs volatils détectables dans d'autres tissus ou fluides que le foie : le muscle, le tissu adipeux et le sang. L'axe 1 s'étendra aussi au développement de méthodes chimométriques d'identification de marqueurs pertinents.

Enfin, une piste intéressante de valorisation économique est envisagée avec le développement de senseurs pour l'analyse en routine (et à moindre coût) des marqueurs qui auront été mis en évidence.

L'axe de recherche n°1 est très ambitieux et original, mais les nombreux partenariats mis en place devraient permettre d'obtenir les résultats escomptés dans les années à venir et, en particulier, une confirmation de la robustesse et de la spécificité des marqueurs volatils découverts. Après l'utilisation du « breath volatolome » pour le diagnostic non invasif du cancer chez l'homme, l'utilisation d'un « meat volatolome » pour une évaluation plus rapide et moins coûteuse de la qualité sanitaire de la viande est une innovation remarquable qu'il faudra consolider, disséminer et imposer au niveau international.

Pour l'axe 2, la poursuite de la thèse d'un étudiant dans le cadre du projet ANR SOMEAT constitue l'essentiel du projet sur les deux années à venir, qui paraît donc de dimension réduite par rapport à l'axe 1. En complément, l'interaction micro-contaminant/microbiote sera étudiée en étroite collaboration avec un laboratoire clermontois spécialiste du microbiote et de la digestion. L'impact d'un contaminant sur la diversité du microbiote intestinal et l'influence du microbiote sur le devenir métabolique du contaminant seront étudiés en parallèle. Cette recherche intéressante et originale risque toutefois d'être laborieuse si chaque famille bactérienne et chaque contaminant devaient être étudiés.

L'axe 3 qui portera sur l'étude des mécanismes de formation des amines hétérocycliques au cours de la cuisson de la viande devrait se développer rapidement grâce au recrutement récent d'une Chargée de Recherche INRA. A la lecture du rapport d'activité, il apparaît que les deux thèmes abordés entre 2010 et 2015 dans cet axe ne seront pas repris (Nitrite ajouté aux produits de charcuterie, néoformation d'HAPs). Les futurs travaux de recherche porteront plutôt sur l'étude des mécanismes de formation des amines hétérocycliques au cours de la cuisson de la viande, avec pour principal objectif la « remédiation » de ces composés par un choix dit « raisonné » d'ingrédients ou tout autre moyen affectant leur formation, leur bioaccessibilité ou leur métabolisation. Le choix d'une collaboration avec le Professeur Yaylayan de l'université McGill sur ce sujet est tout à fait pertinent.

Dans ce dernier axe, il est aussi judicieux de suivre les modifications probables de la qualité sensorielle des matrices alimentaires qui auront subi une remédiation. Mais le rapport d'activité ne mentionne qu'une identification des composés-clés de l'arôme des produits animaux cuits, et non pas la recherche d'un compromis entre réduction des amines hétérocycliques et maintien d'une qualité sensorielle acceptée par le consommateur. Cette recherche de compromis est toujours délicate mais incontournable.

Enfin, nous recommandons que soit mesurée la qualité organoleptique au sens large sur les aliments qui auront subi une remédiation, et que soient pris en compte les risques de « diversion » vers d'autres voies chimiques conduisant à d'autres composés néoformés toxiques.

Appréciation sur ce critère

Au vu des commentaires présentés ci-dessous pour les 3 axes, la stratégie est qualifiée de très bonne mais gagnerait à prendre en compte la qualité globale de l'aliment (qualités sensorielle et nutritionnelle).

Conclusion

▪ Points forts et possibilités liées au contexte

- nombreux projets financés en cours ;
- reconnaissance nationale et internationale dans le domaine de l'analyse des micro-contaminants et composés volatils alimentaires ;
- moyens analytiques excellents.

- **Points faibles et risques liés au contexte**

- les interactions entre l'équipe MASS et les deux autres, BMP et IT, sont faibles au niveau de publications scientifiques ;
- le rayonnement et attractivité académiques sont très bons mais semblent cependant reposer essentiellement sur la reconnaissance de l'expérience du responsable de l'équipe.

- **Recommandations**

Il est recommandé de contribuer plus activement à des innovations de rupture en partenariat avec les leaders industriels du domaine.

5 • Déroulement de la visite

Date de la visite

Début : 8 Janvier 2016, 8.30h

Fin : 8 Janvier 2016, 18.30h

Lieu de la visite

Institution : UR 0370 Qualité des Produits Animaux (QuaPA)

Adresse : 63122 St Genès Champanelle

Déroulement ou programme de visite

8h30-8h45	Réunion du comité d'experts seul
8h45-9h00	Présentation du comité d'experts par le délégué HCERES et le président
9h00-9h25	Présentation de l'unité QuaPA
	Présentation des bilans et des perspectives des équipes :
9h25-9h55	Équipe BPM
9h55-10h25	Équipe IT
10h25-10h55	Pause
10h55-11h25	Équipe MASS
11h25-11h55	Présentation du projet d'unité
12h00-13h00	Repas
13h00-13h30	Rencontre avec les chercheurs
13h30-14h00	Rencontre avec les ITA titulaires et CDD ITA
14h00-14h30	Rencontre avec les doctorants, postdoctorants et chercheurs non permanents.
14h30-15h00	Rencontre avec les tutelles
15h00-15h30	Rencontre avec le président de l'ED SVA
15h30-16h00	Rencontre avec la gouvernance unité = responsable d'équipe et de PF et/puis DU-DUAs
16h00-18h30	Réunion de bilan du comité d'experts seul

6 • Observations générales des tutelles



Centre de AUVERGNE-RHONE-ALPES
63122 SAINT-GENES CHAMPANELLE
INRA - 370 - UNITE DE RECHERCHE - QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX
INRA QuaPA, 63122 St Genès Champanelle, France
email : alain.kondjoyan@clermont.inra.fr
Tel: +33 (0) 4 73 62 44 92
Fax: + 33 (0) 4 73 62 40 89

Theix le 3 Mai 2016,

Objet : Réponse de l'unité au Pré-Rapport envoyé par l'HCERES

L'unité QuaPA remercie le comité pour son analyse, son évaluation, et ses recommandations. L'unité a peu de remarques à faire sur le rapport HCERES, sachant qu'elle est d'accord sur le fond avec ce rapport.

Elle note toutefois que le comité s'interroge sur les relations plateforme AgroResonance/unité. Les plateformes ne faisant pas partie du champ de l'évaluation HCERES, il n'était pas possible de clarifier totalement dans le rapport les interactions entre l'unité QuaPA et la plateforme AgroResonance. Un travail a été fait dans ce sens, au cours de la visite du comité, car AgroResonance est importante pour QuaPA, du fait notamment des moyens humains, expérimentaux et financiers qu'elle mobilise. La plateforme est « stratégique nationalement » pour l'INRA (labélisée dans ce sens par l'institut), et pour l'ensemble de la communauté, au travers de son implication dans le dispositif régional IVIA, qui vient d'être labellisé IBISA. AgroResonance abonde directement au programme scientifique de QuaPA au travers de plusieurs projets de l'unité, portés par les agents appartenant au personnel de la plateforme. Les agents d'AgroResonance sont donc, tout naturellement, membres des différents comités d'animation de QuaPA (comité de direction, conseil scientifique,...).

Meilleures salutations,

Alain Kondjoyan, Directeur de l'unité Qualité des Produits Animaux