



**HAL**  
open science

## IAQA - Ingénierie analytique pour la qualité des aliments

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. IAQA - Ingénierie analytique pour la qualité des aliments. 2009, AgroParisTech - Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, Institut national de la recherche agronomique - INRA. hceres-02032216

**HAL Id: hceres-02032216**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032216>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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

Section des Unités de recherche

Rapport d'évaluation

Unité de recherche

Ingénierie analytique pour la qualité des aliments  
(IAQA)

d'AgroParisTech



Mars 2009



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

Section des Unités de recherche

# Rapport d'évaluation

Unité de recherche

Ingénierie analytique pour la qualité des aliments  
(IAQA)

d'AgroParisTech

Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mars 2009



# Rapport d'évaluation )

## L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : Ingénierie analytique pour la qualité des aliments (IAQA)

Label demandé : UMR\_A

N° si renouvellement : 214

Nom du directeur : M. Douglas RUTLEDGE

## Université ou école principale :

AgroParisTech

## Autres établissements et organismes de rattachement :

INRA

## Date(s) de la visite :

17 mars 2009



# Membres du comité d'évaluation

## Président :

M. Maurice LEROY, Université Strasbourg 1

## Experts :

M. Mostafa QANNARI, ENITIA Nantes

Mme Annick MOING, INRA Bordeaux

Expert(s) représentant des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD.....) :

M. Gérard CUVELIER, CNECA

M. Guido RYCHEN, CSS INRA

# Observateurs

## Délégué scientifique de l'AERES :

M. Marc LALANDE

## Représentant de l'université ou école, établissement principal :

M. Gilles TRYSTRAM, représentant Mme Marianne LEFORT, directrice scientifique d'AgroParisTech

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

M. Patrick ETIEVANT, Chef du département AlimH de l'INRA

Mme Isabelle MAILLET, représentant Mme Monique AXELOS, Chef du département CEPIA de l'INRA



# Rapport d'évaluation

## 1 • Présentation succincte de l'unité

L'unité mixte de recherche IAQA est une petite unité. A la date de dépôt du dossier, elle comprenait 13 agents permanents : 3 enseignants-chercheurs d'AgroParisTech (1 PR et 2 MC), 1 chercheur INRA (CR), 9 ITA dont 4 ingénieurs INRA (3 IR et 1 IE) et 5 personnels « support » (Formation et Recherche) d'AgroParisTech (1 TEC, 1 AJT, 1 AGT et 2 ADM pour un total de 3,5 ETP). Ces personnels participeront tous au projet 2010-2013.

Au cours de la période évaluée, le flux de personnel scientifique a été de 3 départs (1 PREX, 1 MC et 1 IR) et de 4 arrivées (1 MC, 3 IR) et celui de personnel support de 4 départs (2 IE, 1AJT, 1 ADM) et de 2 arrivées (1 AGT, 1 ADM). L'unité a accueilli 2 professeurs invités (le premier pour 3 mois - Univ. Charles Stur, Australie - le second pour 48 mois - Univ. de Constantine, Algérie) et 3 post doctorants pour une durée totale de 66 mois.

Parmi les scientifiques 3 sont HDR (1PR, 1 MC, 1 IR). Tous ont encadré ou encadrent des thèses sur la période évaluée. Huit (8) thèses ont été soutenues (toutes financées) dont 1 n'a pas donné lieu à publication. Quatre (4) thèses sont en cours toutes financées (1 ASC INRA, 1 CIFRE et 2 ETR). Deux des 3 enseignants-chercheurs et le chercheur sont publiants (3/4 EC+C publiants). Deux ingénieurs sont également publiants.

## 2 • Déroulement de l'évaluation

L'accueil et l'organisation de la journée ont été excellents. Les documents écrits ainsi que le site WEB dédié étaient bien structurés et très clairement rédigés. Un effort de qualité particulier a été apporté aux présentations orales (projections et documents écrits) ce qui a permis des échanges approfondis concernant les résultats et les projets scientifiques. Tout le personnel a fait preuve d'un réel engagement et d'une grande disponibilité.

L'organisation de la journée a permis une visite des laboratoires, et des informations importantes ont pu être apportées concernant les équipements et les dispositifs réalisés spécifiquement au laboratoire pour les études physico-chimiques de transformations des aliments.

De même un temps a été consacré à la rencontre des différentes catégories de personnel : l'équipe est relativement jeune, la notion d'appartenance au groupe est forte.

Le comité, après discussions avec le Directeur de l'UMR et la responsable de la thématique « Contaminants des aliments » (le responsable de la thématique « Gastronomie moléculaire » était absent, en mission) et les représentants des tutelles de l'unité, a décidé d'évaluer l'UMR 214 en la considérant comme une seule équipe. Cette décision, largement justifiée dans les pages qui suivent, est motivée par la petite taille de l'UMR, la complémentarité des approches, la pluridisciplinarité et le partage d'un plateau technique et méthodologique très original. Cette décision doit être considérée également comme une reconnaissance par le comité de l'effort significatif de réduction de la dispersion des activités réalisé depuis la précédente évaluation.



### 3 • Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

L'UMR 214 se présente aujourd'hui comme une équipe « qualité des aliments » déclinant trois thématiques ayant en commun l'ingénierie analytique. Grâce à un effort significatif, surtout entre la thématique relevant de la « chimiométrie » et la thématique relevant des « contaminants », le développement des recherches apparaît plus cohérent et interdépendant, répondant ainsi aux recommandations du comité d'évaluation précédent. Il reste à conforter le rapprochement de la « gastronomie moléculaire » avec les deux autres thématiques.

En terme de valorisation, les publications (plus de 50), dans des revues internationales dont plusieurs à facteur d'impact élevé (Nature Materials [19,78], EMBO reports [7,45], Free Rad. Biol. Med. [4,81]; Trends in Anal. Chem. (5,07); Langmuir [4,01]; Journal of Chromatography [3,64], J. Am. Soc. Mass Spectrom. [3,33] ...), sont d'un excellent niveau. De très nombreuses communications à des conférences démontrent que l'équipe a une lisibilité nationale et internationale, la Gastronomie Moléculaire apporte à cet égard une contribution impressionnante. Les collaborations, avec échanges de chercheurs, participent au rayonnement de l'équipe.

L'équipe participe largement à la formation « ingénieur » ainsi qu'à trois masters démontrant qu'elle possède des expertises originales et reconnues.

La thématique « Chimiométrie » et son positionnement dans le cadre d'une unité dont les activités relèvent de l'ingénierie analytique présentent une grande originalité en France. Il convient de noter qu'il ne s'agit pas seulement d'un transfert de méthodes statistiques vers la chimie mais également d'un véritable développement par l'apport de nouveaux outils et méthodes originales en chimiométrie. Le traitement de très grands jeux de données est remarquablement maîtrisé et répond à une forte demande de l'ensemble de la communauté scientifique. Une culture « chimiométrie » est clairement partagée dans l'équipe et l'approche est pluridisciplinaire et pertinente, ceci constitue un critère de lisibilité pour cette UMR. Cependant, il faut noter que les développements méthodologiques mériteraient davantage d'approfondissement théorique afin de mieux montrer leur potentiel et leur originalité par rapport à des méthodes existantes. Dans cette perspective, il faut souligner que les chercheurs de l'UMR ont été à l'initiative de la création d'un réseau « chimiométrie » qui devrait associer des chercheurs de Nantes, Marseille, Montpellier, .... Ce réseau devrait également contribuer à mieux diffuser les méthodes et les outils chimiométriques développés par l'UMR.

La thématique « Contaminants des aliments » est très soutenue et les premiers résultats publiés sont de très bon niveau. Cette thématique rassemble une réelle expertise, bien structurée, développant des méthodes rapides d'analyses de systèmes complexes s'adressant aux effets des procédés sur la contamination. Les outils et les montages expérimentaux sont originaux et très performants. Les activités se situent clairement en amont d'une modélisation du devenir de l'aliment dans le système digestif. Dans cette perspective, il faudra veiller au choix des aliments étudiés (solide, liquide, ...) afin que les procédures mises en place soient adaptables à des aliments plus complexes et qu'elles contribuent à la définition d'un modèle partagé allant des procédés à la métabolomique.

Le caractère original et novateur de la thématique émergente « Gastronomie moléculaire » est incontestable. C'est dans le domaine de la maîtrise de la transformation des aliments que cette thématique utilise et développe les outils et méthodes communs à l'équipe. Les très nombreux contacts établis grâce à cette thématique constituent un enrichissement pour l'équipe ; il faut cependant veiller à un risque de dispersion induit par les multiples sollicitations liées au succès de la gastronomie moléculaire dans de nombreux domaines et au financement de thèse sur des bourses CIFRE.

#### ***Analyse par thématique***

##### Axe « Chimiométrie »

Dans cette thématique, sont engagés un professeur, un ingénieur de recherche et un chargé de recherche, appuyés par deux doctorants. A l'évidence, cette thématique occupe une position centrale dans l'UMR IAQA. L'objectif est de développer des méthodes statistiques pour caractériser la qualité des aliments. La manière de



travailler de l'équipe consiste à se saisir d'un problème concret qui se pose dans le cadre de l'UMR IAQA ou dans le cadre de collaborations que cette unité entretient avec d'autres équipes. Par la suite, des réponses sont apportées soit par l'adaptation de méthodes existantes, soit par le développement de stratégies d'analyse originales. La pertinence des solutions souligne l'intérêt de la cohabitation entre la « production » des données et la proposition de méthodes de traitement. Il y a manifestement une fécondation réciproque et ceci constitue une force majeure et une originalité de l'équipe qu'il conviendrait de préserver et renforcer. En effet, le fait d'avoir au sein de la même UMR une expertise reconnue en chimométrie associée à des compétences en acquisition d'empreintes analytiques par infrarouge, fluorescence, spectrométrie de RMN et spectrométrie de masse à haute résolution ouvre la voie à une utilisation plus systématique d'une stratégie « métabolome » pour caractériser la qualité des aliments et ses modifications en réponse à différents facteurs, comme cela commence à être le cas au niveau international. La combinaison d'approches analytiques à haut débit, ciblées sur une famille de composés et non ciblées, pour l'étude d'une même question biologique pourra être largement utilisée puisque des outils et des savoir-faire en chimométrie sont maîtrisés ou facilement adaptables pour l'analyse de tableaux de données multi-voies très larges. Le fait d'avoir au sein de la même équipe accès à des outils analytiques très performants (comme Orbitrap ou FT-ICR-MS) et une expertise en chimométrie (du prétraitement des données spectrales à la détection de facteurs influents) devraient à l'avenir amener des résultats inattendus et originaux en termes d'identifications de signatures et de marqueurs.

Considérant l'évolution technologique qui se traduit dans plusieurs domaines par la collecte d'un grand volume de données, il est évident que les sollicitations et les attentes vis-à-vis de cette unité sont très grandes. Il conviendrait de donner les moyens nécessaires à cette unité pour garantir une meilleure diffusion de sa production et son expertise au sein des départements CEPIA et AlimH et, de façon plus large, au sein de la communauté scientifique.

#### Axe « Etude des contaminants de l'aliment »

Cet axe de recherche a pour ambition principale de développer des moyens analytiques adéquats pour identifier et quantifier les contaminants dans différents aliments. Il s'intéresse principalement à l'impact des procédés sur la qualité des aliments et cherche à approcher le devenir des contaminants après ingestion. Les principales applications concernent les contaminants du café et des huiles. Les travaux impliquent deux maîtres de conférences (dont une HDR arrivée dans l'équipe en 2005 et un MC non publiant) et deux ingénieurs (dont un IR spécialisé en spectrométrie de masse à haute résolution présent dans l'unité depuis 2006, contribuant à environ 40% à cet axe). Trois doctorants effectuent également leur travail de recherche dans cette thématique. Un réseau partenarial a été tissé avec des unités de recherche de la région parisienne (UMR 1145 Ingénierie Procédés Aliments - GenIAL, UR 910 Ecologie et Physiologie du Système Digestif - EPSD) et de Belgique (Laboratory of Microbial Ecology and Technology - LabMET, Gand). Une collaboration est envisagée avec l'UMR QualiSud (projet ANR déposé en 2008 à resoumettre). La production scientifique liée à cet axe de recherche est croissante. Au cours de la période passée, l'unité a progressé significativement dans :

- la formation et le devenir des HAP dans le café au cours de la torréfaction ;
- le développement de méthodes analytiques permettant la prise en compte simultanément de diverses familles de contaminants du café (HAP, mycotoxines, acrylamide) ;
- la mise en œuvre d'une méthode *in vitro* et *in vivo* visant à préciser le devenir des contaminants dans la lumière intestinale (travaux en cours) ;
- l'évolution des huiles alimentaires en cours de cuisson par spectrométrie infrarouge en ligne. Une friteuse pilote couplée en ligne à un spectromètre infrarouge contribue par exemple à préciser les paliers de dégradation de la qualité des huiles. Les empreintes infrarouges ouvrent la voie au développement d'une approche moléculaire ;
- le couplage des méthodes « spectroscopie infrarouge » et « chimométrie ». Ainsi, une interprétation des phénomènes chimiques se produisant au cours du chauffage des huiles (isomérisation, oxydation, longueur des chaînes carbonées) est en cours de réalisation ;
- l'extraction par HS-SPME et l'analyse par GC-MS et GC-Olfactométrie/FID des composés volatils présents dans la sueur d'individus ayant ingéré du fenugrec.

En terme de projet, deux aspects sont à souligner et à encourager : (i) en interne à l'unité, les approches chimométriques sont de plus en plus utilisées pour valoriser les matrices complexes de données analytiques, (ii) les collaborations avec l'UR EPSD et le LabMET permettent des approches intégratives allant de la contamination de l'aliment jusqu'à la bio-accessibilité des contaminants dans la lumière intestinale. Ces approches s'inscrivent parfaitement dans une logique à l'interface de la stratégie des départements CEPIA et



AlimH. Pour éviter un risque de dispersion, un choix critique concernant les contaminants de l'environnement à étudier doit être opéré, pour répondre à une actualité et à une pertinence, mais également au souci d'élaborer des méthodologies transférables et généralisables à d'autres substances contaminantes.

Le comité reconnaît les efforts de structuration initiés pour rendre cet axe de recherche visible et performant ; il attire cependant l'attention sur le cas d'un MC non publiant. Il encourage l'unité à poursuivre le développement en cours en veillant à préserver la double originalité qui se dessine : (i) combinaison des approches analytiques (basées sur des méthodes séparatives ou sur des empreintes) et chimiométriques, (ii) mise en œuvre d'une approche intégrée de la « chaîne alimentaire ».

Le comité souligne l'atout que constitue le fait d'avoir au sein d'une même équipe des compétences en analyse séparative classique, en réalisation d'empreintes, en spectrométrie de masse à haute résolution et en chimiométrie pour les décliner sur un même axe de recherche. Le comité note cependant que la vétusté de certains équipements de l'UMR IAQA (exemple des hottes : voir Vie de l'unité) pose de sérieuses questions d'hygiène et de sécurité pour les personnels présents, et représente une véritable limite à la réalisation des projets concernant cet axe de recherche.

#### Axe « Gastronomie moléculaire »

Cet axe de recherche très original a notamment pour ambition de rechercher des phénomènes ou des mécanismes inédits par l'étude physico-chimique des transformations culinaires. Il a également des applications technologiques importantes liées à la rénovation des méthodes utilisées en cuisine et à la mise au point de plats nouveaux. Les travaux impliquent un ingénieur et des doctorants. Un réseau de collaborations est mis en place. La formation au niveau national et international constitue une part importante de cet axe. La production scientifique liée à cet axe de recherche est conséquente mais très hétérogène puisqu'elle va d'articles de très haut niveau (ex. Nature Materials [IF 19.8], EMBO reports [7,45]) à des articles ou ouvrages plus « vulgarisateurs », en accord avec les ambitions affichées. D'un point de vue méthodologique, cet axe de recherche partage certaines des techniques d'analyse avec l'axe « Contaminants des aliments » et a commencé à interagir avec l'axe Chimométrie. Les interactions avec ces deux axes sont à développer à l'avenir notamment pour pouvoir utiliser pleinement une approche métabolome lorsque celle-ci est pertinente.

De fait, même si le champ d'application de la « Gastronomie moléculaire » concerne la compréhension des phénomènes se déroulant au sein d'aliments réels lors des opérations de transformation culinaire, l'approche visant à comprendre et modéliser les phénomènes couplés structure/transferts/réaction rejoint celle qui peut être menée aujourd'hui sur les transformations des aliments au cours de leur fabrication et de leur conservation. L'étude des opérations de transformation domestiques, élargie à la restauration collective, est à l'évidence un axe de recherche important pour la maîtrise de la qualité de l'aliment sur l'ensemble de son cycle de vie. L'extension à la prévision de la bioactivité effective des composés présents dans les aliments est également pertinente.

Comme annoncé dans le projet, le choix des objets d'étude devra être réfléchi de façon à jouer la synergie entre les différentes thématiques de l'unité et dans la perspective des collaborations au sein de l'UMR GenIAL. Il s'agit aussi de maîtriser le risque de dispersion induit par les multiples sollicitations et les sources de financement sur projet avec des industriels. La promotion de la gastronomie moléculaire et des concepts et formalismes associés reste par ailleurs aujourd'hui une activité importante de l'animateur de la thématique et contribue à la notoriété de l'équipe et de l'approche proposée.

## 4 • Analyse équipe par équipe et par projet

Sans objet (unité mono-équipe)



## 5 • Analyse de la vie de l'unité

La taille de l'équipe, répartie en trois thématiques permet un contact simple et quotidien au sein de chaque thématique, et l'unité de lieu ainsi que les équipements communs favorisent un esprit d'équipe clairement exprimé par les permanents et par les thésards. La Direction de l'équipe est appréciée ; il apparaît cependant un manque de réunions formelles rassemblant tout le personnel de manière périodique. De même des réunions dédiées à l'ensemble des doctorants et permettant non seulement de mesurer l'état d'avancement des travaux et la formation à l'expression à l'oral, mais également de conforter une culture d'équipe devraient être organisées.

S'agissant d'hygiène et de sécurité le comité a noté la vétusté de certains équipements et en particulier des hottes qui ne sont pas fonctionnelles ce qui représente une véritable limite à la réalisation des projets concernant l'axe de recherche « Contaminants des aliments ». Il conviendrait de rénover rapidement un ensemble de hottes pour permettre le développement de la thématique « Contaminants des aliments » dans des conditions de sécurité adéquates.

## 6 • Conclusions

Les points forts, points à améliorer et recommandations spécifiques, pour cette petite équipe, ont été abordés dans l'analyse globale et par axe de l'unité. On ne les reprendra pas ici.

D'une manière générale, le comité formule les recommandations suivantes :

L'équipe, telle qu'elle est restructurée aujourd'hui, doit se rapprocher de thématiques transversales nutrition/transformations/devenir de l'aliment dans le système digestif. Les collaborations déjà établies avec l'UR EPSD et le LabMET permettent des approches intégratives allant de la contamination de l'aliment jusqu'à la bio-accessibilité des contaminants dans la lumière intestinale. Les outils et les méthodes maîtrisés (chimométrie, méthodologie analytique) par l'équipe peuvent contribuer efficacement à l'élaboration d'un modèle partagé de l'aliment. Un rapprochement avec l'UMR GenIAL est scientifiquement logique et pertinent et il conviendrait, en respectant les entités de recherche qui viennent tout juste de se restructurer, de favoriser et d'amplifier les collaborations qui se sont déjà instaurées. Ceci devrait conduire à l'horizon de quatre ans à l'émergence d'une unité originale développant la thématique « aliment » dans tous les aspects bénéfiques/risques.

S'agissant des besoins en personnel, les priorités devront être modulées dans le cadre d'un rapprochement avec GenIAL. Cependant, des compétences dédiées à la RMN permettraient d'utiliser au mieux cette technique et de développer ses applications notamment pour les axes « Gastronomie moléculaire » et « Contaminants des aliments ». Par ailleurs, la chimométrie est « le ciment » de l'unité et, pour des raisons qui ont été soulignées ci-dessus, il conviendrait de la renforcer et d'identifier un chercheur qui, à terme, pourrait assurer la responsabilité de l'équipe.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
<b>A</b>	<b>A+</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

Paris, 06/04/2009

**Réponse au rapport du comité d'experts suite à l'évaluation  
de l'UMR INRA/AgroParisTech "IAQA-Ingénierie analytique pour la qualité des aliments"**

Nous sommes parfaitement d'accord avec l'analyse du bilan et du projet de notre Unité présentée par le comité d'experts.

De même, nous sommes largement en accord avec les recommandations formulées par le comité.

Concernant les besoins en personnel, nous pensons qu'en plus des compétences supplémentaires en RMN et en Chimiométrie souligné par le comité, l'Unité a besoin, pour assurer pleinement ses missions, d'être renforcée en Ingénieur d'Etude et Technicien, aussi bien pour la thématique « Contaminants des aliments » que « Gastronomie moléculaire ».



Professeur Douglas N. RUTLEDGE,  
Directeur du Laboratoire de Chimie Analytique  
AgroParisTech